



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL**

CARRERA DE ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**“REPOTENCIACIÓN DE MALETA DIDÁCTICA PARA EL CONTROL DE
VARIADORES DE FRECUENCIA CON MONITOREO REMOTO DESDE LA NUBE”**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero electrónico

**AUTORES:
MELANIE SARA MONTIEL CORTEZ
DENNIS EDUARDO LAINEZ ROMERO**

TUTOR: ING. BYRON XAVIER LIMA CEDILLO, Msc

Guayaquil-Ecuador
2023

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Nosotros, Dennis Eduardo Lainez Romero con documento de identificación N°0951813195 y Melanie Sara Montiel Cortez con documento de identificación N°0957845241; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, febrero del 2023

Atentamente,



Dennis Eduardo Lainez Romero

C.I 0951813195



Melanie Sara Montiel Cortez

C.I 0957845241

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Dennis Eduardo Lainez Romero con documento de identificación No.0951813195 y Melanie Sara Montiel Cortez con documento de identificación No.0957845241, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del: Proyecto de titulación: **“Repotenciación de maleta didáctica para el control de variadores de frecuencia con monitoreo remoto desde la nube”** el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, febrero del 2023

Atentamente,



Dennis Eduardo Lainez Romero

C.I 0951813195



Melanie Sara Montiel Cortez

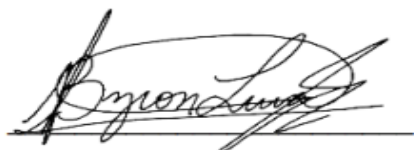
C.I 0957845241

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Msc. Byron Xavier Lima Cedillo con documento de identificación N° 0921971768, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **Repotenciación de maleta didáctica para el control de variadores de frecuencia con monitoreo remoto desde la nube**” realizado por los estudiantes Dennis Eduardo Lainez Romero con documento de identificación N° , 0951813195 y Melanie Sara Montiel Cortez con documento de identificación N° , 0957845241 el cual cumple con los objetivos del diseño de aprobación y todos los requisitos pertinentes.

Guayaquil, febrero 2023

Atentamente,



Msc. Byron Lima Cedillo
C.I 0921971768

DEDICATORIA

Le doy gracias a Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no poder sobrellevar los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mi familia quienes por ellos y el Apoyo de cada uno pude esforzarme y seguir adelante. Sobre todo, sus consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos, a mi hermano por estar siempre presente.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mis agradecimientos a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presentes.

Mi mayor agradecimiento a todas las autoridades y personal que conforman la universidad politécnica salesiana, a mi tutor por confiar en mí, y al establecimiento a la institución por abrirme las puertas y permitirme realizar todo proceso de mi titulación. Y a toda la Facultad de Ingeniería Electrónica y Automatización a mis profesores en especial al Ing. Byron Lima y todos los docentes que forman el concejo estudiantil. Quienes aportaron con mis conocimientos e hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias a cada una de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad. Finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento al Ing. Orlando Barcia, principal colaborador durante todo este proceso.

Dennis Eduardo Lainez Romero

DEDICATORIA

Quiero dar gracias a Dios por haberme dado la sabiduría que necesitaba para lograr una de mis metas, y poder avanzar en conocimientos a la carrera de electrónica y automatización, también dedicarle este logro a mi mamá y mi esposo que durante este proceso fueron las personas que mas confiaron en mí y me apoyaron en todo, ellos han estado conmigo en los mejores y malos momentos. También deseo dedicar este logro a todos los Ingenieros que en su momento me enseñaron, corrigieron, y sobre todo valoraron mi esfuerzo por aprender y por lograr poco a poco el aprendizaje a su máximo esplendor de las materias que yo recibía por parte de ellos. También dedico este logro a mi hermana y mi abuela quienes han sido mi pilar emocional para decirme que siempre lograré lo que me proponga y sí, así es siempre logro lo que me propongo.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecerle a Dios por haberme permitido cumplir una meta más de la cual yo tenía planeada y la esperanza que iba a salir todo bien y así es como sucedió. También quiero agradecer a mi familia que siempre estuvieron apoyándome y dándome sus ánimos en todo momento, y para finalizar quiero agradecer a mi tutor el Ing. Byron Lima la cual con su perseverancia y dedicación me ayudo a seguir avanzando en mi proyecto de grado y darlo por terminado con una excelente preparación del tema.

Melanie Sara Montiel Cortez

RESUMEN

Año	Alumnos	Director de proyecto	Tema de proyecto de titulación
2023	Melanie Sara Montiel Cortez Dennis Eduardo Lainez Romero	Ing. Byron Lima Cedillo	Repotenciación de maleta didáctica para el control de variadores de frecuencia con monitoreo remoto desde la nube

El control de movimiento de motores a través de variadores de frecuencia es algo esencial en la industria actual, existen múltiples beneficios como ahorro energético y mejorar la eficiencia de un proceso. Por esta razón es importante que los estudiantes de la carrera de ingeniería electrónica utilicen este tipo de dispositivos, ya que en su vida profesional pueden ofrecer beneficios en las diferentes instalaciones y cuidar partes fundamentales de los procesos, como lo son los motores.

Siemens es una de las mejores marcas dentro de este campo industrial y por esa razón es que la utilización del módulo didáctico en el laboratorio de automatización industrial es completamente ideal y con posibilidad de prácticas con contenido muy enriquecedor.

TIA Portal V16 con su extensión gratuita Sinamics Startdrive simplifica la programación y la interconexión entre controlador - convertidor de frecuencia a través de telegramas y con red Profinet. Es decir que todo el cableado físico se minimiza a una topología de red, permitiendo el acceso a cada dispositivo a través de su puerto de comunicación.

La versión 16 de TIA Portal no requiere de archivos GSD para la familia Sinamics G120 ni tampoco librerías para las instrucciones de programación Sinamics. La tecnología del convertidor Sinamics G120 es ideal para control de movimientos con mayor precisión.

Palabras Claves: Profinet, Control, Sinamics, Automatización

ABSTRACT

Year	Students	Project Manager	Graduation Project Topic
2023	Melanie Sara Montiel Cortez Dennis Eduardo Lainez Romero	Eng. Byron Lima Cedillo	Repowering of a didactic suitcase for the control of frequency inverters with remote monitoring from the cloud

Motor movement control through frequency inverters is essential in today's industry, there are multiple benefits such as energy savings and improving the efficiency of a process. For this reason, it is important that electronic engineering students use this type of device, since in their professional life they can offer benefits in different facilities and take care of fundamental parts of the processes, such as motors.

Siemens is one of the best brands in this industrial field and for this reason it is that the use of the didactic module in the industrial automation laboratory is completely ideal and with the possibility of practices with very enriching content.

TIA Portal V16 with its free extension Sinamics Start drive simplifies programming and interconnection between controller - frequency converter through telegrams and with Profinet network. This means that all the physical cabling is minimized to a network topology, allowing access to each device through its communication port.

TIA Portal version 16 does not require GSD files for the Sinamics G120 family nor libraries for Sinamics programming instructions. The Sinamics G120 converter technology is ideal for more precise motion control.

keys words: Profinet, Control, Sinamics, Automation

INTRODUCCIÓN

La automatización industrial ha generado la capacidad de tener muchos recursos necesarios a través de elementos computarizados para poder controlar y mejorar de forma efectiva muchas tareas con disminución de errores, ocasionando aumento en la eficiencia de producción con reducción de costos directos por gastos de suministros y stock

Los objetivos de la automatización son:

- Autonomía. La automatización implica un alto nivel de autonomía, es decir, la capacidad de realizar una tarea o proceso por sí mismo.
- La automatización libera a los operarios de muchas tareas repetitivas y tediosas, pudiendo emplear ese tiempo en otras tareas más valiosas.

Muchas tareas que requieren un gran esfuerzo físico o presentan riesgos para la salud de los operarios, las realizan las máquinas con la automatización industrial, evitando que sean los operarios los encargados de realizarlas.

Existen diversos ejemplos relacionados con la automatización industrial, uno muy evidente es el que sucede en la industria automovilística, donde diversos robots son los encargados de los ciclos de producción e integración de las diversas partes de un automóvil. Por lo cual, se genera un gran rendimiento en aspectos que van desde la fabricación del chasis hasta los motores del automóvil, usando diversos PLCs Modulares, interfaces HMI, servoamplificadores, controles numéricos y software que han permitido a muchas empresas lograr crear mayor retorno de ganancia, al reducir costos operativos. (Brunete, San Segundo, & Herrero, 2020)

INDICE GENERAL

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	I
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	II
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	IV
RESUMEN	VI
ABSTRACT	VII
INTRODUCCIÓN	VIII
INDICE DE FIGURAS	X
I. PROBLEMA	1
<i>Red de factoría:</i>	4
<i>Red de planta:</i>	4
<i>Red de célula:</i>	5
B. ETHERNET INDUSTRIAL	6
C. ¿PARA QUÉ SE UTILIZA ETHERNET INDUSTRIAL?	6
D. CANALES DE COMUNICACIÓN PROFINET	7
1.1 CANAL ISÓCRONO EN TIEMPO REAL (IRT)	7
1.2 CANAL EN TIEMPO REAL (RT)	7
1.3 CANAL EN TIEMPO NO REAL (NRT)	8
E. ROUTER TP-LINK AC1200 ARCHER C54	8
B. PRÁCTICA # 2 SISTEMA HMI-PLC-VDF-MOTOR CA PARA CONTROL DE VELOCIDAD	16
TÍTULO PRÁCTICA: SISTEMA HMI-PLC-VDF-MOTOR CA PARA CONTROL DE VELOCIDAD	16
C. PRÁCTICA # 3 MOLINOS DE TRITURACIÓN DE AVENA QUAKER	18
TÍTULO PRÁCTICA: MOLINOS DE TRITURACIÓN DE AVENA QUAKER	18
D. PRÁCTICA # 4 PROCESO DE LLENADO DE HIPOCLORITO DE SODIO	20
TÍTULO PRÁCTICA: PROCESO DE LLENADO DE HIPOCLORITO DE SODIO	20
E. PRÁCTICA # 5 DOSIFICACIÓN DEL LLENADO DE BOTELLA DE CERVEZA ARTESANAL	22
TÍTULO PRÁCTICA: DOSIFICACIÓN DE BOTELLAS DE CERVEZA ARTESANAL	22
VL PRESUPUESTO	25
IX. BIBLIOGRAFÍA	28
PRÁCTICA #1	30
PRÁCTICA #2	39
PRÁCTICA #3	44
PRÁCTICA #4	49
PRÁCTICA #5	56

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. NIVELES DE COMUNICACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL	4
FIGURA 2. INSTALACIÓN INDUSTRIAL: A) SIN UTILIZACIÓN DE BUSES DE CAMPO, B) CON BUSES DE CAMPO	5
FIGURA 3. INSTALACIÓN INDUSTRIAL: A) SIN UTILIZACIÓN DE BUSES DE CAMPO, B) CON BUSES DE CAMPO	8
FIGURA 4 MODELO OSI CON LOS DIFERENTES CANALES DE PROFITEN	8
FIGURA 5. ROUTER TP-LINK AC1200 ARCHER C54.....	9
FIGURA 6. MALETA DIDÁCTICA ANTES DE MODIFICAR.....	10
FIGURA 7. REDISEÑO DE ESTRUCTURA MECÁNICA	11
FIGURA 8. ESTRUCTURA MECÁNICA DE LA MALETA DIDÁCTICA	11
FIGURA 9. MANTENIMIENTO A LOS MOTORES	12
FIGURA 10. REAJUSTE DE CABLEADO.....	12
FIGURA 11. REDISEÑO DE ESTRUCTURA MECÁNICA	13
FIGURA 12. CONFIGURACIÓN DE ROUTER AC 1200.....	13
FIGURA 13. CUERPO DEL MÓDULO	29
FIGURA 14. DISEÑO EN AUTOCAD: A) VISTA ISOMÉTRICA SO, B) VISTA SUPERIOR.....	29
FIGURA 15. SELECCIÓN DE CLASE DE APLICACIÓN.....	30
FIGURA 16. ESPECIFICACIÓN DE CONSIGNA	31
FIGURA 17. FUENTE DE MANDO.....	31
FIGURA 18. AJUSTE DEL ACCIONAMIENTO.....	32
FIGURA 19. PARÁMETROS DE MOTOR	32
FIGURA 20. PARÁMETROS IMPORTANTES	33
FIGURA 21. FUNCIONES DE ACCIONAMIENTO.....	33
FIGURA 22. TOPOLOGÍA P1	34
FIGURA 23. P1 SEGMENTO 1	34
FIGURA 24. P1 SEGMENTO 2	35
FIGURA 25. P1 SEGMENTO 3	35
FIGURA 26. P1 SEGMENTO 4	36
FIGURA 27. P1 SEGMENTO 5 Y 6	36
FIGURA 28. P1 SEGMENTO 7	37
FIGURA 29. SEGMENTO 8.....	37
FIGURA 30. CONTROL DE VARIADORES	38
FIGURA 31. ENVIAR DATOS A UBIDOTS	38
FIGURA 32. CREACIÓN DE VARIABLES EN FORMATO JSON	38
FIGURA 33. CONFIGURACIÓN DE DISPOSITIVO EN LA NUBE	39
FIGURA 34. DASHBOARD PRÁCTICA 1	39
FIGURA 35. P2 SEGMENTO 1	40
FIGURA 36. P2 SEGMENTO 2	40
FIGURA 37. P2 SEGMENTO 3	41
FIGURA 38. P2 SEGMENTO 4	41
FIGURA 39. P2 SEGMENTO 5	42
FIGURA 40. P2 BLOQUE DE FUNCIÓN. INTERFAZ DE BLOQUE	42
FIGURA 41. VARIABLES PLC P2	43
FIGURA 42. HMI P2.....	43
FIGURA 43. TOPOLOGIA P2.....	44
FIGURA 44. P3 SEGMENTO 1	44
FIGURA 45. P3 SEGMENTO 2	45
FIGURA 46. P3 SEGMENTO 3	45
FIGURA 47. P3 SEGMENTO 4	46
FIGURA 48. P3 SEGMENTOS 5 Y 6	46

FIGURA 49. P3 SEGMENTOS 7,8 Y 9.....	47
FIGURA 50. P3 SEGMENTO 10.....	47
FIGURA 51. HMI P3.....	48
FIGURA 52. TOPOLOGÍA P3.....	48
FIGURA 53. P4 SEGMENTO 1.....	49
FIGURA 54. P4 SEGMENTO 2.....	49
FIGURA 55. P4 SEGMENTO 3.....	50
FIGURA 56. P4 SEGMENTO 4.....	51
FIGURA 57. P4 SEGMENTO 5.....	51
FIGURA 58. P4 SEGMENTOS 7, 8 Y 9.....	52
FIGURA 59. P4 SEGMENTOS 10 Y 11.....	53
FIGURA 60. P4 SEGMENTO 12.....	53
FIGURA 61. PROGRAMACIÓN PLC S7-1500.....	54
FIGURA 62. BLOQUE DE DATOS PARA COMUNICACIÓN CON NODE-RED P4.....	54
FIGURA 63. HMI P4.....	55
FIGURA 64. DASHBOARD P4 Y P5.....	55
FIGURA 65. P5 SEGMENTO 1.....	56
FIGURA 66. P5 SEGMENTO 2.....	56
FIGURA 67. P5 SEGMENTOS 3 Y 4.....	57
FIGURA 68. P5 SEGMENTO 5.....	58
FIGURA 69. P5 SEGMENTO 6.....	58
FIGURA 70. P5 SEGMENTO 7.....	59
FIGURA 71. P5 SEGMENTOS 8 Y 9.....	59
FIGURA 72. FB1 SEGMENTO 1. CONTROL DE BOMBA DE LLENADO DE TOLVA.....	60
FIGURA 73. FB1 SEGMENTOS 2 Y 3.....	60
FIGURA 74. FB1 SEGMENTOS 4 Y 5.....	61
FIGURA 75. FB1 SEGMENTO 6.....	61
FIGURA 76. HMI P5.....	62
FIGURA 77. DASHBOARD P4 Y P5.....	62

I. PROBLEMA

A. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente la Carrera de Ingeniería Electrónica y Automatización sede Guayaquil, cuenta con una maleta didáctica con variadores de frecuencia, la cual presenta procesos industriales simulados por una pantalla HMI. El módulo contiene 10 prácticas que son utilizadas por el variador de frecuencia se encuentra conectados 2 motores trifásicos de 1HP, contiene pulsadores, selectores y entradas/ salidas digitales que no están conectadas y podría ser muy útil para los estudiantes de la carrera. Estos variadores solo muestran los datos en la pantalla HMI, pero no cuentan con un registro de los datos ejecutados al momento de la simulación. De igual manera este módulo tiene dificultad para operarlo, ya que la posición en que se encuentran ubicados los componentes es muy incómoda para interactuar con el módulo. A su vez no se cuenta con una conectividad inalámbrica y no tiene puertos ethernet para el fácil acceso de otros dispositivos.

Entre los dispositivos que usaremos tenemos:

- PLC (Controlador Lógico Programable)
- HMI (Interfaz Hombre-Máquina)
- VFD (variador de frecuencia)

B. DELIMITACIÓN

1. DELIMITACIÓN TEMPORAL

El proyecto se realizó en un tiempo de 6 meses la cual corresponden al mes de octubre del 2022 hasta marzo del 2023. Durante este tiempo se realizarán las repotenciaciones pertinentes y las pruebas del proyecto.

2. DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA Y SOCIAL

El proyecto se llevó a cabo en el laboratorio de automatización II, que se

encuentra en el edificio “E”, tercer piso de la universidad politécnica salesiana, sede Guayaquil ubicada en el sur de la ciudad, calle robles 107 y chambers.

3. DELIMITACIÓN ACADÉMICO

El desarrollo de este proyecto está basado en conceptos y prácticas que se desarrolló en las materias de Automatización Industrial y redes scada, este desarrollo se basa en la implementación de conexión inalámbrica wifi que conectará el PLC-1200, los variadores de frecuencia con la facilidad de poder visualizar los datos de las practicas se las ejecutará por medio de una nube, junto al software Tía portal versión 16.

C. JUSTIFICACIÓN

Debido a que los estudiantes de la carrera de electrónica y automatización no cuentan con una maleta didáctica con variadores de frecuencia que tengan la facilidad de poder enviar los datos a la nube, conexión inalámbrica Wifi, también tendrá una estructura mecánica que le permita moverse para que los estudiantes puedan realizar sus prácticas sin ningún inconveniente, se realizará un nuevo diseño de estructura para el router con puertos ethernet. Para la comunicación con los demás dispositivos PLC, HMI y VFD.

Incluyendo una programación en el software Tía portal, dándole uso a las botoneras de las entradas y salidas analógicas y para enfatizar el proyecto se realizará cinco prácticas donde se podrá visualizar el uso manual y automático, en el laboratorio de automatización con la facilidad de aprender manejar la maleta didáctica con sus diferentes funciones dirigidas por los docentes encargados.

D. OBJETIVOS

1. OBJETIVO GENERAL

- Repotenciar una maleta didáctica para el control de motores a través de variadores de frecuencia utilizando un PLC S7 1200 con interfaz HMI que permita a los estudiantes realizar prácticas focalizadas en la automatización industrial.

2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mejorar el diseño estructural de la maleta didáctica para obtener una mayor movilidad y comodidad al usuario.
- Enviar datos de los variadores de frecuencia a la nube.
- Implementar la comunicación inalámbrica entre variadores de velocidad y otros dispositivos de automatización.
- Visualizar desde cualquier punto, la base de datos proporcionada del VDF es decir velocidad, Rpm, la frecuencia y el tiempo.
- Desarrollar cinco prácticas de laboratorio para comprobar el manejo de la planta.
- Obtener el plano en 3 dimensiones para el módulo didáctico.

II. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

A. REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL

Se trata de un protocolo de comunicación que considera el paso de información entre instrumentos y procesos. Las redes industriales son así un medio para lograr que todo lo involucrado en un proceso industrial pueda comunicarse dentro de una misma plataforma.

Las redes de comunicación industrial están diseñadas y construidas para manejar el control en tiempo real y la integridad de los datos a la vez que se instalan en grandes plantas que pueden operar en entornos difíciles. (Seika, 2019)

La figura 1 muestra los distintos niveles de comunicaciones de red en un sistema de automatización industrial.

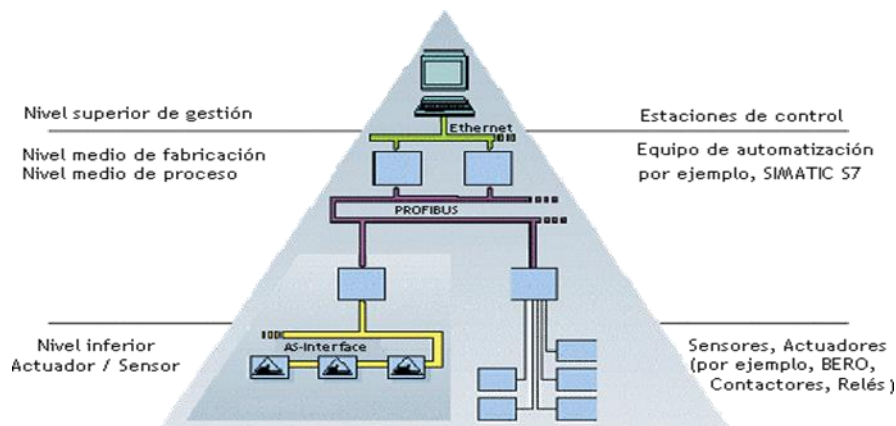


Figura 1. Niveles de comunicación de un sistema de automatización industrial. (Seika, 2019)

Según el entorno donde se podrá instalar en un ámbito industrial existen varios tipos de redes:

Red de factoría: para redes de oficina, contabilidad y en los demás sectores de productividad. El volumen de información intercambiada es muy alto, y los tiempos de respuesta no son críticos.

Red de planta: para interconectar módulos y células de fabricación entre sí y con departamentos como diseño gráfico, etc. Suele emplearse para el enlace entre las

funciones de ingeniería y planificación con las de control de producción en planta y secuenciación de operaciones.

Red de célula: sirve para interconectar dispositivos de fabricación que operan en modo secuencial como robots, máquinas de centro numérico, autómatas programables, o todo lo que sea de forma autómatas. De esta manera los buses de campo y célula, obtiene ventajas en su utilización que son: mejor calidad y cantidad en el flujo de datos, ahorro de coste y cableado e instalación, facilidad en la ampliación o reducción del número de elementos del sistema. (Redes, n.d.)

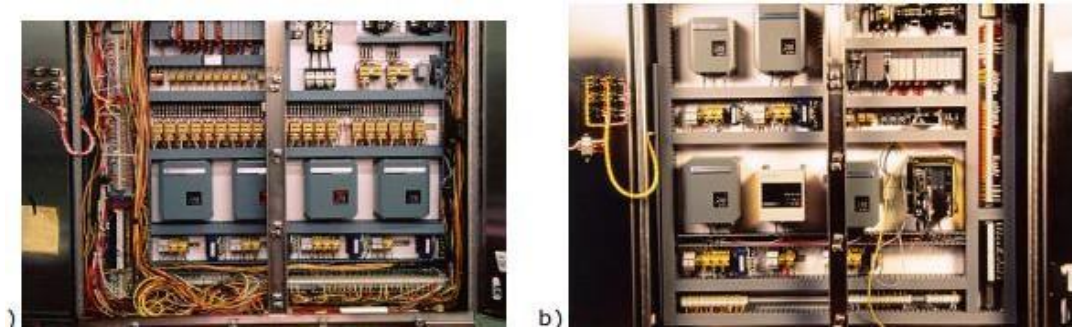


Figura 2. Instalación industrial: a) sin utilización de buses de campo, b) con buses de campo (Anónimo, 2018)

Es un protocolo de comunicación ethernet industrial basado en los clásicos estándares abiertos como son el TCP-IP e IT y con un enfoque totalmente semejante a Profibus DP. (Network & Dp, n.d.).

Se trata de un estándar tipo ethernet para automatización que se enfoca en la integración de procesos e interfaces para establecer networking en todas las áreas de un proceso. Profinet destaca por su flexibilidad y la capacidad de personalizar máquinas y procesos en el sitio de producción, es estándar con respecto a la comunicación para la automatización de procesos industriales, también cuenta con el apoyo de los proveedores (vendedores) de ingeniería de control. Tan importante, como que los datos de rendimiento técnico del sistema de comunicación es el acceso a los principales sistemas de control.

Se dice que algunos fabricantes prefieren usar este tipo de red con el fin de minimizar los costos de instalación, y la ingeniería y puesta en marcha. Comprende de una fácil expansión de planta, así como la producción y una alta disponibilidad de sistema de una forma automática y con bajas exigencias de mantenimientos. (Varios, 2020)

B. Ethernet Industrial

La definición del protocolo Ethernet/IP (Ethernet Industrial Protocol) es la de un estándar de red de comunicación capaz de manejar grandes cantidades de datos a velocidades de 10 Mbps o 100 Mbps, y hasta 1500 bytes por paquete. La especificación utiliza un protocolo abierto en la capa de aplicación.

En la industria es especialmente popular para aplicaciones de control. En definitiva, este tipo de red es fácil de configurar, operar, mantener y ampliar. A su vez, permite la mezcla de productos de 10 Mbps y 100 Mbps, y es compatible con la mayoría de los conmutadores (switch) Ethernet. También podemos referirnos al uso de protocolos Ethernet estándar con conectores resistentes e interruptores de temperatura extendida en un entorno industrial. (Rodr & Avanzadas, 2019)

Esta tecnología se utiliza con ordenadores personales, mainframes, robots, dispositivos y adaptadores de entrada/salida (E/S), controladores lógicos programables (PLC) y otros dispositivos. La especificación está respaldada por la Industrial Ethernet Association (IEA), ControlNet International (CI) y la Open DeviceNet Vendor Association (ODVA).

- Las características de los cables de ethernet industrial son:
- Las velocidades, y un mayor ancho de banda en la LAN que son de 100mb
- Banda ancha y una automatización automática.
- Necesita un rendimiento de Categoría 5 o Categoría 5e, los cables industriales a menudo cuentan con un calibre más grande (típicamente 22AWG).
- Uno de los cables más utilizados son los robustos conectores RJ45.

C. ¿Para qué se utiliza ethernet industrial?

Principalmente se usa para realizar un seguimiento de manera real de forma de gestión de red informática.

- Utilizar la red para suministrar energía a través de ethernet, y

conlleva a la simplificación de cableado y facilita el control del dispositivo.

- Los cables utilizados en ethernet industrial admiten interfaces ópticas que simplifica la instalación.
- Los datos, generados dentro de un vehículo en movimiento, deben ser tratados por dispositivos que toleren las vibraciones.

D. Canales de comunicación Profinet

1.1 Canal Isócrono en Tiempo Real (IRT)

En el canal RT, todavía se pueden presentar fluctuaciones inevitables en la transmisión a través de los switches de Ethernet estándar. Los switches actúan como intersecciones de tránsito, canalizando múltiples flujos de datos hasta una conexión. Y al igual que una intersección sobrecargada, los switches pueden agregar retrasos inesperados al tráfico.

IRT elimina esos retrasos agregando a las reglas utilizadas para conmutar el tráfico Ethernet y creando reglas especiales para el tráfico PROFINET. Agrega algunas extensiones al estándar Ethernet IEEE 802.3 para implementar algo similar a un «carril rápido» para el tráfico IRT. (Profinet, s.f.)

1.2 Canal en Tiempo Real (RT)

El término «sistema de tiempo real» se refiere a cualquier sistema de procesamiento de información con componentes de hardware y software que realicen funciones de aplicación de tiempo real y que puedan responder a eventos dentro de limitaciones de tiempo predecibles y específicas. Algunos ejemplos comunes de sistemas de tiempo real incluyen sistemas de control de tráfico aéreo, sistemas de control de procesos y sistemas de conducción autónomos. La comunicación en tiempo real asistida por hardware, conocida como tiempo real isócrono, se puede utilizar para aplicaciones especialmente exigentes, como el control de movimiento y aplicaciones de alto rendimiento en la automatización de la fabricación. (infoPLC, 2013).

Por lo tanto, los dos tipos de transmisión de datos coexisten sin interferirse entre sí. Esto significa que los telegramas intercambiados sobre el canal RT tienen baja latencia y fluctuación, pero esta trae un inconveniente real: no hay dirección IP. Entonces, los telegramas RT no se pueden rutear entre diferentes redes LAN.

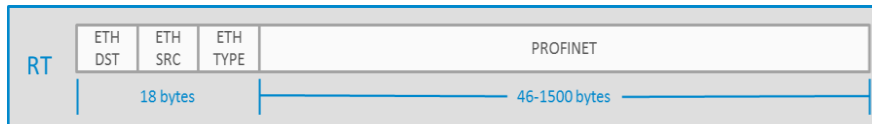


Figura 3. Instalación industrial: a) sin utilización de buses de campo, b) con buses de campo (Anónimo, 2018)

NRT elimina esos retrasos agregando a las reglas utilizadas para conmutar el tráfico Ethernet y creando reglas especiales para el tráfico PROFINET. Agrega algunas extensiones al estándar Ethernet IEEE 802.3 para implementar algo similar a un «carril rápido» para el tráfico IRT. Los canales de comunicación se basan en una serie de protocolos de red para intercambiar datos a través de Ethernet.

1.3 Canal en Tiempo No Real (NRT)

Técnicamente, convierte una red estocástica CSMA-CD (acceso múltiple con escucha de portadora y detección de colisiones) en una red TDMA determinista (acceso múltiple por división de tiempo). Este tipo de comunicación en tiempo real isócrono fue desarrollado especialmente para aplicaciones de control de movimiento. (Profinet, s.f.)

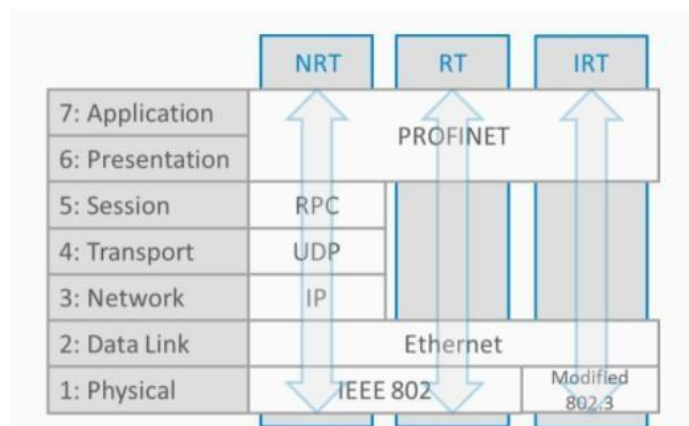


Figura 4 Modelo OSI con los diferentes canales de Profiten

E. Router TP-link AC1200 Archer C54

Es ideal para la transmisión de video 4k y descarga de alta velocidad, con 4 antenas y beamforming brindan una amplia cobertura Wi-fi y conexiones confiables, admite los modos enrutador, punto de acceso y extensor de rango para mayor flexibilidad, se administra cuando los dispositivos conectados pueden acceder a internet.

Admite IGMP proxy/ snooping, bridge y tag VLAN, para optimizar la transmisión de IPTV, y está diseñado para ahorrar espacio. (Tp-Link, 2022)



Figura 5. Router Tp-link AC1200 Archer C54 (Tp-Link, 2022)

III. MARCO METODOLÓGICO

A. ESTADO INICIAL DE LA MALETA DIDÁCTICA

A principios la maleta didáctica no estaba en uso, pero es de gran importancia para el laboratorio de Automatización II, pero requería unos cambios, actualizaciones y sobre todo una estructura para su fácil movilización.



Figura 6. Maleta didáctica antes de modificar

Inconvenientes que se encontraron, antes de ser utilizada

- Estructura mecánica para su fácil uso
- Mantenimiento a los motores
- Reajuste de cableado

En esta imagen podemos observar la estructura en mantenimiento, la cual se realizó un diseño para el ajuste de la maleta didáctica, también se la pinto a la tonalidad de la maleta didáctica.



Figura 7. Rediseño de estructura mecánica

Aquí podemos observar la maleta didáctica en la estructura que se realizó para que los estudiantes que la vayan a manipular tengan mucha más comodidad al momento de ejecutar alguna práctica.



Figura 8. Estructura Mecánica de la maleta didáctica

En los Motores de la maleta didáctica se le aplicó aceite 3 en 1, para que puedan realizar bien su función, debido que ellos suenan debido a que tienen mucho tiempo sin uso, entonces tienen la particularidad de sonar por falta de aceite.



Figura 9. Mantenimiento a los motores

se realizó el correcto arreglo de cableado con amarras plásticas para la fácil conexión de otros elementos.



Figura 10. Reajuste de cableado

B. INSTALACIÓN Y REDISEÑO DE ESTRUCTURA MECÁNICA



Figura 11. Rediseño de estructura mecánica


C. INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL ROUTER



Figura 12. Configuración de router AC 1200

DESARROLLO DE LAS PRÁCTICAS

A. Práctica # 1 Comunicación entre PLC y Node Red

		GUÍA PRÁCTICA DE LABORATORIO
CARRERA: Ingeniería Electrónica.		ASIGNATURA: Automatización Industrial
N° DE PRÁCTICA:	1	TÍTULO PRÁCTICA: Comunicación entre PLC y Node Red
OBJETIVOS: OBJETIVO GENERAL. Comunicación entre modulo didáctico y Node-RED OBJETIVOS ESPECÍFICOS: <ul style="list-style-type: none"> • Crear conexión S7 entre módulo y PLC S7-1500 • Habilitar conexión de servidor S7 • Desarrollo de interfaz de flujo en Node-RED • Control de variador de frecuencia mediante telegrama estándar 		
INSTRUCCIONES:	Crear proyecto en TIA Portal agregando los dos dispositivos PLC, HMI y variadores de frecuencia	
	Habilitar mecanismos de conexión en configuración de Hardware para lectura y escritura desde el interlocutor remoto	
	Desarrollar programación en Node-RED	
ACTIVIDADES POR DESARROLLAR		
Cableado de red del módulo, PLC S7-1500 y PC utilizando topología de tipo estrella.		
Asignar direcciones IP dentro del rango 172.18.135.x y con máscara de subred 255.255.255.0		
Controlar variadores de frecuencia con instrucción SinaSpeed		
RESULTADO(S) OBTENIDO(S): <ul style="list-style-type: none"> - Conexión establecida entre módulo didáctico y Node-RED, utilizando como Gateway un PLC S7-1500 - Lectura y escritura de variables desde Node-RED - Identificación de datos de motor en primer arranque con el parámetro 1900 - Control de arranque y velocidad de motores - Visualización en interfaz gráfica de Node-RED - Conexión con Ubidots 		
CONCLUSIONES: <ul style="list-style-type: none"> - Ubidots es un servidor IOT que permite visualización en tiempo real, con recursos limitados en su versión trial - Los PLCs Simatic S7-1200 con versiones de firmware inferior a 4.0 no pueden conectarse directamente con Node-RED debido a que en la configuración de Hardware no posee el mecanismo de conexión, razón por la cual fue necesario utilizar como Gateway un PLC 		

Simatic S7-1500

- El control de movimiento con la familia G120 es bastante preciso, razón por la cual las consignas se establecen en RPM y no en Hz.

RECOMENDACIONES:

- No configurar tiempos de aceleración menores a 5 segundos
- No configurar tiempos de desaceleración menores a 5 segundos (para esto se requiere una resistencia de frenado)
- Instalar Sinamics Startdrive V16 en TIA Portal para no utilizar archivos GSD para el control de variadores de frecuencia
- Realizar la parametrización de los variadores de frecuencia a través del asistente en TIA Portal y así evitar errores.
- Configurar una entrada digital del módulo para acusar los errores de los variadores de frecuencia cuando se carga un nuevo programa al PLC, esto con el fin de evitar la manipulación del BOP.


B. Práctica # 2 Sistema HMI-PLC-VDF-Motor CA para control de velocidad

		GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO
CARRERA: Ingeniería Electrónica.		ASIGNATURA: Automatización Industrial
N° DE PRÁCTICA:	2	TÍTULO PRÁCTICA: Sistema HMI-PLC-VDF-Motor CA para control de velocidad
OBJETIVOS: OBJETIVO GENERAL. Control de motores desde Simatic HMI KTP 700 basic panel OBJETIVOS ESPECÍFICOS: <ul style="list-style-type: none"> • Control de ejes utilizando la instrucción SinaSpeed • Conexión HMI entre autómeta - panel para control y visualización • Monitoreo de voltaje y corriente 		
INSTRUCCIONES:	Crear proyecto en TIA Portal agregando los dos dispositivos PLC, HMI y variadores de frecuencia	
	Crear conexión HMI	
	Desarrollar imágenes para control y visualización	
ACTIVIDADES POR DESARROLLAR		
Configuración de hardware y crear conexiones entre dispositivos		
Asignar direcciones IP dentro del rango 172.18.135.x y con máscara de subred 255.255.255.0		
Controlar variadores de frecuencia con instrucción SinaSpeed		
Agregar bloque de función para monitoreo de voltaje y corriente		
Asignar rango de velocidad entre 0-3440 en las variables de HMI		
RESULTADO(S) OBTENIDO(S): <ul style="list-style-type: none"> - Control de velocidad y sentido de rotación de motores - Visualización de voltaje y corriente 		
CONCLUSIONES: <ul style="list-style-type: none"> - El control de movimiento con la familia G120 es bastante preciso, razón por la cual las consignas se establecen en RPM y no en Hz. - Los HMI basic panels son bastante limitados cuando se requiere un nivel de gráfico exigente, no se pueden rotar elementos y utilizar un patrón de relleno sombreado. - El control de la aceleración y desaceleración del G120 es bastante preciso, permite cambiar de velocidad rápidamente sin generar estrés mecánico y sin sobrecargar el bus DC, ya que incluso puede trabajar con movimiento intermitente. 		

RECOMENDACIONES:

- No configurar tiempos de aceleración menores a 5 segundos
- No configurar tiempos de desaceleración menores a 5 segundos (para esto se requiere una resistencia de frenado)
- No cambiar el sentido de rotación hasta que el eje se haya detenido por completo, ya que no se cuenta con una resistencia de frenado física
- Instalar Sinamics Startdrive V16 en TIA Portal para no utilizar archivos GSD para el control de variadores de frecuencia
- Realizar la parametrización de los variadores de frecuencia a través del asistente en TIA Portal y así evitar errores.
- Configurar una entrada digital del módulo para acusar los errores de los variadores de frecuencia cuando se carga un nuevo programa al PLC, esto con el fin de evitar la manipulación del BOP.

C. Práctica # 3 Molinos de trituración de avena Quaker

		GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO
CARRERA: Ingeniería Electrónica.		ASIGNATURA: Automatización Industrial
N° DE PRÁCTICA:	3	TÍTULO PRÁCTICA: Molinos de trituración de avena Quaker
OBJETIVOS: OBJETIVO GENERAL. Control de proceso desde Simatic HMI KTP 700 basic panel OBJETIVOS ESPECÍFICOS: <ul style="list-style-type: none"> • Simulación de proceso de trituración y transporte • Control de ejes a velocidad fija • Conexión HMI entre autómata - panel para control y visualización 		
INSTRUCCIONES:	Crear proyecto en TIA Portal agregando los dos dispositivos PLC, HMI y variadores de frecuencia	
	Crear conexión HMI	
	Desarrollar imágenes para control y visualización	
ACTIVIDADES POR DESARROLLAR		
Configuración de hardware y crear conexiones entre dispositivos		
Asignar direcciones IP dentro del rango 172.18.135.x y con máscara de subred 255.255.255.0		
Controlar variadores de frecuencia con instrucción SinaSpeed		
Agregar bloque de función para monitoreo de voltaje y corriente		
Programar para simular proceso de trituración, transporte y depósito con desconexión automática al finalizar.		
RESULTADO(S) OBTENIDO(S): <ul style="list-style-type: none"> - Control de velocidad fija - Proceso de trituración, transporte y llenado ejecutado correctamente 		
CONCLUSIONES: <ul style="list-style-type: none"> - Los procesos de trituración definen una velocidad dependiendo de qué tan pequeño debe quedar el producto, pero siempre es por encima de los 250 RPM - Los productos sólidos se transportan con un tornillo sin fin, debido a su masa a velocidades no mayores a 300 RPM para evitar que sea esparcido dentro de la cámara de transporte como polvo. - El control de movimiento con la familia G120 es bastante preciso, razón por la cual las consignas se establecen en RPM y no en Hz. 		

RECOMENDACIONES:

- Verificar sentido de rotación, para una visualización más real del proceso. Tanto para la trituración como para el transporte se requiere una dirección de rotación horaria.
- Por instantes es importante acceder a los parámetros de visualización de los variadores de frecuencia para poder monitorear tanto el estado del driver como del motor.
- En campo se recomienda un control de tipo vectorial para mejorar el torque en función de la carga.

D. Práctica # 4 Proceso de llenado de Hipoclorito de sodio

		GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO
CARRERA: Ingeniería Electrónica.		ASIGNATURA: Automatización Industrial
N° DE PRÁCTICA:	4	TÍTULO PRÁCTICA: Proceso de llenado de Hipoclorito de sodio
OBJETIVOS: OBJETIVO GENERAL. Simulación de proceso de planta de tratamiento de agua, basado en una instalación existente OBJETIVOS ESPECÍFICOS: <ul style="list-style-type: none"> • Control de movimiento continuo para bomba de agua • Control de movimiento intermitente para simulación de bomba dosificadora de desplazamiento positivo • Crear animaciones que representen el proceso real 		
INSTRUCCIONES:	Desarrollar una lógica de programación basada en la observación de un proceso de tratamiento de agua potable con filtrado y desinfección por inyección de insumo químico.	
	Crear conexión HMI	
	Simular un tanque de agua tratada que se llena y finalizar el proceso de manera automática	
ACTIVIDADES POR DESARROLLAR		
Configuración de hardware y crear conexiones entre dispositivos		
Asignar direcciones IP dentro del rango 172.18.135.x y con máscara de subred 255.255.255.0		
Controlar variadores de frecuencia con instrucción SinaSpeed		
Definir velocidades de la bomba de agua y bomba de desplazamiento positivo		
Crear animaciones para representar el flujo que circula por las tuberías y también textos que indiquen la etapa del proceso en la que se encuentra		
Finalizar el proceso cuando el tanque de agua tratada se llene, no al máximo para evitar reboses. Esto último tratando de simular el proceso con condiciones reales.		
RESULTADO(S) OBTENIDO(S): <ul style="list-style-type: none"> - Control de movimiento a velocidad constante y movimiento intermitente con Sinamics G120 - Buena respuesta por parte del variador Sinamics G120 para movimiento intermitente sin generar estrés mecánico ni sobrecargar el bus DC - Proceso funciona tal cual fue observado físicamente en una instalación 		


CONCLUSIONES:

- El variador de frecuencia Sinamics G120 permite el trabajo con movimiento intermitente. El tipo de control que se debe de utilizar en campo debe de ser de tipo lineal, ya que en aplicaciones de bombeo no se requiere un alto par de arranque.
- El diagnóstico y seguridad que proporciona el Sinamics G120 al trabajar por bus de campo es bastante bueno, ya que en caso de rotura del cable de comunicación este automáticamente se detiene y el PLC cambia su modo a STOP

RECOMENDACIONES:

- Verificar el sentido de rotación del motor, para representación más real de un sistema de bombeo
- Monitorear los ruidos electromagnéticos y mecánicos del motor que representa la bomba dosificadora durante su funcionamiento intermitente, para corroborar que no exista estrés mecánico
- Verificación de los avisos funcionales del proceso
- Conectarse en línea con el PLC y verificar que en la instrucción SinaSpeed no existan errores intermitentes que después puedan dar lugar a problemas.

E. Práctica # 5 Dosificación del llenado de botella de cerveza artesanal

		GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO
CARRERA: Ingeniería Electrónica.		ASIGNATURA: Automatización Industrial
N° DE PRÁCTICA:	5	TÍTULO PRÁCTICA: Dosificación de botellas de cerveza artesanal.
OBJETIVOS: OBJETIVO GENERAL. Simulación de llenado de cerveza con control de lazo abierto OBJETIVOS ESPECÍFICOS: <ul style="list-style-type: none"> • Simulación de llenado de tolva • Simulación de transporte y llenado • Conteo de recipientes 		
INSTRUCCIONES:	Realizar esquema de sistema de llenado convencional con control de lazo abierto	
	Desarrollo de animaciones que representen el llenado de la tolva	
	Definir velocidades de motor de llenado de tolva y banda de transporte	
ACTIVIDADES POR DESARROLLAR		
Configuración de hardware y crear conexiones entre dispositivos		
Asignar direcciones IP dentro del rango 172.18.135.x y con máscara de subred 255.255.255.0		
Controlar variadores de frecuencia con instrucción SinaSpeed		
Crear interfaz gráfica de operación y visualización		
Agregar contador para visualizar el número de recipientes llenados durante el proceso		
Simulación de llenado y descarga de tolva, haciendo que esta nunca quede vacía durante el trabajo		
RESULTADO(S) OBTENIDO(S): <ul style="list-style-type: none"> - Funcionamiento similar un sistema real para llenado y transporte de recipientes - Conteo de recipientes - Comunicación entre Node-RED y proceso utilizando como Gateway un PLC S7-1500 - Intercambio de datos con Ubidots 		
CONCLUSIONES: <ul style="list-style-type: none"> - Ubidots es un servidor IOT que permite visualización en tiempo real, con recursos limitados en su versión trial 		

- Los PLCs Simatic S7-1200 con versiones de firmware inferior a 4.0 no pueden conectarse directamente con Node-RED debido a que en la configuración de Hardware no posee el mecanismo de conexión, razón por la cual fue necesario utilizar como Gateway un PLC Simatic S7-1500
- El control de movimiento con la familia G120 es bastante preciso, razón por la cual las consignas se establecen en RPM y no en Hz.
- Los procesos continuos con control de lazo abierto requieren de velocidades fijas para evitar cambios o errores funcionales, ya que, a mayor velocidad, en el instante del freno hay un desplazamiento por la dinámica de rotación.
- La bomba que llena la tolva también trabaja a baja velocidad, debido a que en el escenario real si se aumenta la velocidad con la que se transporta la cerveza, genera mucha espuma.

RECOMENDACIONES:

- No configurar tiempos de aceleración menores a 5 segundos
- No configurar tiempos de desaceleración menores a 5 segundos (para esto se requiere una resistencia de frenado)
- Utilizar un PLC Simatic S7-1500 para establecer comunicación con Node-RED, debido a que el PLC del módulo no admite ese recurso por su versión de firmware 3.0
- Verificar el parpadeo de los leds del switch Ethernet
- Evitar direcciones IP repetidas, ya que esto crearía conflictos
- Instalar Sinamics Startdrive V16 en TIA Portal para no utilizar archivos GSD para el control de variadores de frecuencia
- Realizar la parametrización de los variadores de frecuencia a través del asistente en TIA Portal y así evitar errores.
- Configurar una entrada digital del módulo para acusar los errores de los variadores de frecuencia cuando se carga un nuevo programa al PLC, esto con el fin de evitar la manipulación del BOP.

IV. ANALISIS DE RESULTADOS

- ✓ Con los análisis obtenidos dentro en el proyecto como primer punto era el desarrollo de una mejora en el diseño estructural de la maleta didáctica lo cual el objetivo fue alcanzado ya que se logró tener una estructura más alta con mayor movilidad y manejo al momento de ejecutar las practicas
- ✓ Se utilizó la plataforma ubidots para él envió y almacenamiento de datos en la nube para el registro de nuestro variador de frecuencia dando así una visualización en tiempo real
- ✓ Mediante la base de datos de ubidots y nodo red se puede visualizar parámetros alcanzados con el Dashboard el cual mostrara parámetros establecidos al momento de arrancar el variador y registre datos de los ambos motores.
- ✓ Se establecieron 5 practicas desarrolladas con el manejo de las plataformas mencionadas para tener los procesos industriales como lo son trituración de molinos, llenado de botellas, y llenado de botellas y la debida comunicación entre Nodo Red y los variadores de frecuencia y se logre un registro adecuado desde cualquier lugar o establecimiento en tiempo real.

V. CRONOGRAMA Y ACTIVIDADES POR DESARROLLAR

CRONOGRAMA

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6
Adquisición de materiales a utilizar						
Ensamblaje de la estructurametálica y sus componentes						
Implementación de las 5 prácticas en el laboratorio						
Desarrollo de la documentación						
Proceso de revisión						

VI PRESUPUESTO

DESCRIPCIÓN	CANTIDADES	VALOR TOTAL
Router Tp-Link Ac 1200 ArcherC54	1	\$25.00
Placas acrílicas	3	\$15.00
Estructura metálica	1	\$150.00
Toma Corriente 110 V	1	\$ 5.00
Conmutadores Ethernet	2	\$10.00
TOTAL		\$205

VII. CONCLUSIONES

Los variadores de frecuencia Sinamics G120 en su versión modular permiten un control preciso para movimientos continuos de par constante, para variable y movimiento intermitente. El hardware es bastante robusto y con una buena disipación del calor. El trabajar a 440 V, el consumo de corriente es bastante bajo y se reduce la sección de los conductores.

La utilización de redes de comunicación en variadores de frecuencia permite un mejor control y también la posibilidad de tener un monitoreo. Otro punto a favor de utilizar los variadores Sinamics G120 es que al ser controlados por Profinet, se reduce el cableado físico. Node-RED utiliza una estructura y un lenguaje gráfico que reduce en gran manera el tiempo de desarrollo, a comparación de lenguajes HTML para servidores web. Su compatibilidad con diferentes marcas y con diferentes protocolos hace posible llevar nuestros procesos a un nivel de industria 4.0. Por esta razón es que Node-RED es el servidor IOT más utilizado a nivel mundial, creado inicialmente por la empresa IBM.

En la actualidad, la utilización de servicios en la nube, son necesarios para poder tener una visualización en tiempo real de los procesos y en muchos casos también almacenar. En nuestro caso particular como estudiantes lo hemos demostrado con una versión gratuita de Ubidots que tiene un alcance mínimo pero que, si permite conocer como trabajar dentro de la nube, agregando dispositivos y también sus respectivas variables.

VIII. RECOMENDACIONES

Utilizar TIA Portal V16 para el control de los variadores de frecuencia a través de la instrucción SinaSpeed con el telegrama estándar. Las versiones anteriores utilizan librerías en el bloque de programación y en la configuración de Hardware archivos GSD. No manipular las partes con tensión en el módulo didáctico. La tensión es 440 V. Cuando se desconecte la alimentación eléctrica, esperar 5 minutos para volver a energizar, ya que los capacitores internos mantienen una carga remanente durante un tiempo, hasta luego descargarse por completo. Los tiempos de aceleración y desaceleración no pueden ser menores a 5 segundos, y si acaso se requiere frenado dinámico DC y desconectar el motor inmediatamente, se debe de instalar una resistencia de frenado fuera del módulo y con un aislamiento térmico, ya que estas incrementan su temperatura cuando trabajan. Migrar a una versión actual de TIA Portal en el laboratorio de automatización industrial 2, ya que los PLCs actuales no vienen disponibles en la versión 15 por su firmware. Otra recomendación sería migrar el dispositivo PLC del módulo didáctico a una versión de firmware más actual, porque la versión 3.0 tiene menos funciones disponibles y es importante actualizar los contenidos de la materia incorporando IOT, MQTT y todo lo que respecta a industria 4.0

IX. BIBLIOGRAFÍA

- Anónimo. (s.f. de s.f. de 2018). *Universitat de Valencia*. Redes de comunicaciones industriales:
https://www.uv.es/rosado/courses/sid/Capitulo3_rev0.pdf
- Guazhco Monte, J. L., y Reyes Cerezo, E. K. (27 de Septiembre de 2021). *Dspace Universidad Politécnica Salesiana*. Diseño e Implementación de Maleta Didáctica Para Practicas de Redes Industriales Utilizando Variadores de Velocidad: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21803>
- Tp-Link. (s.f. de s.f. de 2022). *Tp-Link*. Router Tp-Link Ac1200 Archer C54:
<https://www.tp-link.com/co/home-networking/wifi-router/archer-c54/>
- Varios. (22 de Abril de 2020). *Aula 21 Centro de formación técnica para la industria*. PROFINET: Qué es y cómo funciona:
<https://www.cursosaula21.com/profinet-que-es-y-como-funciona/>

X. ANEXOS

A. DISEÑO DE LA MALETA DIDÁCTICA

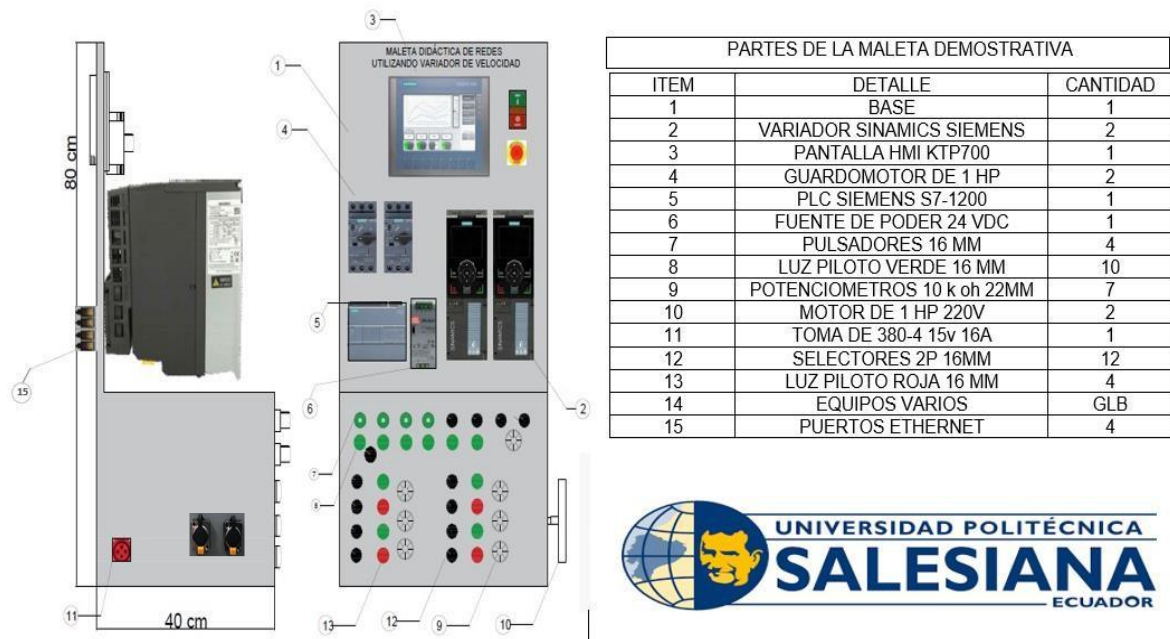


Figura 13. Cuerpo del módulo (Guazhco Monte & Reyes Cerezo, 2021)

B. ESTRUCTURA MECÁNICA DE LA MALETA DIDÁCTICA

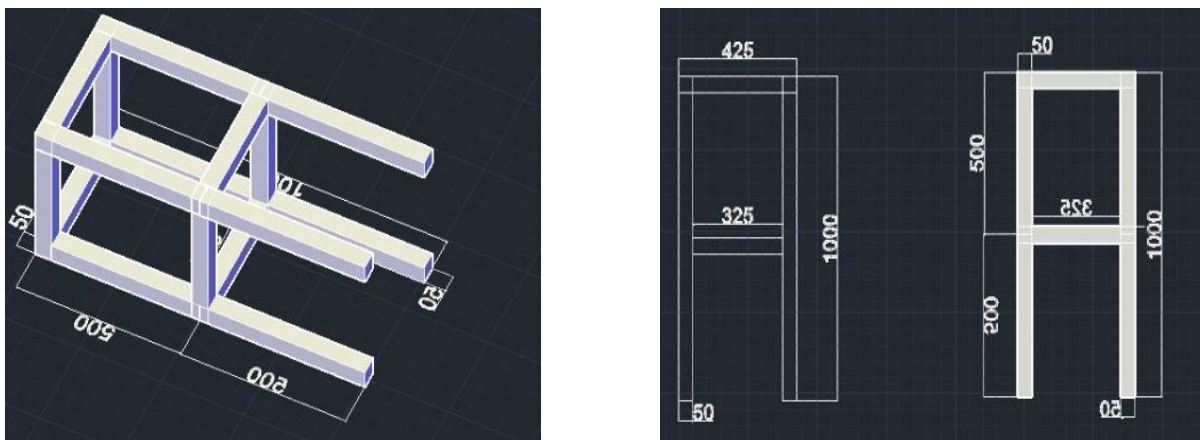


Figura 14. Diseño en AutoCAD: a) Vista isométrica SO, b) Vista superior.

C. DESARROLLO DE PRÁCTICAS

Práctica #1

Para esta práctica se utilizó la versión 16 del software TIA Portal, debido a que los recursos de las versiones anteriores no admiten SinaSpeed como instrucción y es necesario instalar GSDs. La configuración de los variadores de frecuencia se realizó a través de Sinamics Startdrive V16, con el asistente de puesta en marcha.

Clase de aplicación: Esto permite ajustar parámetros específicos de tipo de regulación, rango de frecuencia, tiempos de aceleración, desaceleración y cuáles son los sentidos de rotación, ya que en algunas aplicaciones puntuales se bloquea la rotación inversa, como lo es el caso de las bombas. En nuestro caso es aplicación estándar.

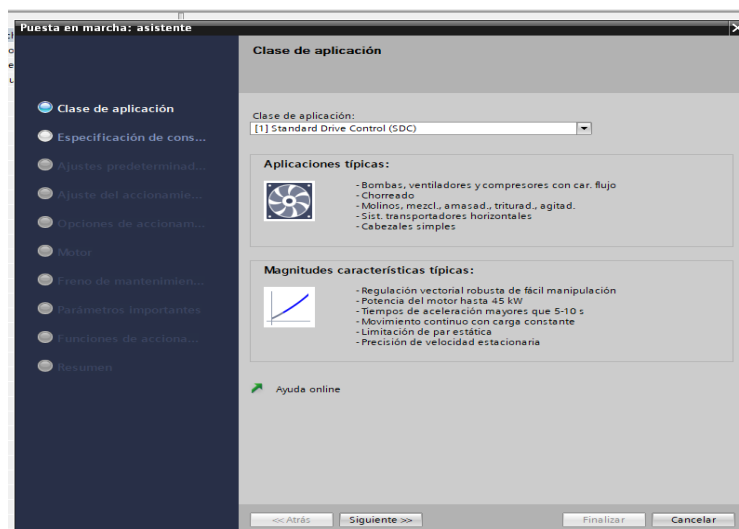


Figura 15. Selección de clase de aplicación

Especificación de consigna de frecuencia: Sinamics Startdrive nos proporciona 3 alternativas para el mando y para el control de velocidad, en este caso la función de rampa y todas las funciones de control las hará el dispositivo PLC

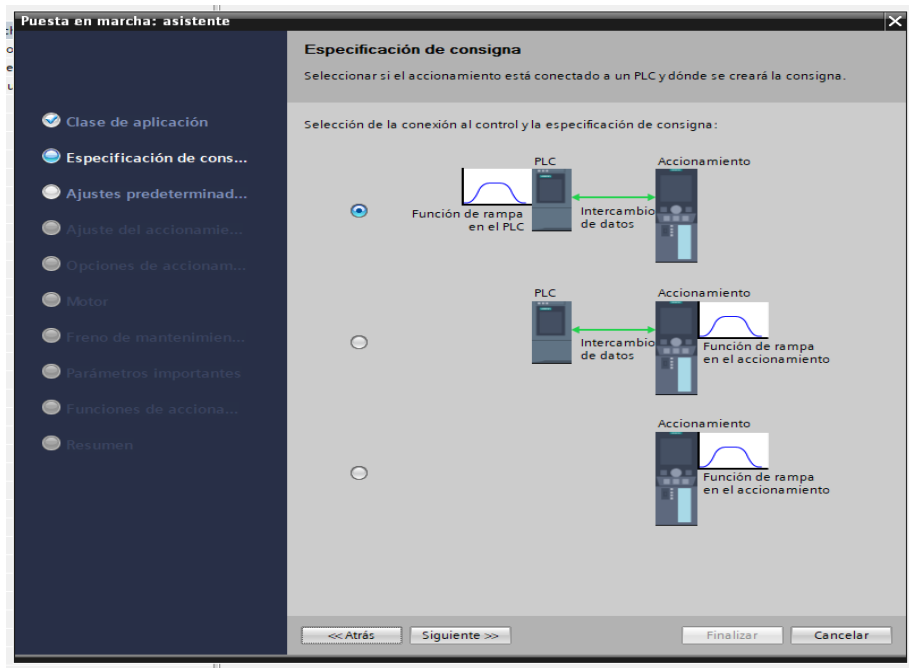


Figura 16. Especificación de consigna

Macro de conexión: Al definir la función de rampa en el PLC, se debe de seleccionar el ajuste de consigna a través de bus de campo con un telegrama.

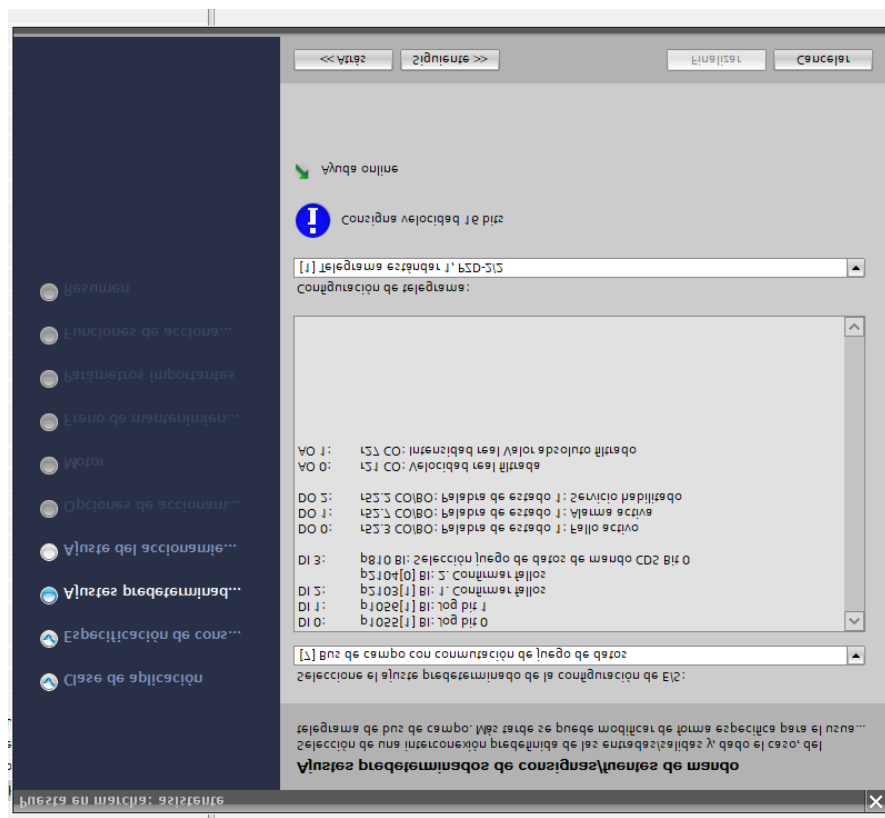


Figura 17. Fuente de mando

Seleccionar norma de NEMA, para que las unidades coincidan con las de la placa de características del motor.

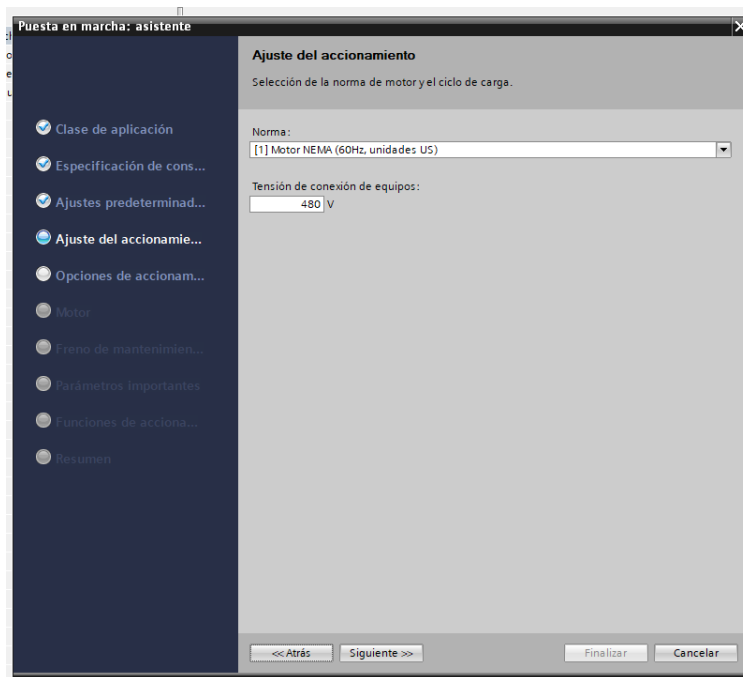


Figura 18. Ajuste del accionamiento

Ingresar datos de motor según lo que indica la placa y según la conexión del bobinado, en este caso delta serie a 440 V.

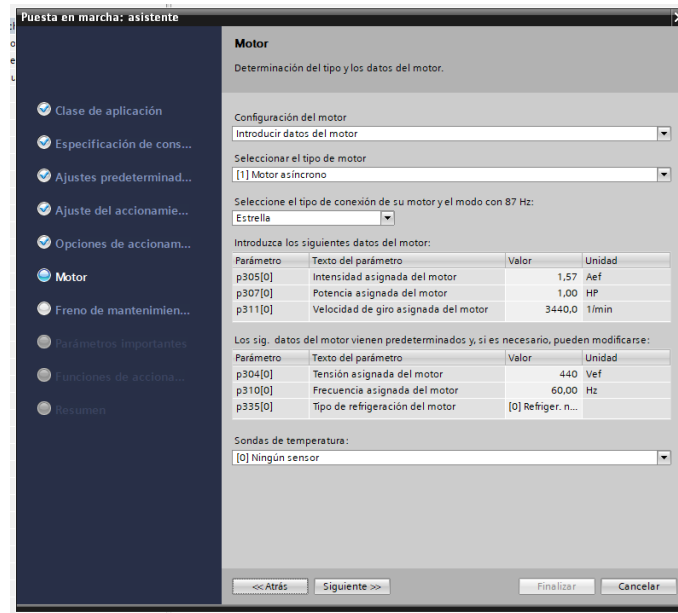


Figura 19. Parámetros de motor

Configuración de parámetros importantes, estableciendo límite de velocidad y tiempo de desaceleración.

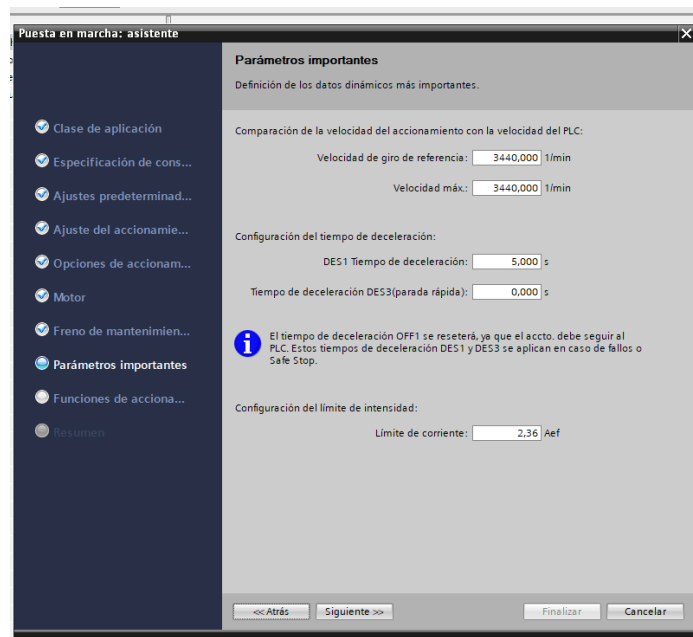


Figura 20. Parámetros importantes

Macro de aplicación en función de la carga. Para nuestras prácticas utilizamos una regulación de tipo lineal, ya que la carga es constante

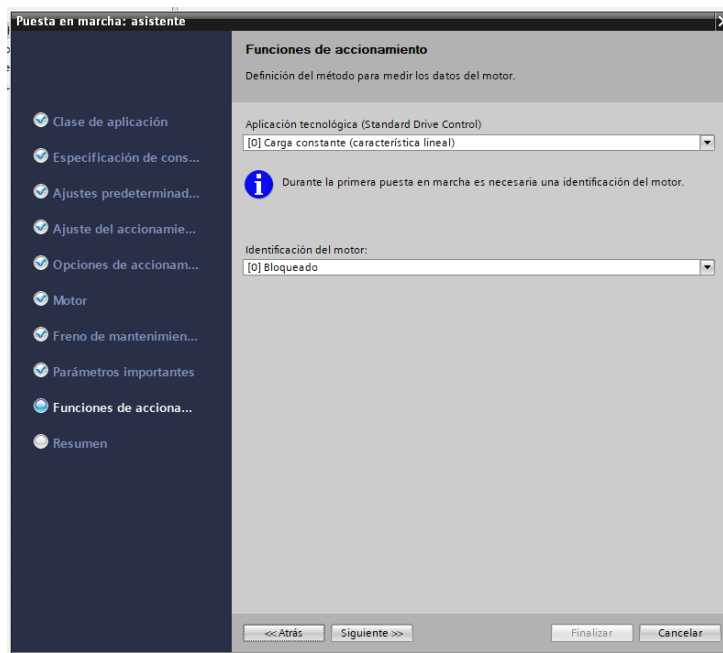


Figura 21. Funciones de accionamiento

Topología de red: Define la conexión física del cableado de red y el rango de direcciones IP a utilizar.

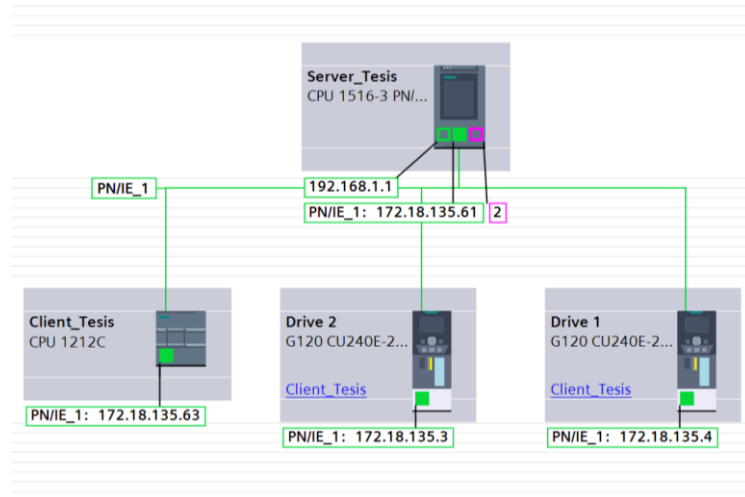


Figura 22. Topología P1

Programación de PLC: En los segmentos 1 y 2 se agregan las instrucciones SinaSpeed, las cuales contienen la palabra de mando y la consigna de velocidad. Este recurso simplifica el control del variador de frecuencia.

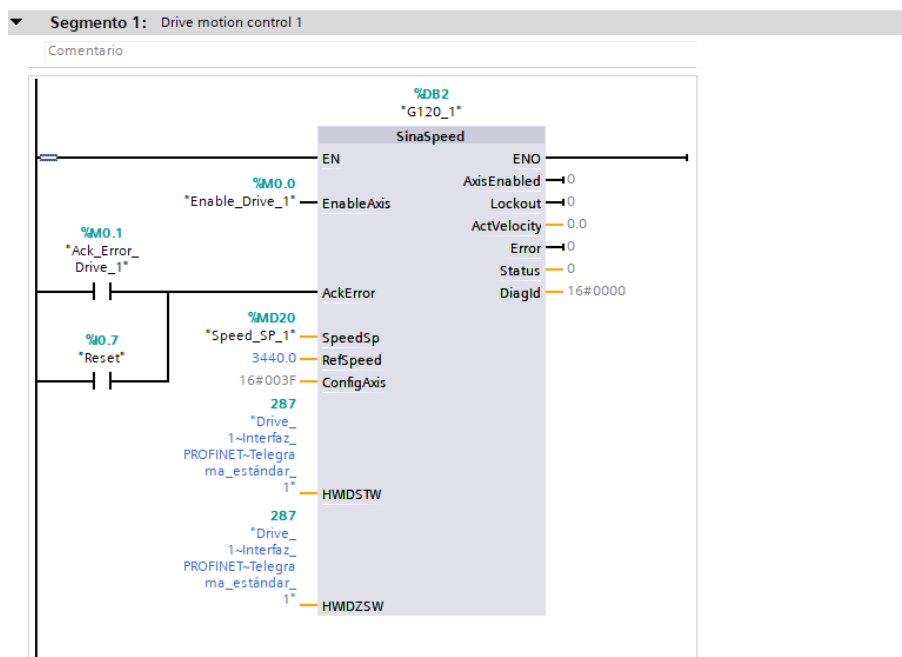


Figura 23. P1 Segmento 1

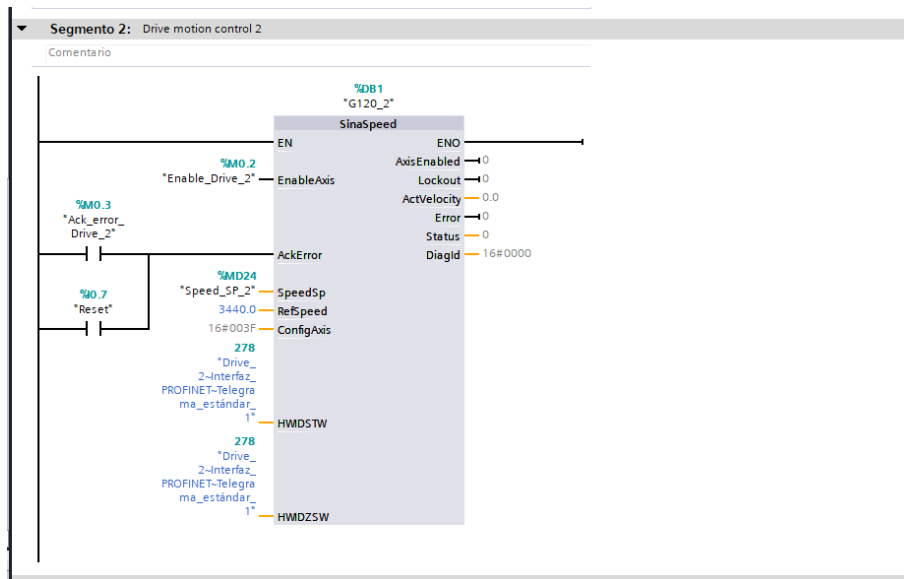


Figura 24. P1 Segmento 2

Los segmentos 3 y 4 definen la consigna de frecuencia en RPM, con signo positivo para rotación hacia adelante y con signo negativo para inversión de giro.

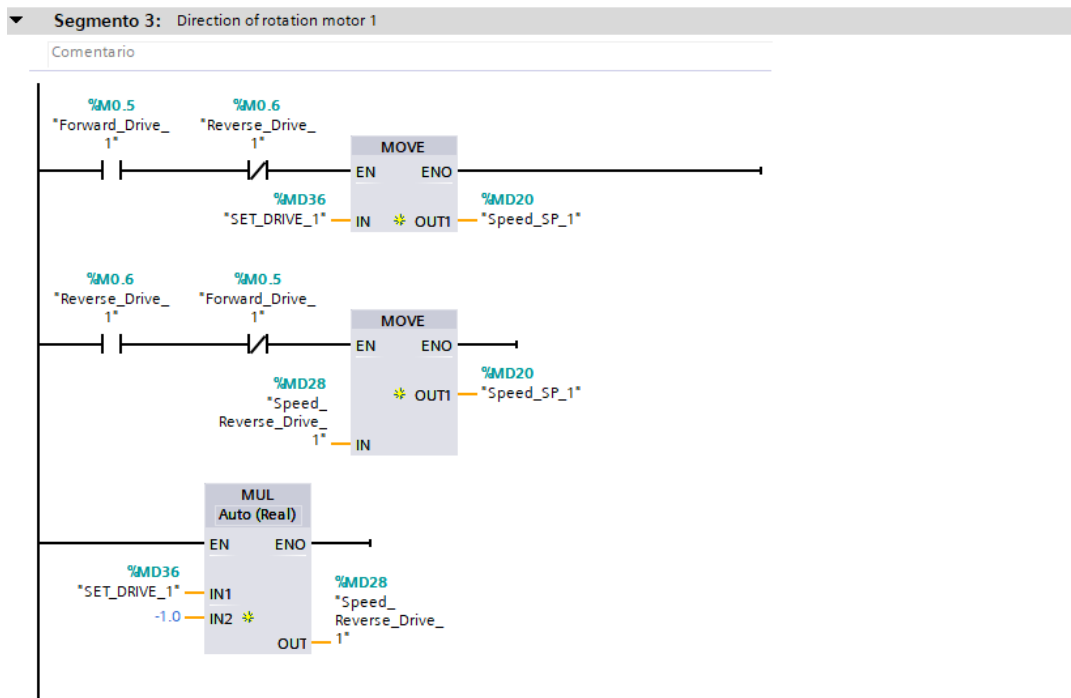


Figura 25. P1 Segmento 3

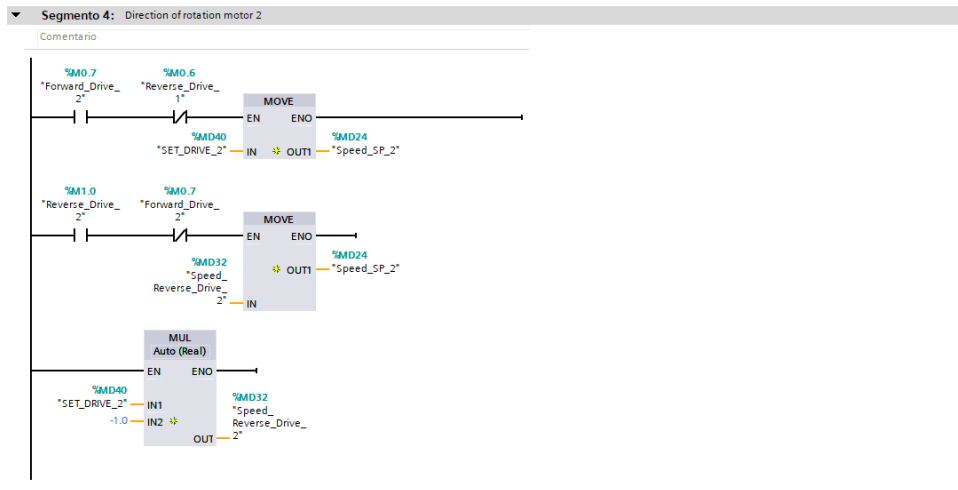


Figura 26. P1 Segmento 4

Los segmentos 5 y 6 contienen los bits que activan los bits que habilitan los variadores de frecuencia. Únicamente cumplen esta función, ya que el sentido de rotación lo definen los segmentos anteriores.

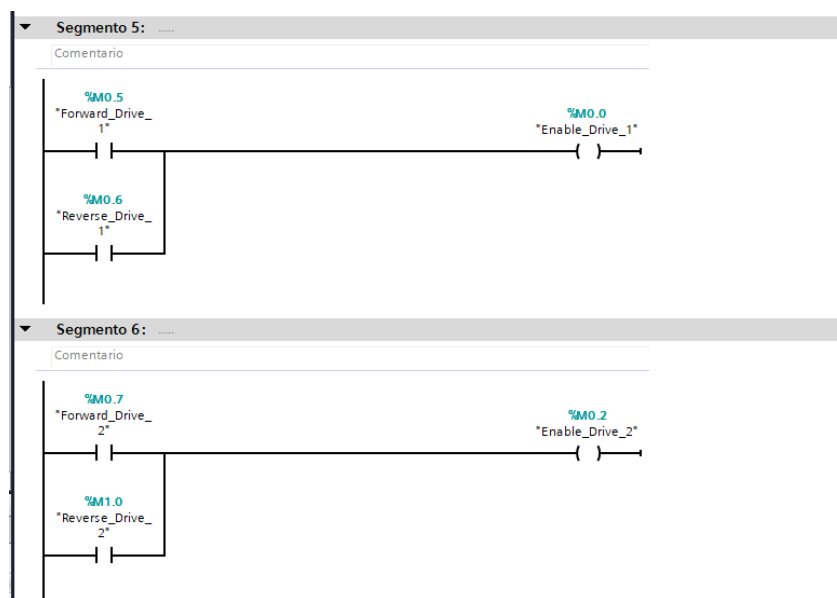


Figura 27. P1 Segmento 5 y 6

Para poder leer y escribir datos desde Node-RED, es necesario utilizar instrucciones de comunicación, en este caso GET para leer las variables escritas desde Node-RED al S7-1500, escribirlas en un área de memoria del S7-1200 y a su vez en los variadores de frecuencia.

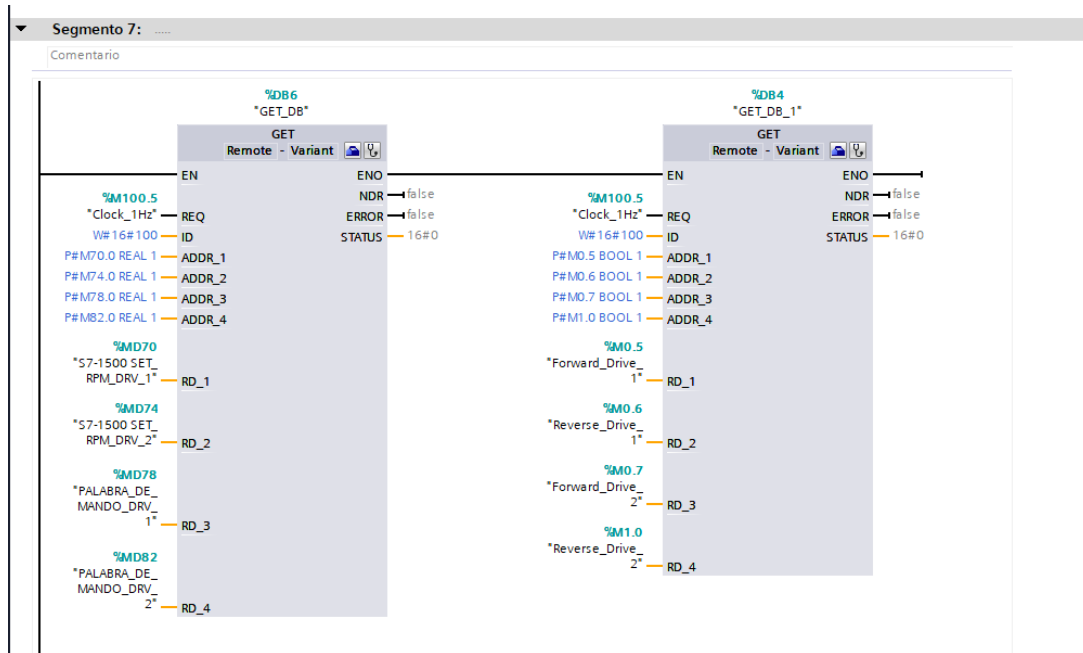


Figura 28. P1 Segmento 7

La consigna de frecuencia recibida desde el S7-1500 se debe de mover a la variable de SinaSpeed y así tener el control de la velocidad desde Node-RED

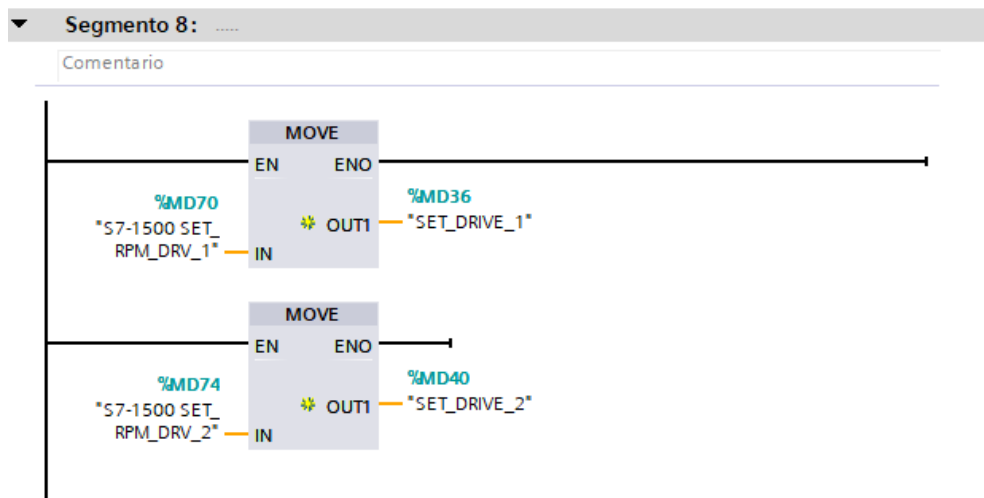


Figura 29. Segmento 8

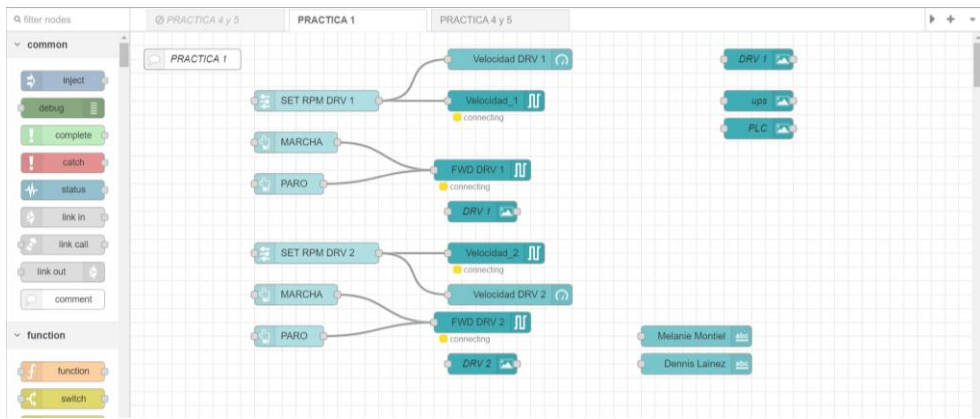


Figura 30. Control de variadores

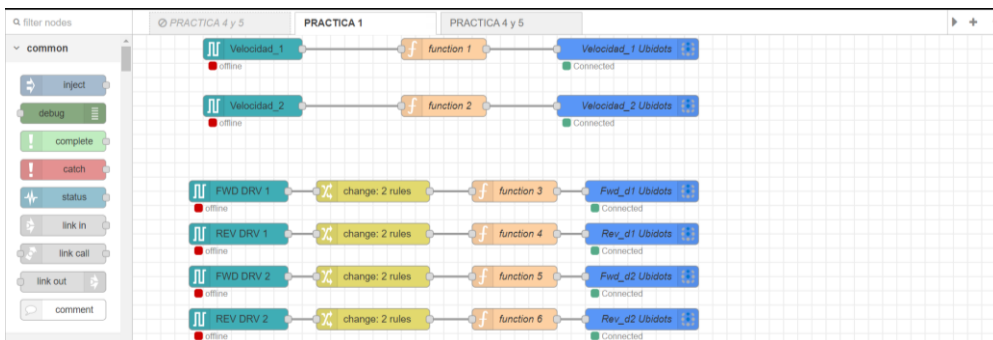


Figura 31. Enviar datos a Ubidots

Delete
Cancel
Done

Properties

Name:

Setup On Start **On Message** On Stop

```

1  | var local = {"velocidad_1": msg.payload};
2  | return {"payload":local};

```

Figura 32. Creación de variables en formato JSON

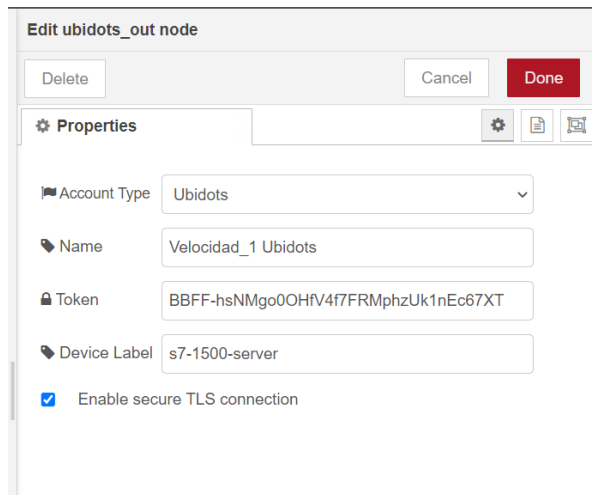


Figura 33. Configuración de dispositivo en la nube

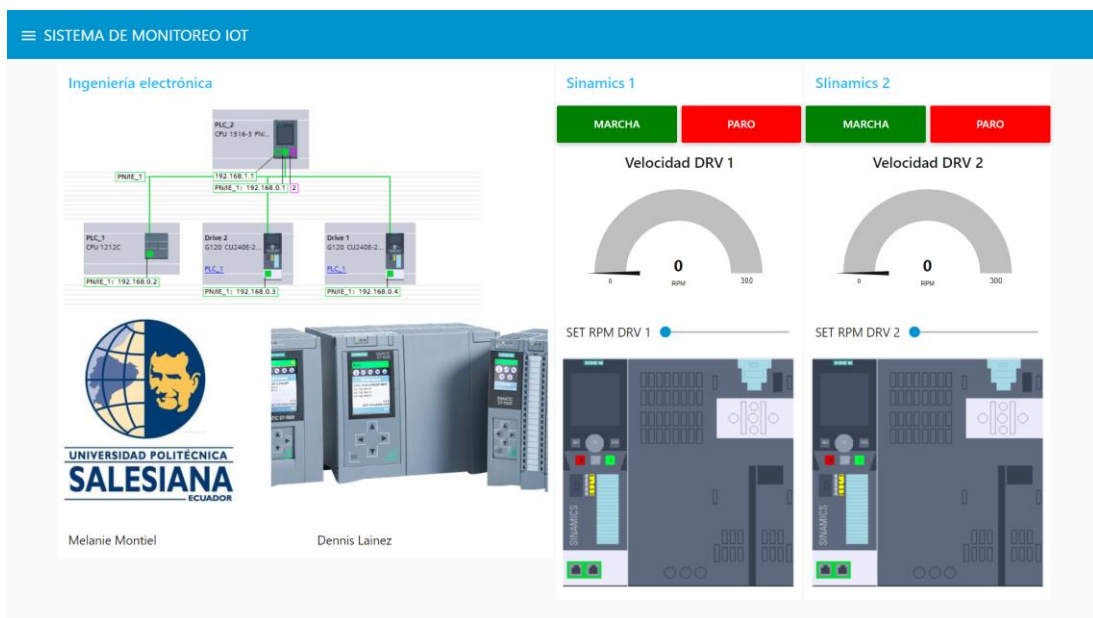


Figura 34. Dashboard práctica 1

Práctica #2

Los segmentos 1 y 2 reciben las señales de mando y consigna de velocidad que provienen de las diferentes etapas del proceso. En este caso un control manual desde el panel HMI

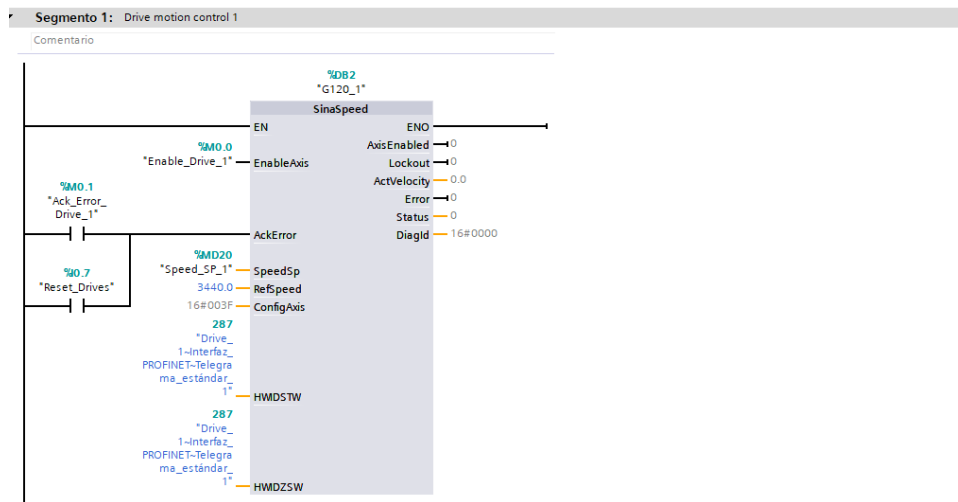


Figura 35. P2 Segmento 1

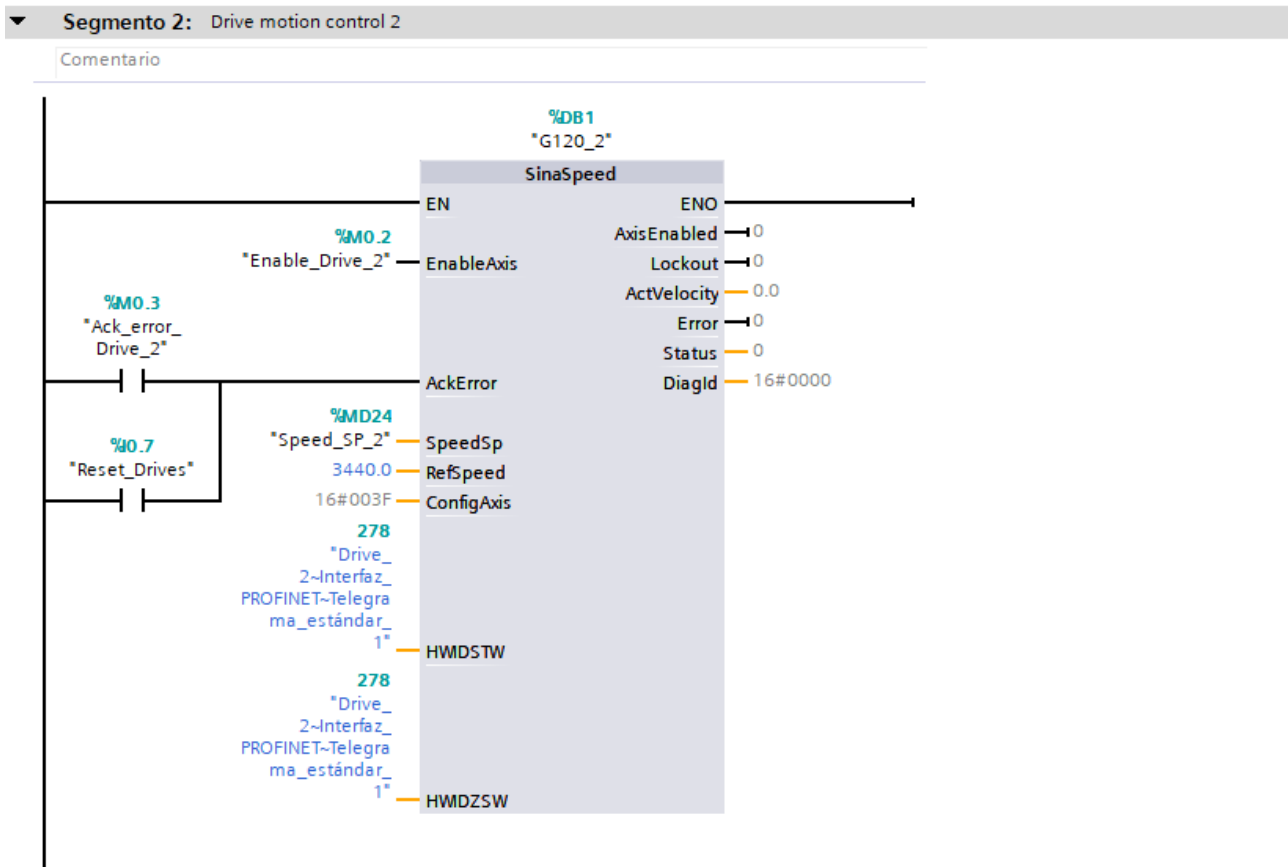


Figura 36. P2 Segmento 2

Para habilitar los ejes y definir un sentido de rotación se utilizaron bits de marca y también instrucciones de desplazamiento. Cuando se activa la rotación hacia adelante se envía una consigna positiva y cuando se activa la inversión de giro, una consigna negativa.

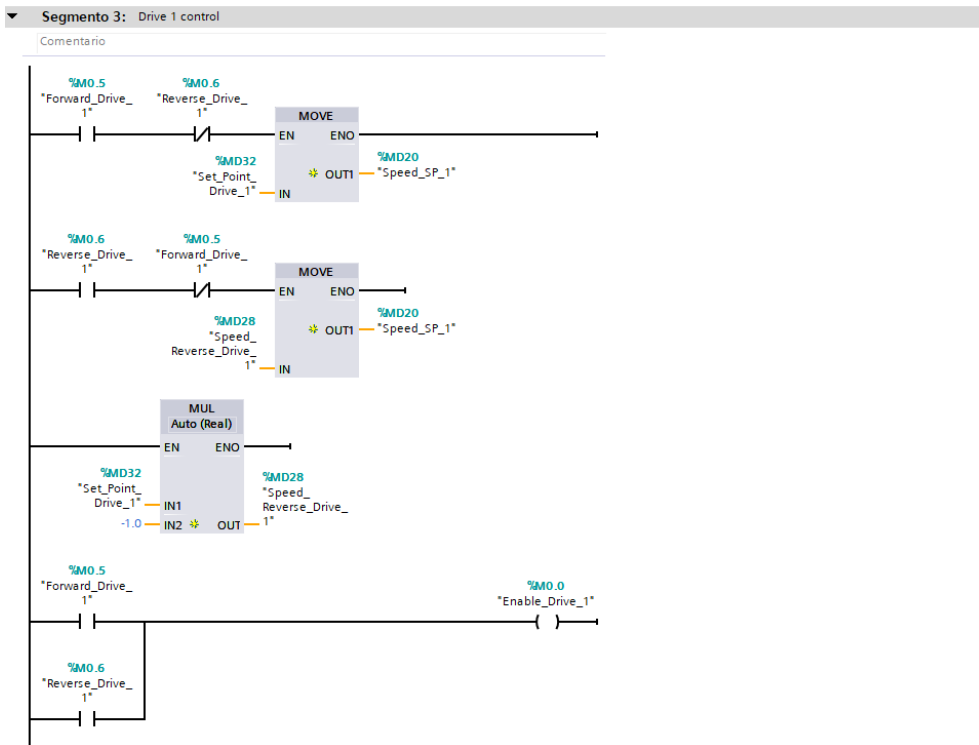


Figura 37. P2 Segmento 3

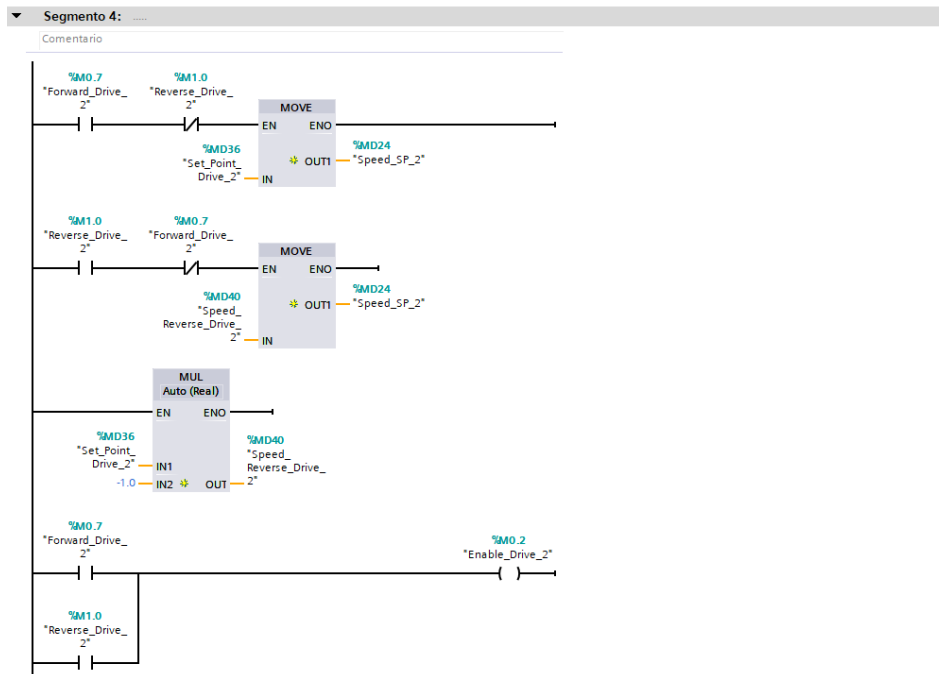


Figura 38. P2 Segmento 4

El HMI monitorea el voltaje y la corriente de cada motor, para ello se crea un bloque de datos donde se reciben estos valores y luego un bloque de función para poder separar el control de los motores del monitoreo.

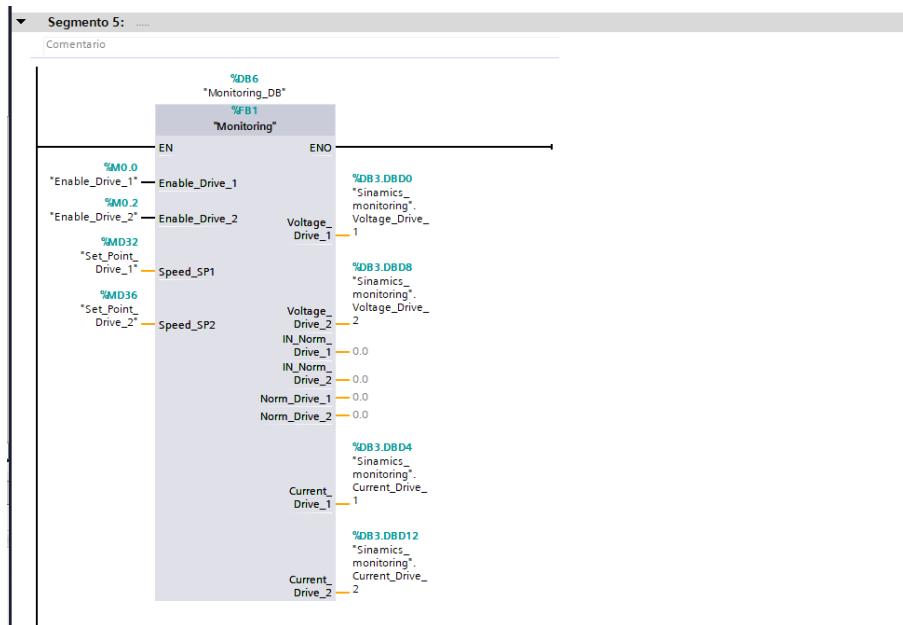


Figura 39. P2 Segmento 5

CONTROL G120 P2 ▶ PLC_1 [CPU 1212C AC/DC/Rly] ▶ Bloques de programa ▶ Monitoring_DB [DB6]

Conservar valores actuales Instantánea Copiar instantáneas a valores de arranque

Monitoring_DB									
	Nombre	Tipo de datos	Valor de arranq...	Remanen...	Accesible d...	Escrib...	Visible en ..	Valor de a...	Cor
1	Input								
2	Enable_Drive_1	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	Enable_Drive_2	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	Speed_SP1	Real	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	Speed_SP2	Real	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	Output								
7	Voltage_Drive_1	Real	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8	Voltage_Drive_2	Real	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9	IN_Norm_Drive_1	Real	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10	IN_Norm_Drive_2	Real	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11	Norm_Drive_1	Real	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12	Norm_Drive_2	Real	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
13	Current_Drive_1	Real	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
14	Current_Drive_2	Real	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
15	InOut			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
16	Static			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Figura 40. P2 bloque de función. Interfaz de bloque

CONTROL G120 P2 ▶ PLC_1 [CPU 1212C AC/DC/Rly] ▶ Variables PLC

Variables

Variables PLC

Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...	Comentario
1	Enable_Drive_1	Tabla de variabl...	Bool	%M0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	Ack_Error_Drive_1	Tabla de variables e.	Bool	%M0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	Enable_Drive_2	Tabla de variables e.	Bool	%M0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	Ack_error_Drive_2	Tabla de variables e.	Bool	%M0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	Forward_Drive_1	Tabla de variables e.	Bool	%M0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	Speed_SP_1	Tabla de variables e.	Real	%MD20	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	Speed_SP_2	Tabla de variables e.	Real	%MD24	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	Speed_Reverse_Drive_1	Tabla de variables e.	Real	%MD28	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	Reverse_Drive_1	Tabla de variables e.	Bool	%M0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	Set_Point_Drive_1	Tabla de variables e.	Real	%MD32	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	Set_Point_Drive_2	Tabla de variables e.	Real	%MD36	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	Forward_Drive_2	Tabla de variables e.	Bool	%M0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13	Reverse_Drive_2	Tabla de variables e.	Bool	%M1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
14	Speed_Reverse_Drive_2	Tabla de variables e.	Real	%MD40	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
15	Voltage_Sinamics_1	Tabla de variables e.	Real	%MD44	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
16	Voltage_Sinamics_2	Tabla de variables e.	Real	%MD48	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
17	Current_Sinamics_1	Tabla de variables e.	Real	%MD52	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
18	Current_Sinamics_2	Tabla de variables e.	Real	%MD56	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
19	Reset_Drives	Tabla de variables e.	Bool	%I0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
20	<Agregar>				<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Figura 41. Variables PLC P2

A continuación, podemos observar el panel HMI donde se muestran los botones de marcha hacia adelante y hacia atrás, el botón de parada, un cuadro numérico para escribir la consigna de velocidad en RPM y dos cuadros numéricos para visualizar la tensión y la corriente de cada motor.

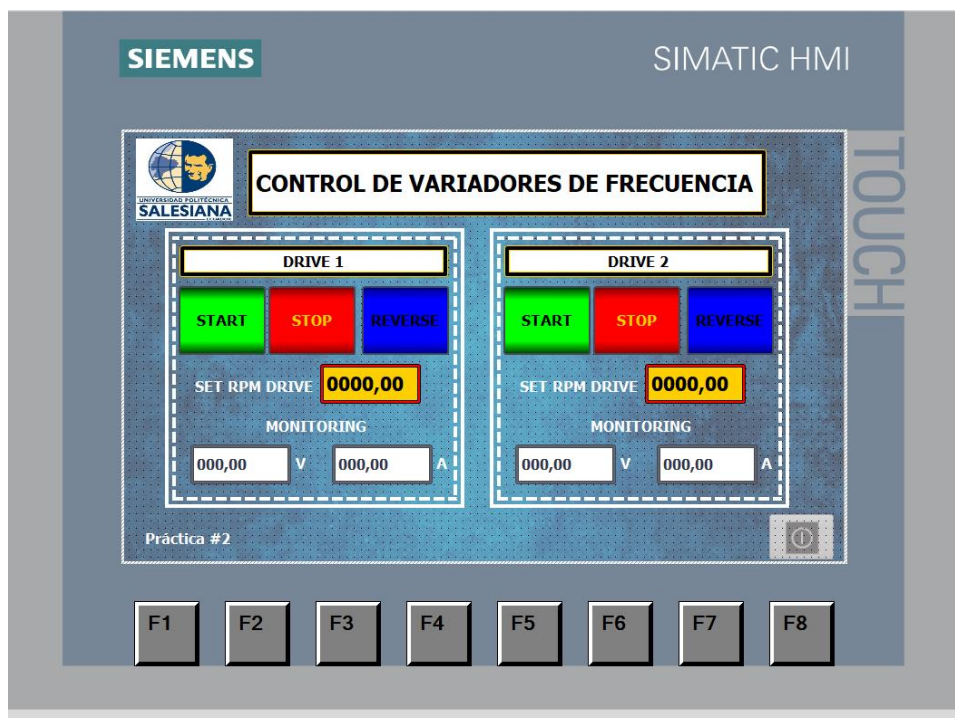


Figura 42. HMI P2

Para que puedan intercambiar datos los dispositivos del módulo, es necesario que todos estén dentro del mismo rango de direccionamiento IP.

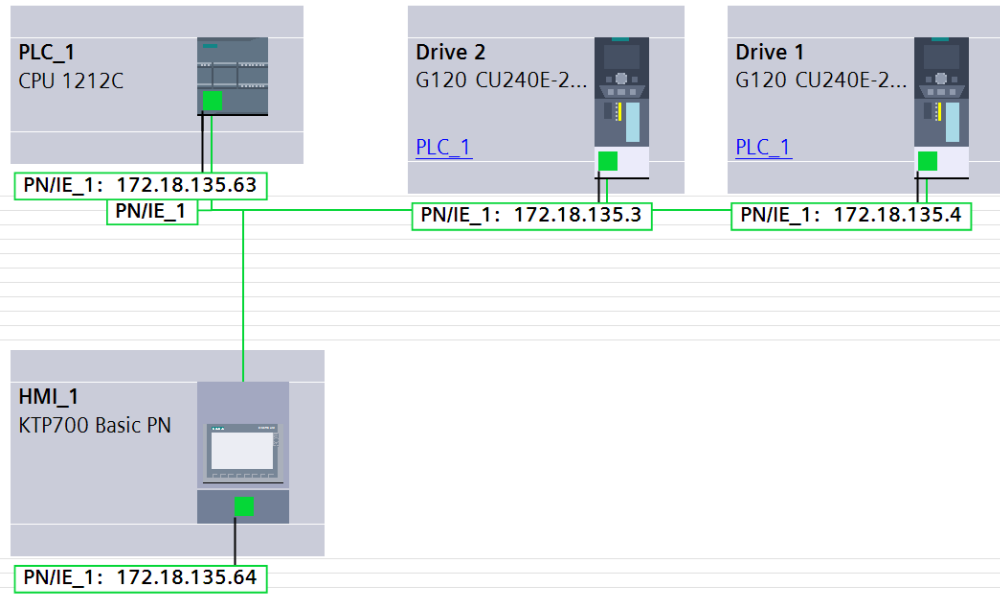


Figura 43. TOPOLOGIA P2

Práctica #3

Los dos primeros segmentos permiten el control de los motores en una sola instrucción, en esta aplicación el control maneja velocidades fijas, según lo visualizado en procesos de trituración en canteras. Ambos motores trabajan de manera independiente: el triturador y el sinfín para el transporte.

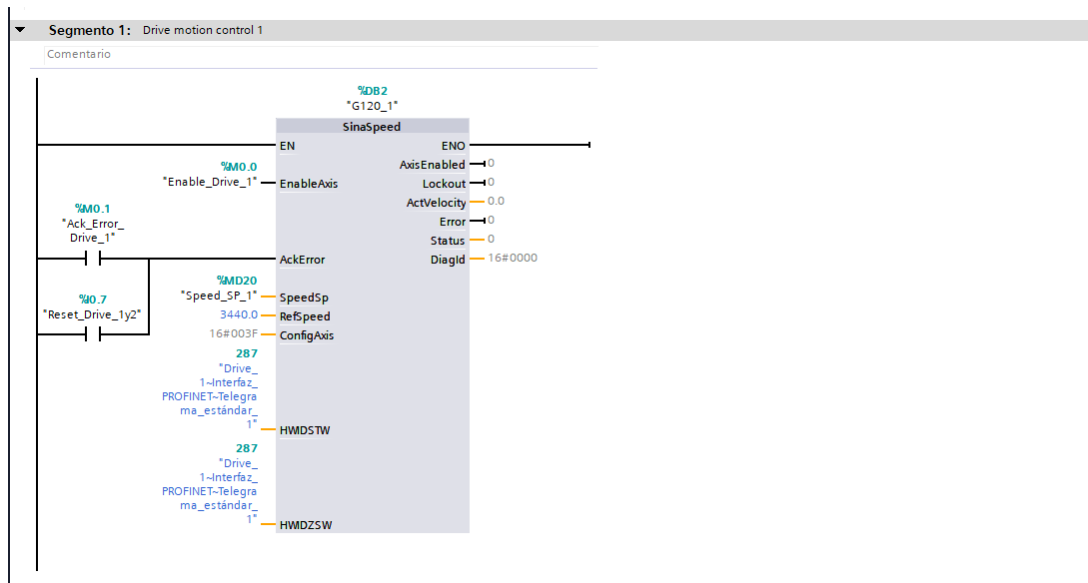


Figura 44. P3 Segmento 1

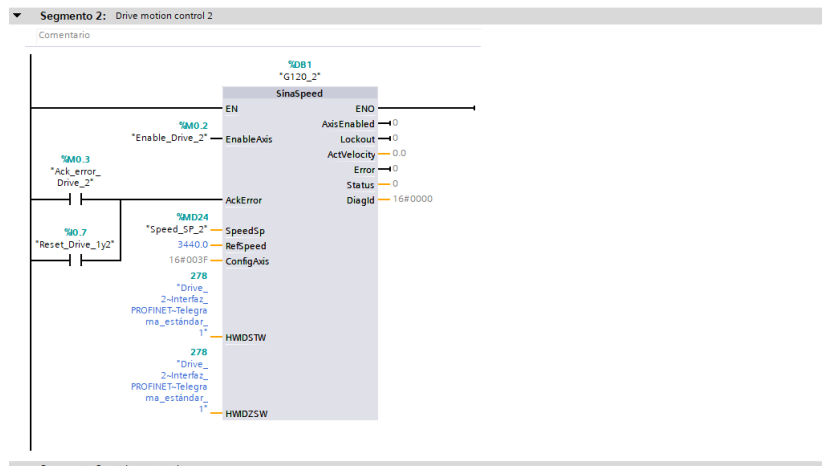


Figura 45. P3 Segmento 2

Al ser una aplicación específica de procesar mecánicamente un producto, se debe de bloquear la inversión de giro y únicamente permitir la rotación hacia adelante. Con instrucciones de desplazamiento se envían los valores de velocidad fija a cada uno de los variadores de frecuencia en marcha y el valor de cero cuando se detiene.

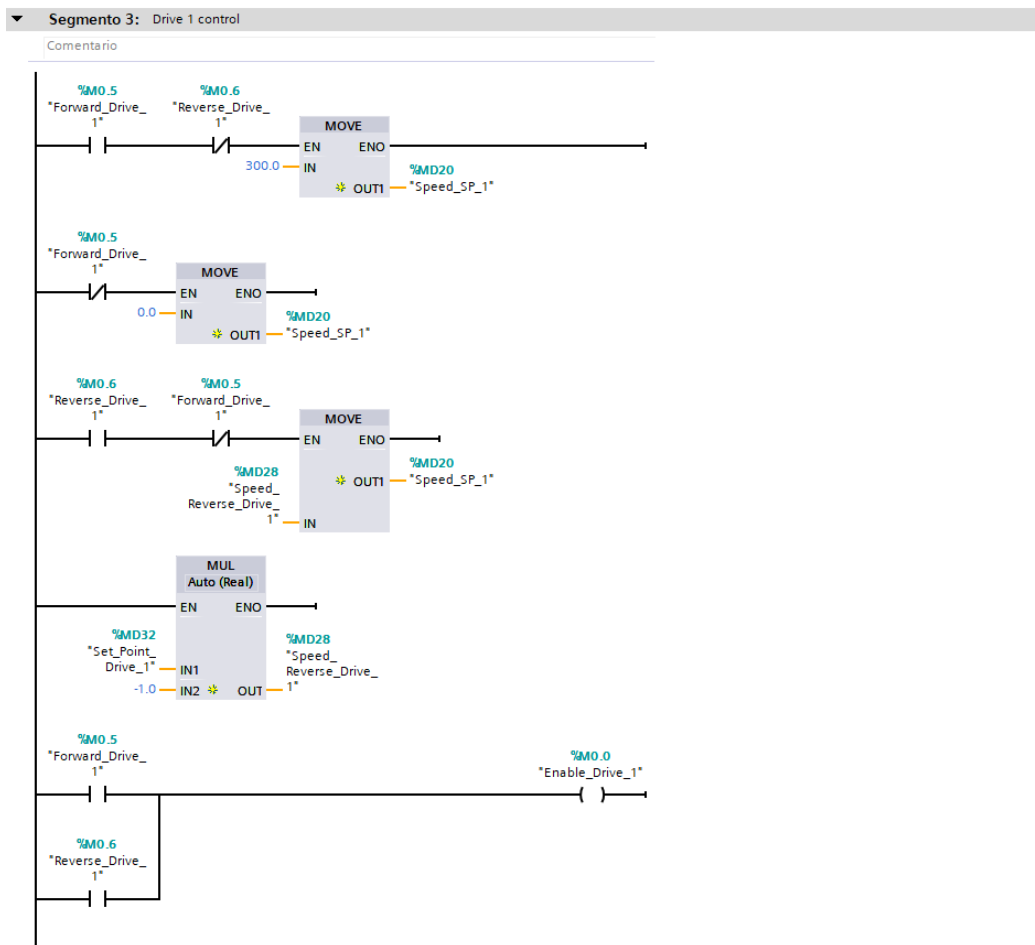


Figura 46. P3 Segmento 3

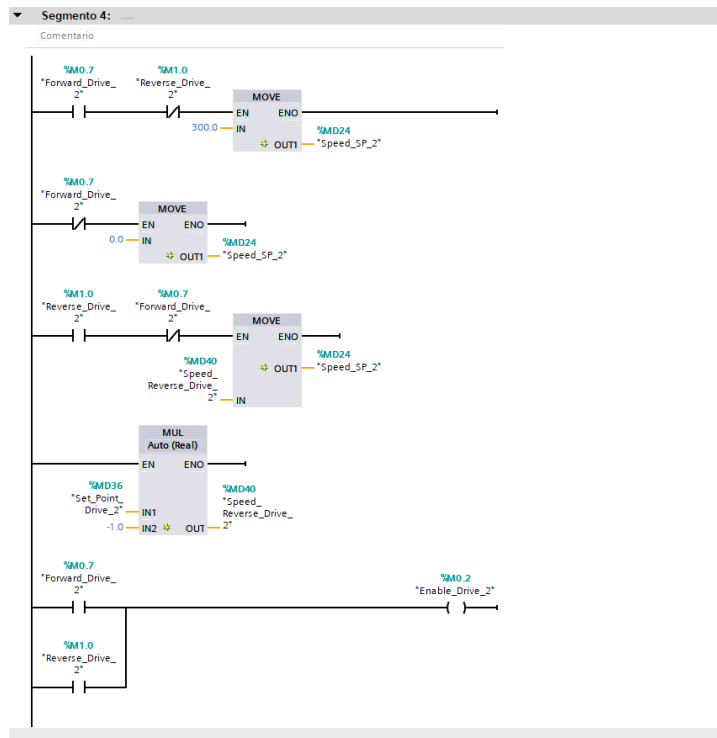


Figura 47. P3 Segmento 4

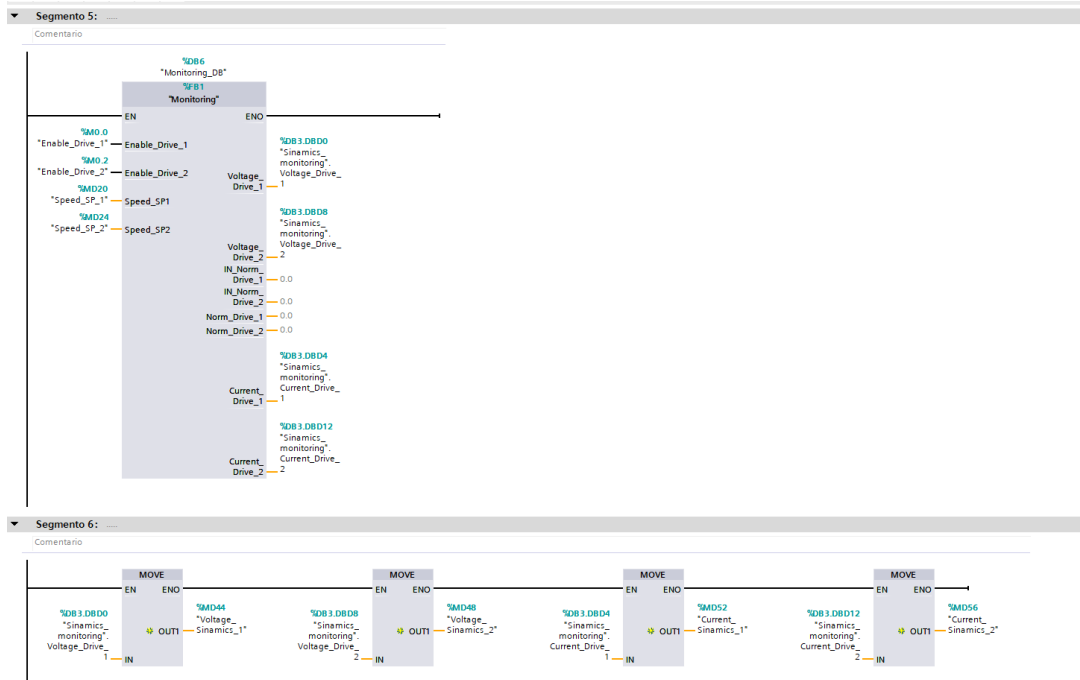


Figura 48. P3 Segmentos 5 y 6

Para la representación de animaciones del producto se utilizaron marcas de ciclo y 4 bits de marca, 2 para el triturador y 2 para el tornillo sinfín, ya que los HMI basic panels no dan muchas opciones para un nivel grafico exigente.

El proceso tiene como cosa particular el llenado de un tanque, el cual se simula con un contador que se incrementa una vez habilitado el transportador. Cuando este llega su valor máximo, desconecta a ambos motores de manera automática

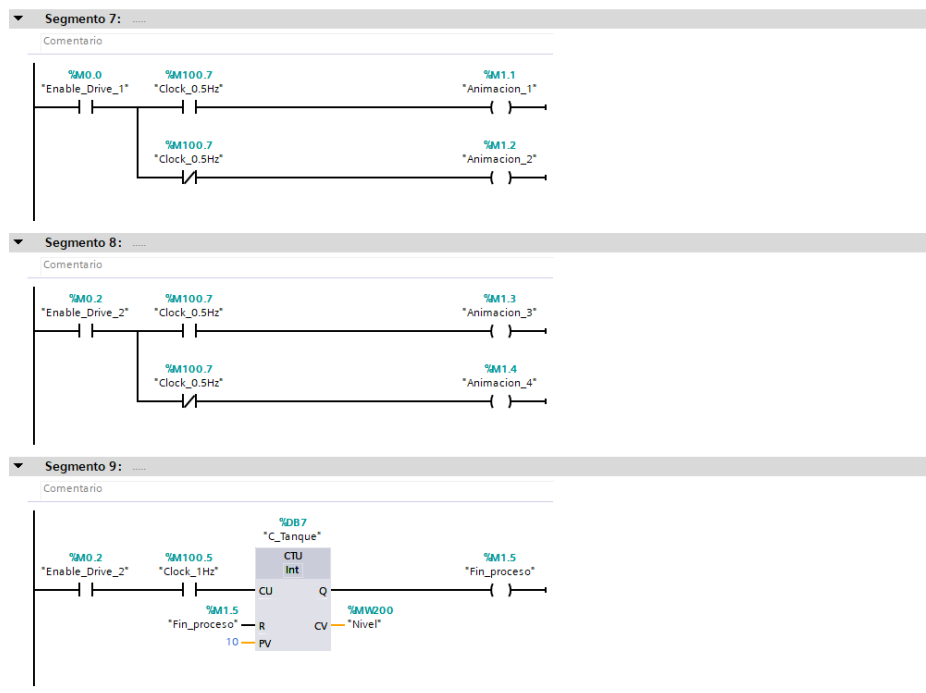


Figura 49. P3 Segmentos 7,8 y 9

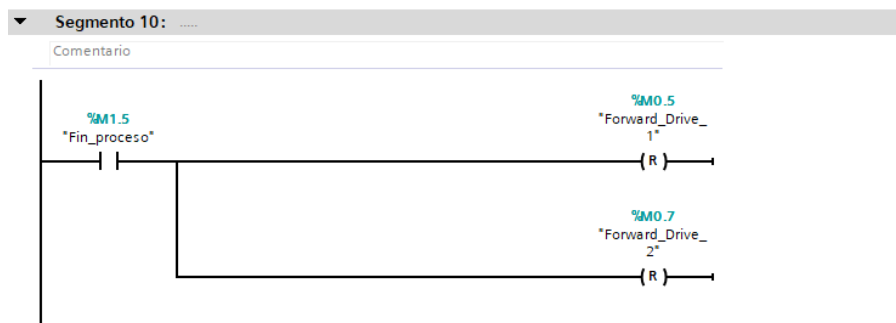


Figura 50. P3 Segmento 10

El HMI muestra el control de cada motor y el nivel del tanque que almacena el producto triturado y el nivel de llenado. También se puede visualizar la caída del producto y también el movimiento de este, dentro del tornillo sinfín.

Adicionalmente el HMI cuenta con algunos avisos funcionales del proceso.

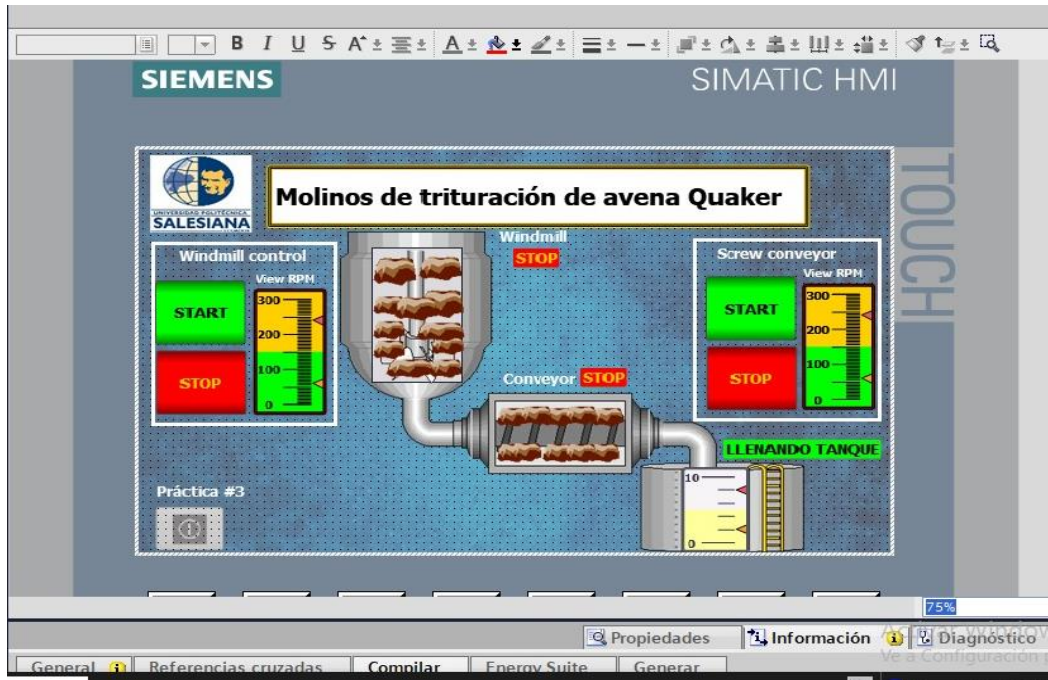


Figura 51. HMI P3

Al igual que en los casos anteriores se debe de asignar direcciones IP dentro del mismo rango en cada dispositivo, evitando también direcciones duplicadas.

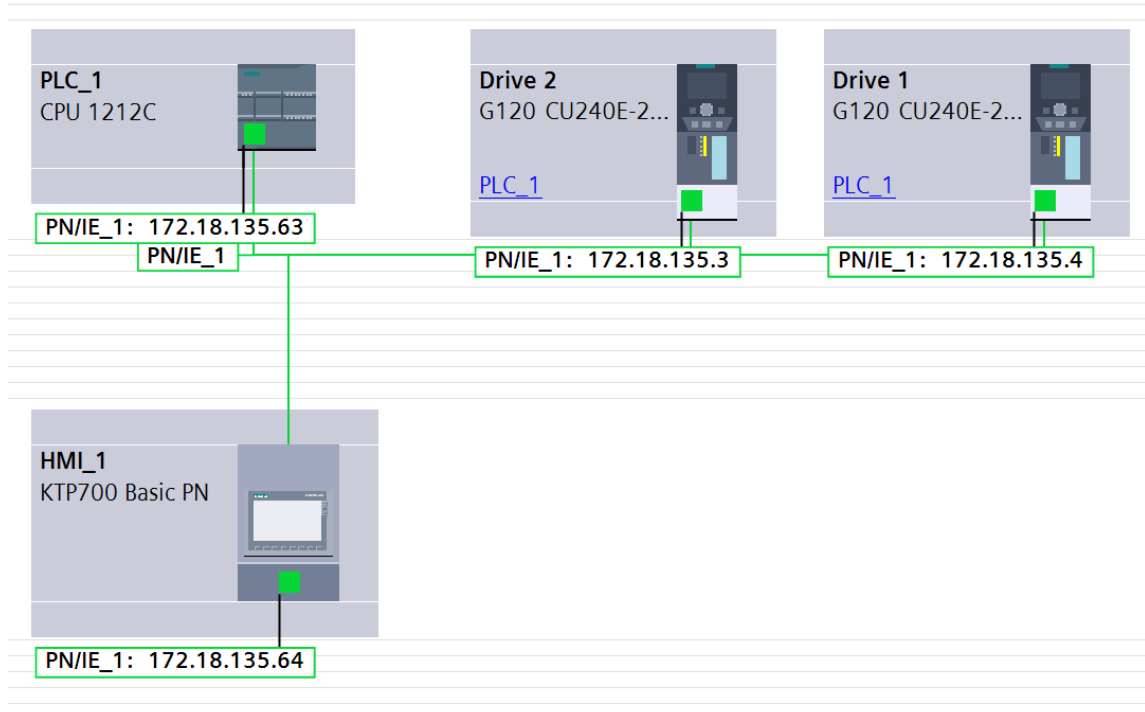


Figura 52. Topología P3

Práctica #4

Control de habilitación y consigna de velocidad.

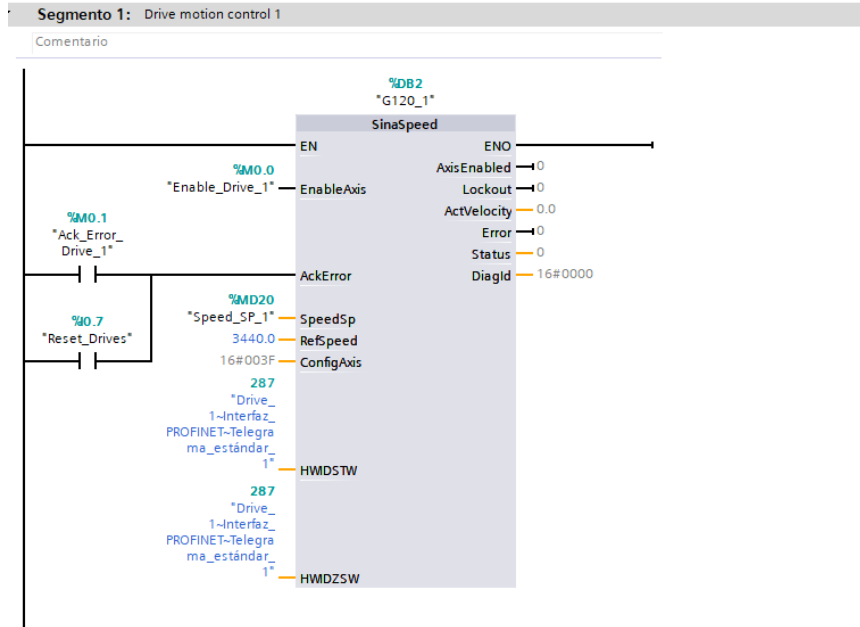


Figura 53. P4 Segmento 1

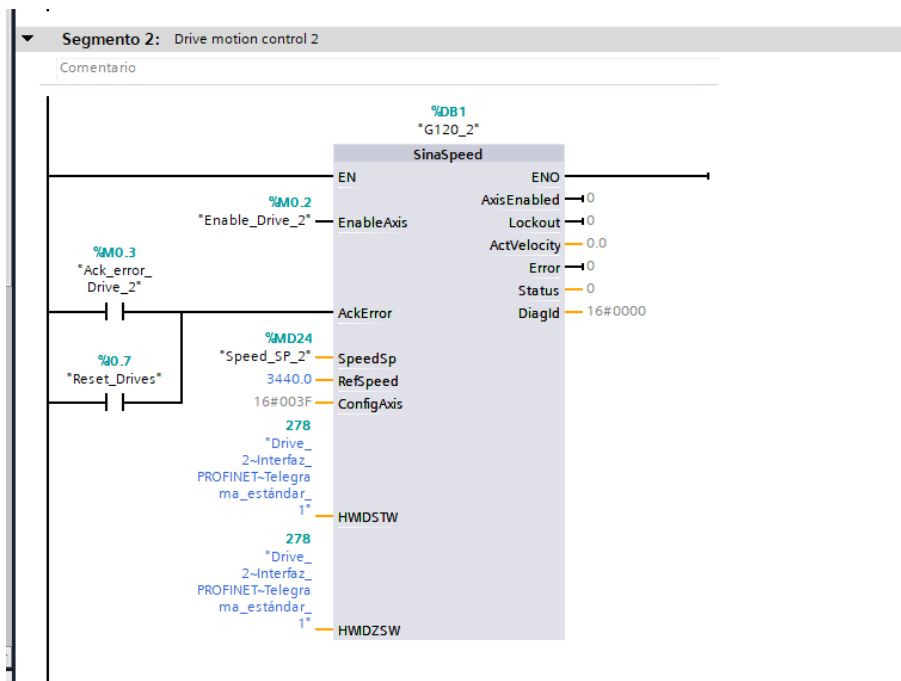


Figura 54. P4 Segmento 2

Al ser una planta de tratamiento de agua potable se requiere un control de nivel antes de iniciar la operación ya que físicamente las bombas no pueden trabajar en vacío. Cuando el nivel sea menor al 50% no va a arrancar, en cambio sí es mayor al 50% se inicia el proceso, haciendo la bomba trabajar. La marcha de la misma será en el sentido de rotación que permite la succión positiva.

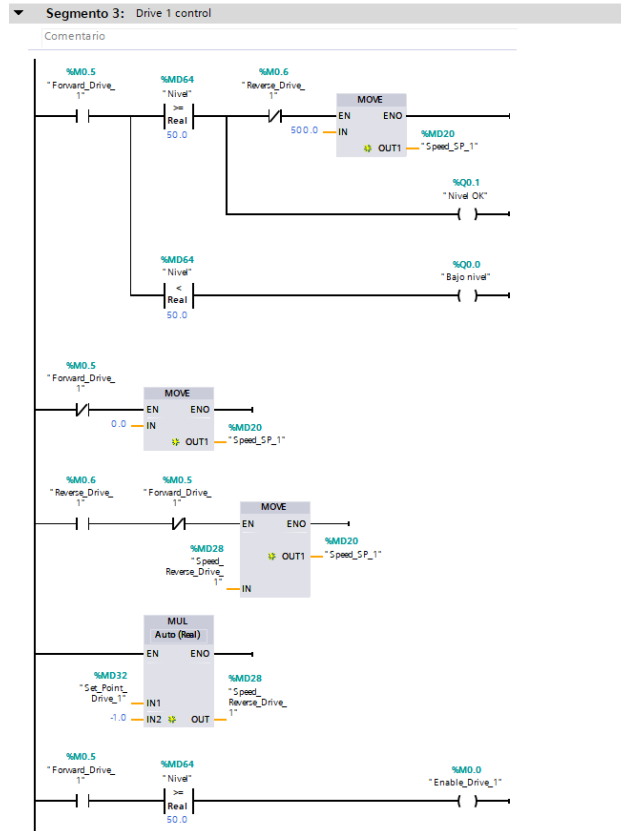


Figura 55. P4 Segmento 3

El segundo variador de frecuencia corresponde a una bomba dosificadora, donde se simula el movimiento intermitente. Esto se hace a baja velocidad a modo de simulación, ya que el variador de frecuencia no cuenta con resistencia de frenado.

El variador actúa de forma cíclica con dos temporizadores: un TON (retardo a la conexión) para el tiempo de espera o estado bajo y un TOF (retardo a la desconexión) para el tiempo de duración de la marcha del motor o estado alto.

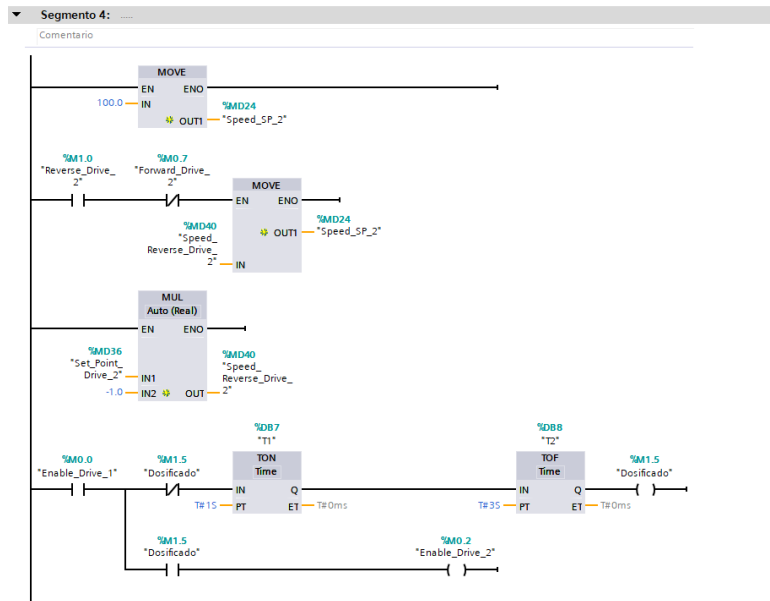


Figura 56. P4 Segmento 4

Para el monitoreo de la tensión y la intensidad se creó un bloque de función, esto con el fin de estructurar la programación. Luego se envían los valores a un bloque de datos para poder ser utilizados en Node-RED.

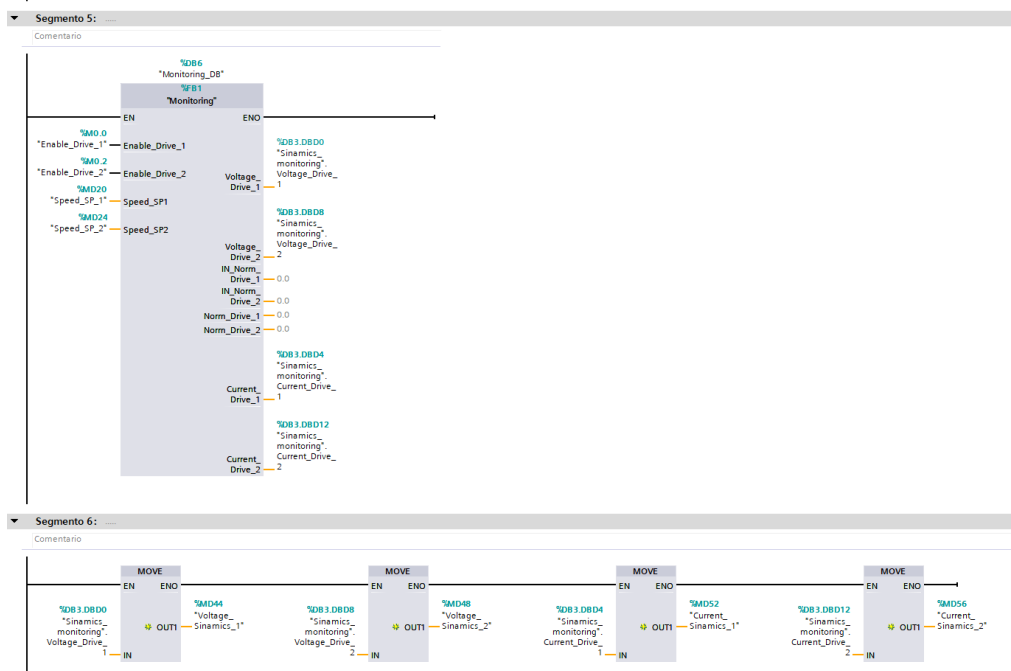


Figura 57. P4 Segmento 5

Para las animaciones, en movimiento se utilizaron marcas de ciclo y bits de marca con el fin de representar en el HMI el proceso de llenado y dosificado de una forma más real.

La entrada analógica IW64 representa un sensor de nivel que mide de 0 a 100 metros de altura, el cual se normaliza y escala en el segmento 9.

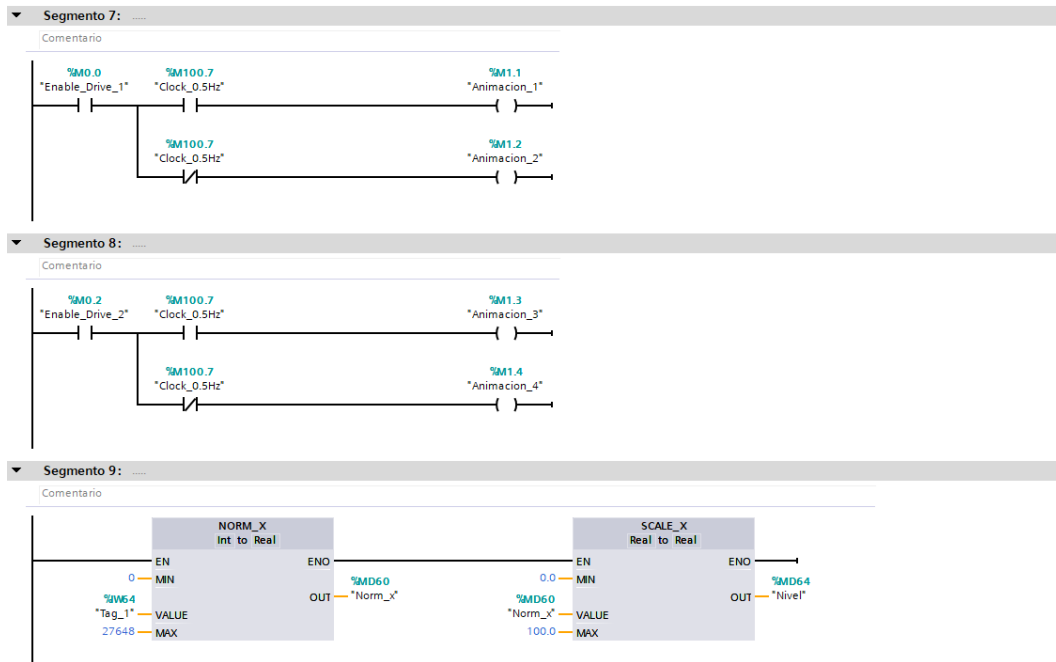


Figura 58. P4 Segmentos 7, 8 y 9

Una vez que empieza a trabajar la planta de tratamiento de agua, la bomba succiona el agua de la cisterna siempre y cuando se haya alcanzado el nivel adecuado, luego pasa por los filtros que retienen la carga mineral y al final una bomba de desplazamiento positivo dosifica el insumo químico para la desinfección.

Para una representación más real, se utilizó un contador que recibe pulsos a través de marcas de ciclo y simula un tanque que se va llenando.

Una vez alcanzado el nivel máximo en el tanque el contador envía un pulso que desconecta a todo el proceso.

Este PLC S7-1200 representa el controlador montado en campo, pero en el nivel superior, de control existe otro PLC que va a recibir los datos por medio de instrucciones de comunicación. El PLC del nivel de control es el Simatic S7-1500.

Para que el S7-1500 pueda permitir la escritura de datos, se debe de activar en la configuración de Hardware el mecanismo de conexión y utilizar en el S7-1200, instrucciones PUT.

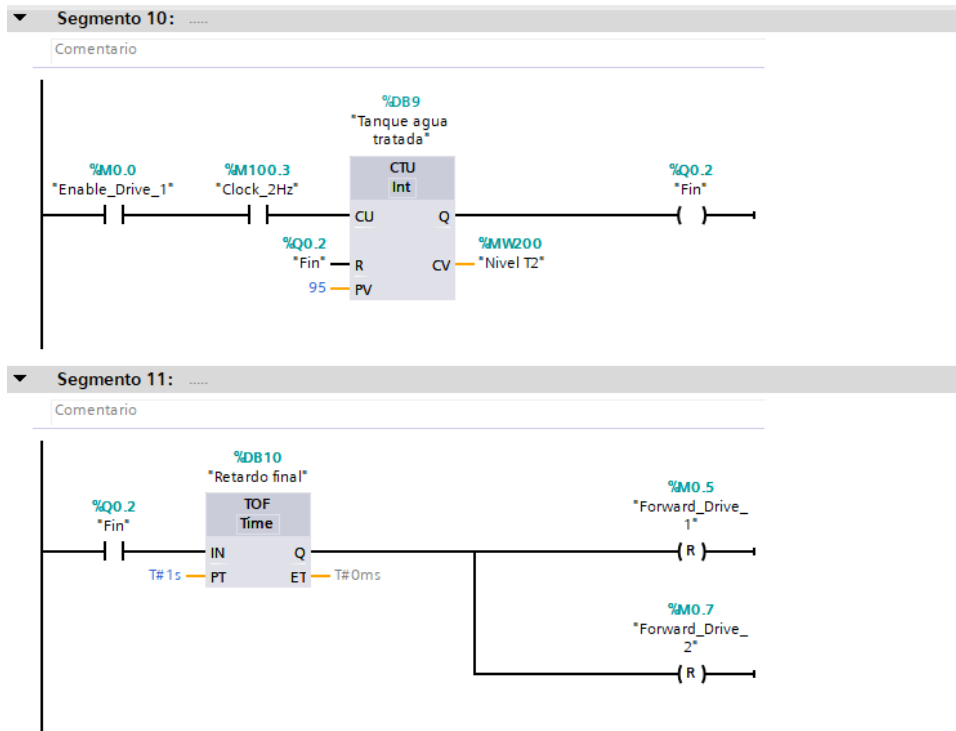


Figura 59. P4 Segmentos 10 y 11

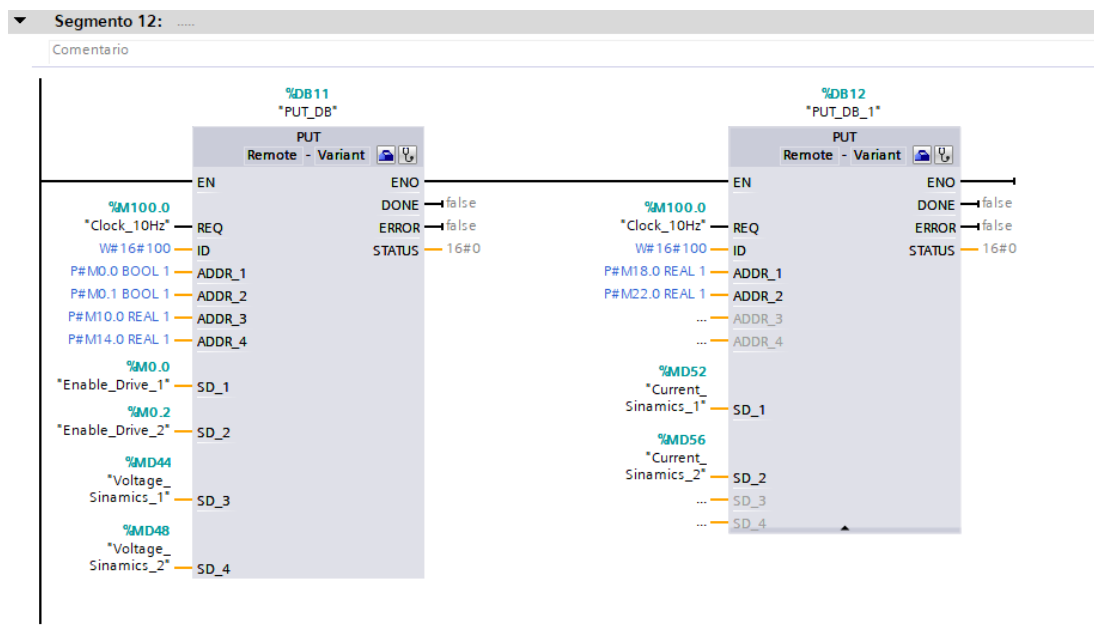


Figura 60. P4 Segmento 12

El estado activo de los variadores de frecuencia se debe de representar y mostrar en Node-RED. Para esto se utilizaron bits de marca, los cuales se visualizan con nodos S7-IN.

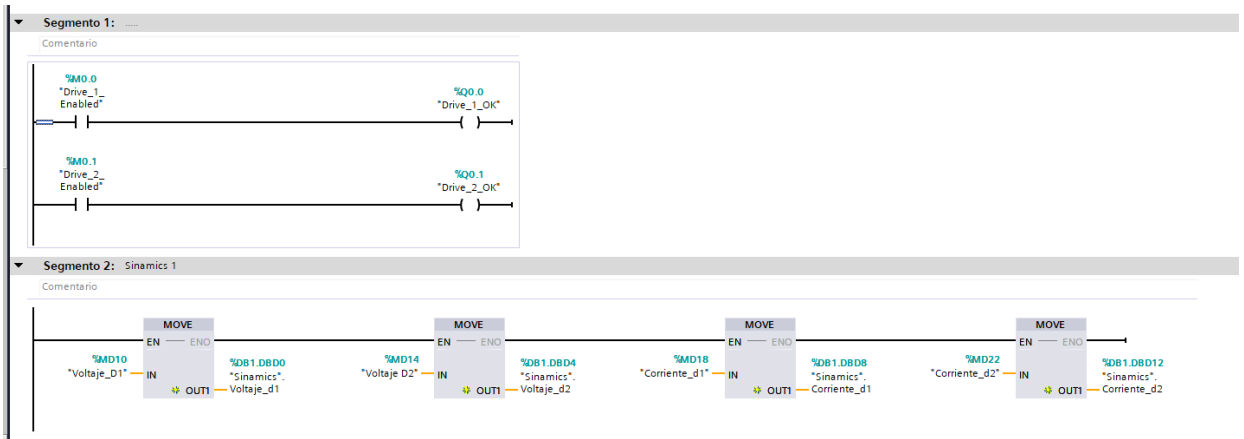


Figura 61. Programación PLC S7-1500

LLENADO DE HIPOCLORITO DE SODIO ▶ Server_Tesis [CPU 1516-3 PN/DP] ▶ Bloques de programa ▶ Sinamics [DB1]

Conservar valores actuales Instantánea Copiar instantáneas a valores de arranque

Sinamics									
	Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor de arranque...	Remanen...	Accesible d...	Escrib...	Visible en ..	Val
1	Static				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	Voltaje_d1	Real	0.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	Voltaje_d2	Real	4.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	Corriente_d1	Real	8.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	Corriente_d2	Real	12.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Figura 62. Bloque de datos para comunicación con Node-RED P4

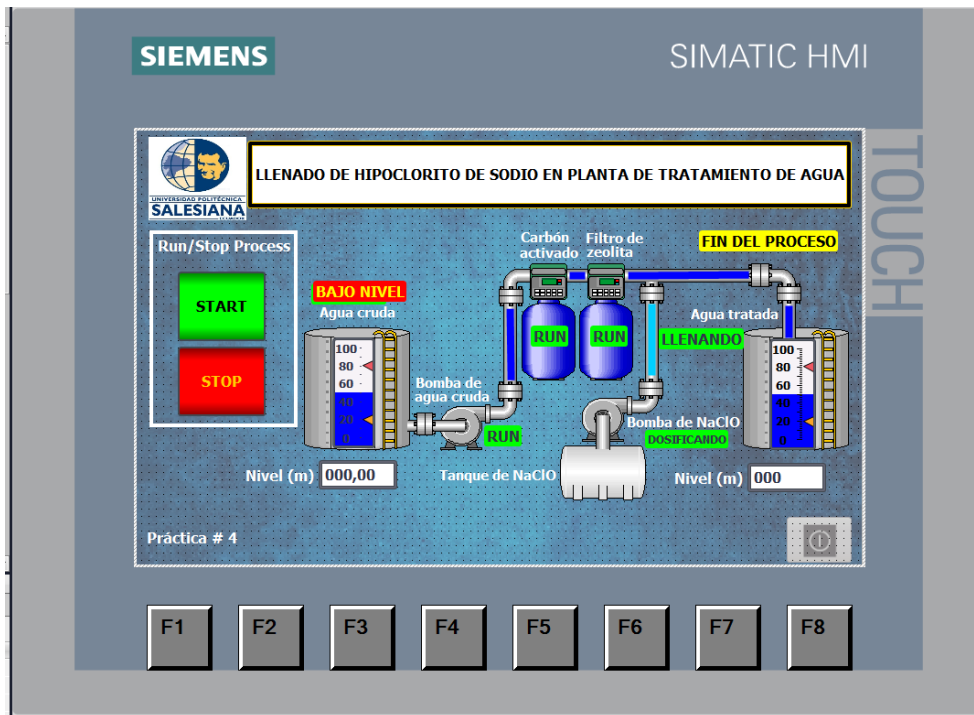


Figura 63. HMI P4

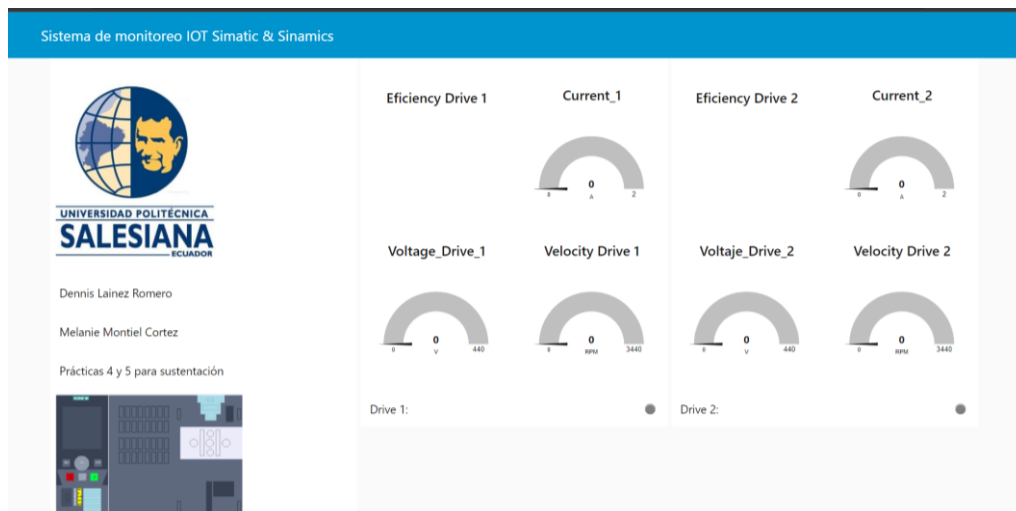


Figura 64. Dashboard P4 y P5

Práctica #5

Habilitación de variadores de frecuencia con instrucciones SinaSpeed por medio del telegrama estándar.

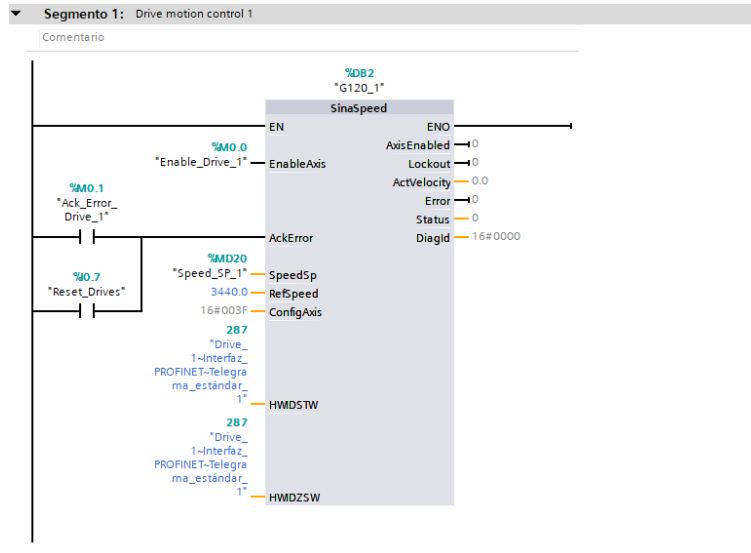


Figura 65. P5 Segmento 1

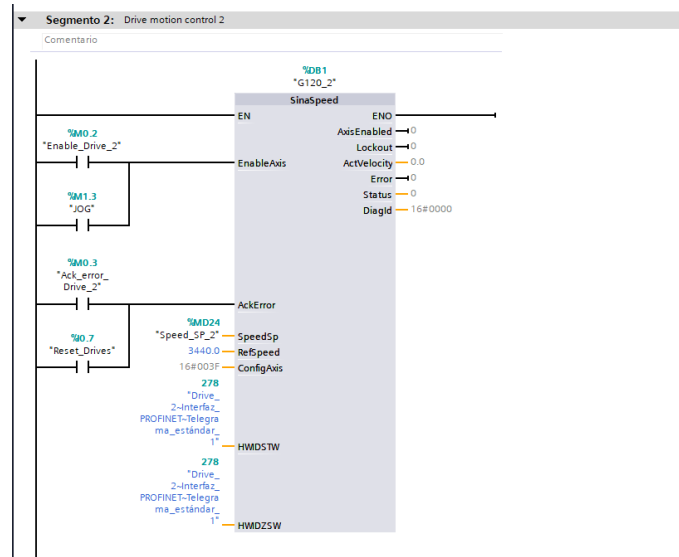


Figura 66. P5 Segmento 2

Utilización de instrucciones de movimiento para establecer consignas de velocidad.

Las consignas seleccionadas son 250 RPM, basado en las maquinas llenadoras de cerveza artesanal, en las cuales la velocidad de la banda transportadora debe ser baja y la velocidad de la bomba que llena la tolva también para evitar la espuma. Esto con el fin de tener una representación más real.

La consigna de los variadores Sinamics G120 no se escriben en Hz, sino en RPM para tener una mayor precisión en el control de la velocidad y también del torque.

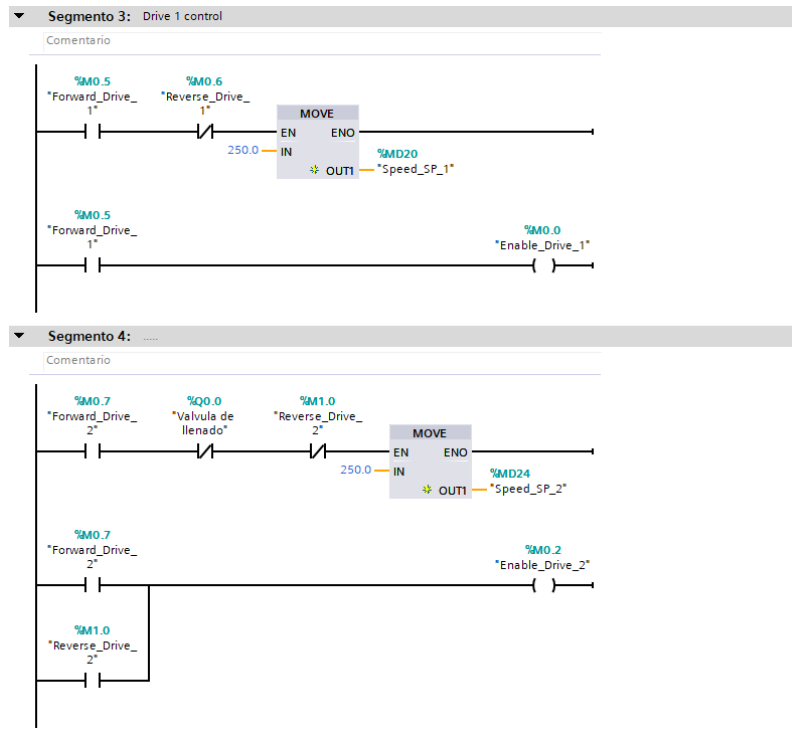


Figura 67. P5 Segmentos 3 y 4

Al igual que en la práctica anterior, los valores de monitoreo de magnitudes eléctricas del motor se envían a un bloque de función y luego a un bloque de datos, ya que Node-RED no puede leer variables que no sean booleanas, si es que no pasan por un bloque de datos.

El monitoreo de la tensión y la intensidad es suficiente para poder conocer que es lo que ocurre durante el funcionamiento del motor.

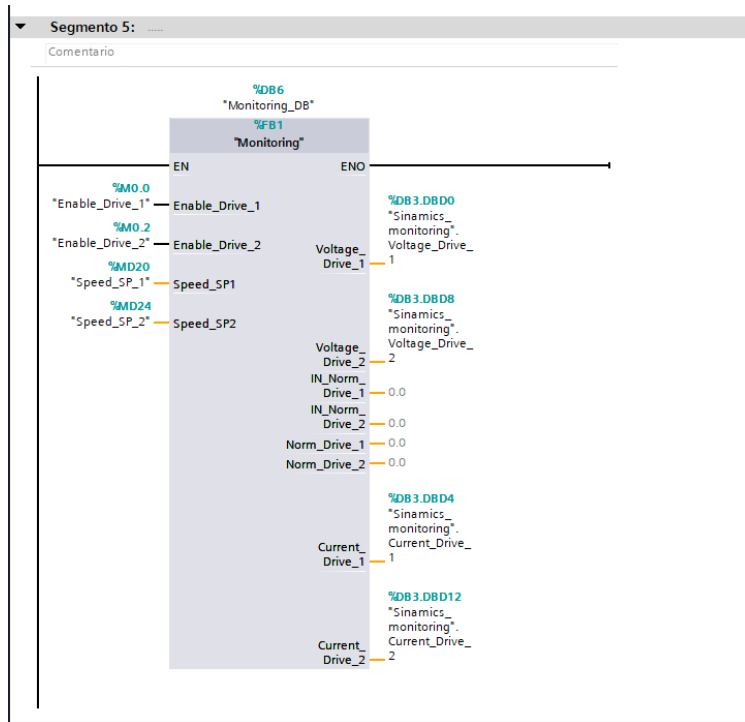


Figura 68. P5 Segmento 5

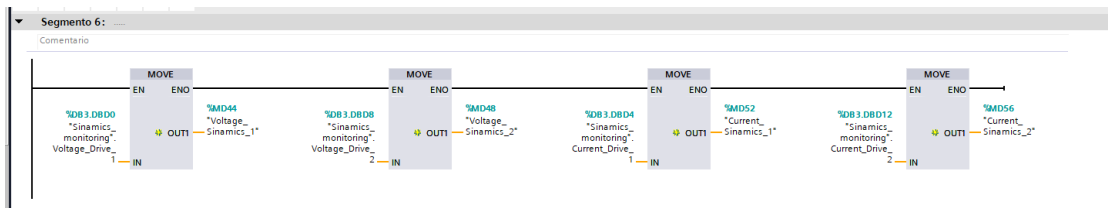


Figura 69. P5 Segmento 6

El proceso de llenado se describe dentro de un bloque de función.

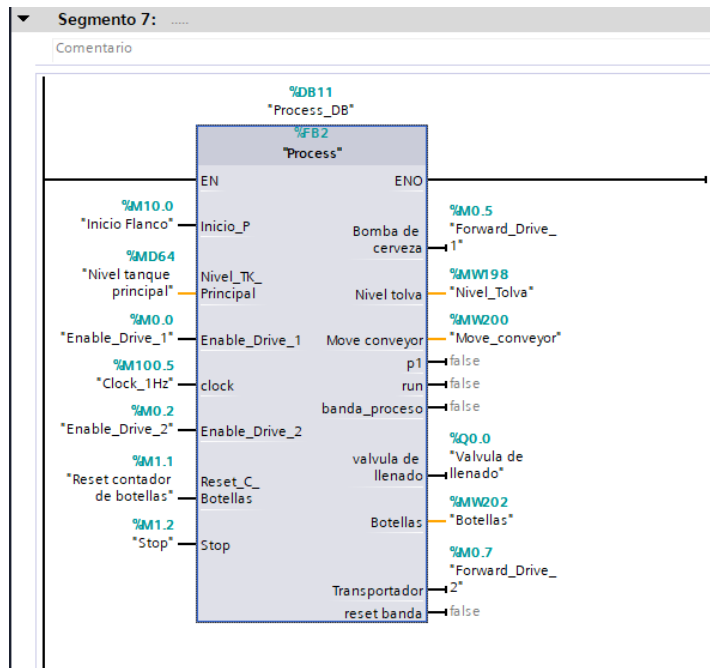


Figura 70. P5 Segmento 7

Como en todo proceso de llenado, se requiere un sensor que mida el nivel del tanque de cerveza. Todos estos datos son enviados al PLC principal.

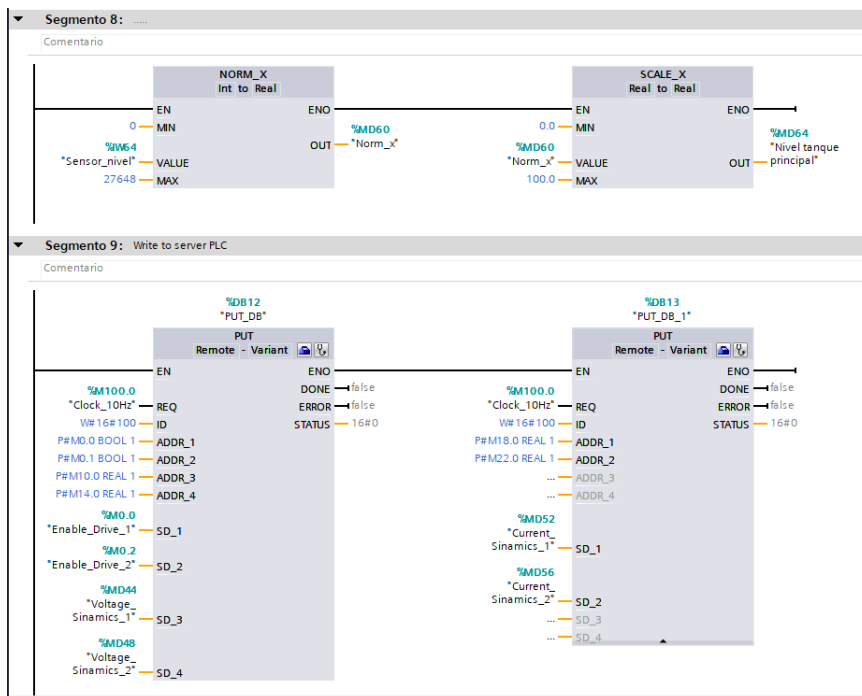


Figura 71. P5 Segmentos 8 y 9

En el bloque de función se utiliza una lógica de comparación para establecer que la tolva va a estar siempre llena. Su rango es de 0-10 y la bomba de cerveza arranca cuando el nivel desciende a 5

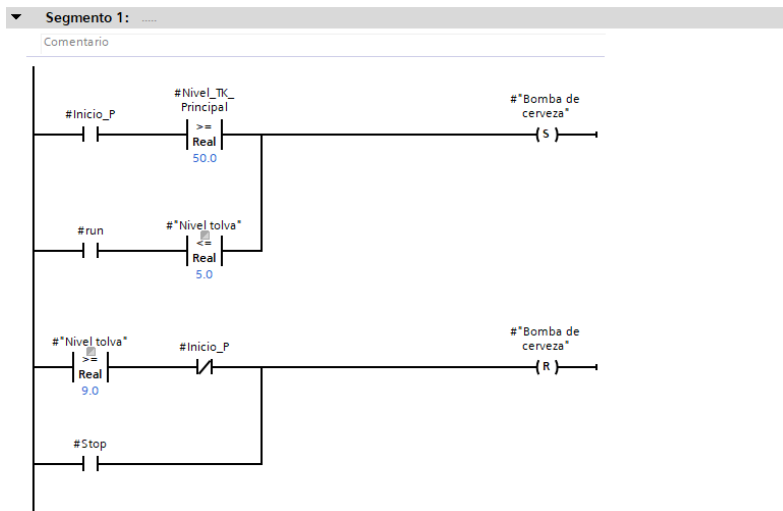


Figura 72. FB1 Segmento 1. Control de bomba de llenado de tolva

Para representar que la tolva se llena sola, se utiliza un contador ascendente descendente. Este se va vaciando con cada descarga que realiza dentro de cada botella.

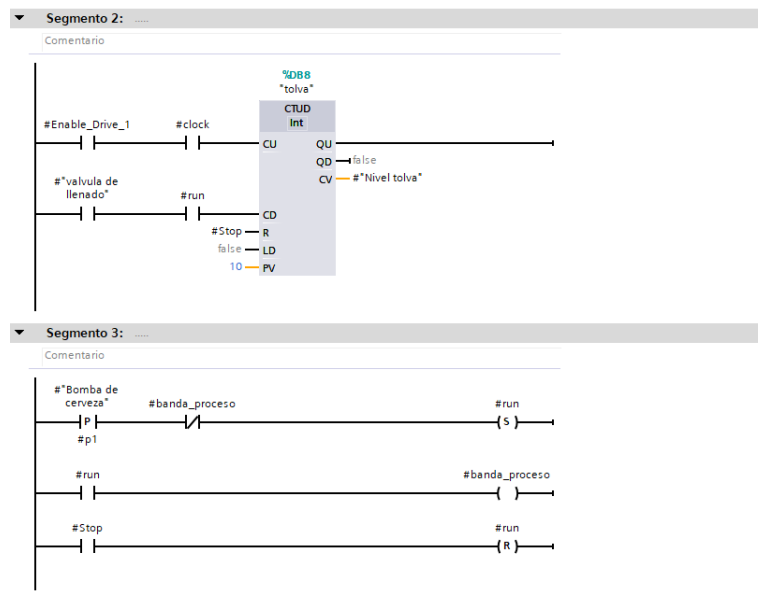


Figura 73. FB1 Segmentos 2 y 3

La animación de movimiento horizontal sobre la banda se hizo a través de un contador.

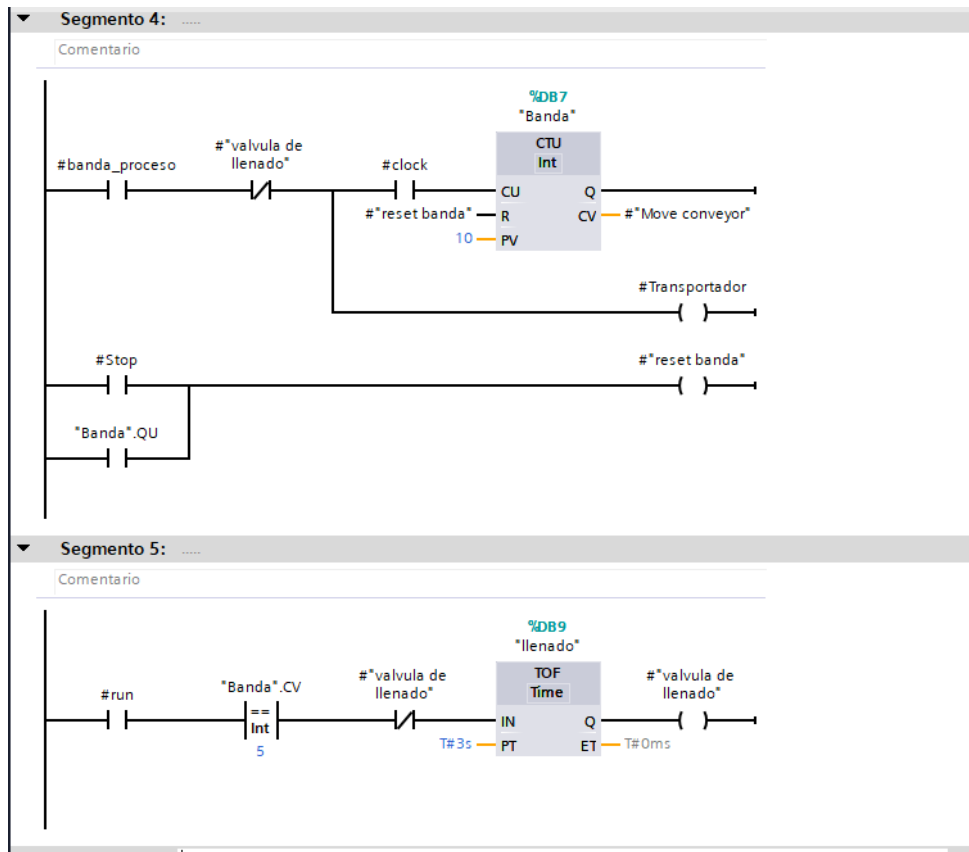


Figura 74. FB1 Segmentos 4 y 5

El tiempo de llenado de cada recipiente es de 5 segundos, según lo observado en una llenadora de cerveza artesanal.

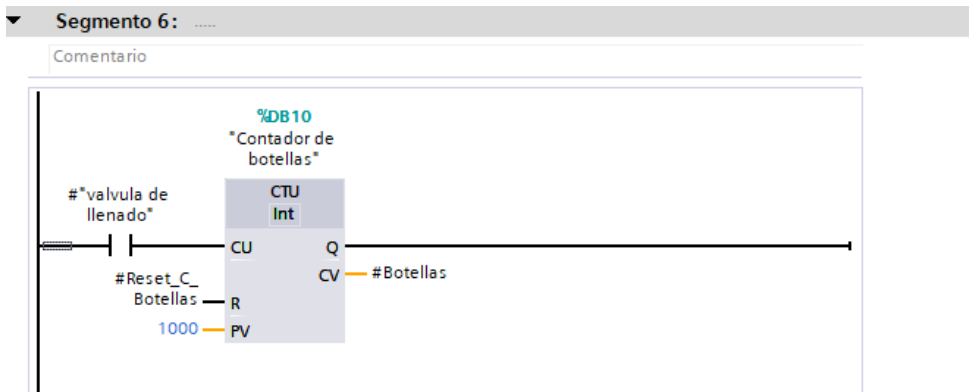


Figura 75. FB1 Segmento 6

El HMI representa el proceso con sus avisos funcionales, con el control para la operación y un contador de recipientes llenados.

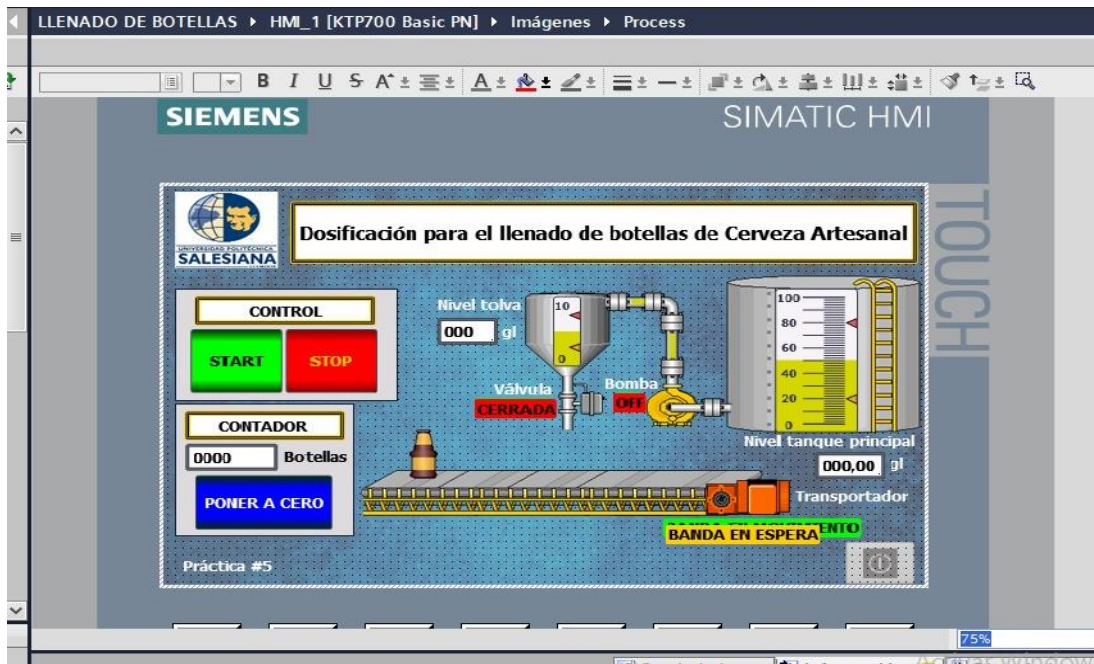


Figura 76. HMI P5

Los datos son enviados desde Node-RED hacia Ubidots para una visualización en tiempo real. Importante hay que recalcar que la versión gratuita de Ubidots no permite mayor cantidad de elementos gráficos, es bastante básico y únicamente se pueden crear 3 Dashboards.

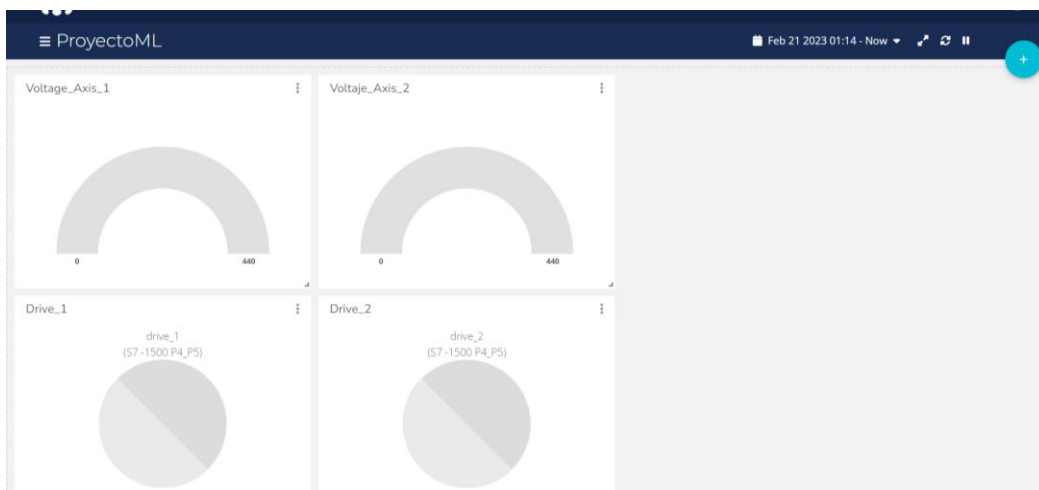


Figura 77. Dashboard P4 y P5