

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

Desarrollo de un Sistema Automatizado para el Despaletizado de Botellas de Vidrio
con Monitoreo y Control HMI para la Empresa SEOR S.A.

INGE-2637

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero en Electrónica y Automatización

Presentado por:

Ricardo Andres Romero Baldeon

Sevastian David Holguin Granda

Guayaquil - Ecuador

Año: 2024

Dedicatoria

A Dios, a toda mi familia que han sido un pilar fundamental durante toda esta bonita etapa de mi vida, gracias por siempre brindarme de su apoyo incondicional en los momentos difíciles, a mi querida Isabel Luna que siempre estuvo alentando mi proceso y hoy por hoy se ha vuelto un pilar fundamental en mi vida.

Y, al grupo Electrofrénicos, por compartir conmigo no solo conocimientos y desafíos, sino también risas y momentos inolvidables que han enriquecido esta experiencia. Este logro es tan mío como de ustedes. No habría llegado hasta aquí sin su presencia en mi vida.

Att: Ricardo Andres Romero Baldeon

A Dios por ser mi guía y fortaleza en cada paso de mi vida, siempre brindándome la luz necesaria para seguir adelante. A mis padres, Lupe Granda y Hugo Holguín, gracias por su amor incondicional, su apoyo incansable y sus palabras de aliento que me han dado el impulso para alcanzar cada meta que me he propuesto. Ustedes son y siempre serán mi mayor inspiración.

A mi querida Kaysi Guerrero, quien ha sido un pilar fundamental durante este recorrido universitario. Tu apoyo y compañía han significado más de lo que las palabras pueden expresar.

Y, al grupo Electrofrénicos, por compartir conmigo no solo conocimientos y desafíos, sino también risas y momentos inolvidables que han enriquecido esta experiencia.

Este logro es tan mío como de ustedes. No habría llegado hasta aquí sin su presencia en mi vida.

Con gratitud infinita,

Att. Sevastian Holguin Granda

Agradecimientos

Agradecidos infinitamente con la empresa que nos abrió las puertas para poder tomar este proyecto como parte de este curso, la empresa SEOR S.A., que prestó su ayuda y tiempo en la implementación de los ajustes necesarios para darle vida a la despaletizadora de botellas de vidrio.

Agradecer profundamente al estimado profesor MSC. Dennys Cortéz y de igual manera a nuestro tutor MSC. Damian Larco por su interés desde el minuto uno en el proyecto, muy agradecido por todo el compromiso y apoyo brindado a lo largo del periodo académico.

Att: Ricardo Andres Romero Baldeon y
Sevastian David Holguin Granda

Declaración Expresa

Nosotros Ricardo Andres Romero Baldeon y Sevastian David Holguin Granda acordamos y reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

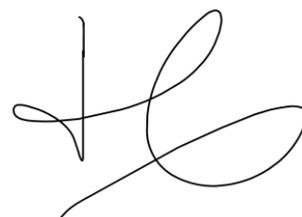
La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, lunes 14 de octubre del 2024.



Ricardo Andres Romero
Baldeon



Sevastian David Holguin
Granda

Evaluadores

Msc. Dennys Dick Cortez Alvarez

Profesor de Materia

Msc. Damian Alberto Larco Gomez

Tutor de proyecto

Abreviatura

PLC	Controlador lógico programable.
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral.
HMI	Interacción Hombre – Maquina.
DC	Direct Current.
VF	Variador de Frecuencia.
TIA	Totally Integrated Automation.

Simbología

F	Fuerza generada (en Newtons, N)
P	Presión de trabajo (en Pascales, Pa)
A	Área del pistón (en metros cuadrados, m ²).

Resumen

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal el desarrollo de un sistema automatizado para el despaletizado de botellas de vidrio, implementando un monitoreo y control a través de una interfaz HMI, destinado a optimizar los procesos productivos de la empresa SEOR S.A. El diseño del sistema se basa en el uso de un controlador Siemens S7-1200 1214 DC/DC/DC, que coordina las tareas de despaletizado y supervisa las operaciones mediante sensores y variadores de frecuencia GD10, garantizando un funcionamiento eficiente y seguro. La metodología seguida incluyó el análisis del flujo actual del proceso, el diseño eléctrico y mecánico del sistema, y la implementación del software en el controlador. Como resultado, se obtuvo un sistema capaz de incrementar la productividad en un 20 %, reducir los tiempos de operación y mejorar las condiciones de seguridad para los operarios. Este proyecto demuestra la viabilidad de incorporar tecnologías automatizadas en procesos industriales, contribuyendo al avance hacia la Industria 4.0 en el sector manufacturero.

Palabras clave: Automatización industrial, despaletizado, HMI, Siemens S7-1200, variadores de frecuencia, SEOR S.A., Industria 4.0.

Abstract

This research aims to develop an automated system for depalletizing glass bottles, implementing monitoring and control through an HMI interface to optimize production processes at SEOR S.A. The system design relies on a Siemens S7-1200 1214 DC/DC/DC controller, which coordinates the depalletizing tasks and supervises operations through sensors and GD10 frequency inverters, ensuring efficient and safe performance. The methodology involved analyzing the current process flow, designing the system's electrical and mechanical components, and implementing software on the controller. The results showed a system capable of increasing productivity by 20%, reducing operation times, and improving safety conditions for operators. This project demonstrates the feasibility of integrating automated technologies into industrial processes, contributing to the advancement towards Industry 4.0 in the manufacturing sector.

Keywords: Industrial automation, depalletizing, HMI, Siemens S7-1200, frequency inverters, SEOR S.A., Industry 4.0.

INDICE

Capítulo 1	1
1. Introducción	1
1.1. Descripción del Problema	2
1.2. Justificación del Problema	2
1.3. Objetivos	3
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	3
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	3
1.4. Marco teórico	4
Capítulo 2	10
2. Metodología	10
2.1. Requerimientos	10
2.2. Diseño del sistema	10
2.2.1. Sistema neumático	21
2.2.2. Sistema Eléctrico.....	22
2.3. Programación y pruebas en modo manual	23
2.4. Integración del HMI.....	24
Capítulo 3	25
3. Análisis y resultados	25
3.1. Análisis de componentes eléctricos	26
3.2. Análisis de componentes neumáticos.....	29
3.3. Pruebas de la programación en modo Manual	34
3.4. Diseño y pruebas del monitoreo en el HMI	41
3.5. Pruebas Modo Automático.....	46
3.6. Tabla de variables del PLC	53
3.7. Análisis financiero	55
4. Capítulo 4	56
4.1. Conclusiones	56
4.2. Recomendaciones	58
5. Apéndice	59
5.1. Diseño de los planos mecánicos	59
5.2. Diseño de los planos eléctricos	86
5.3. Programación	110
5.4. Manual de Operaciones.....	140
6. Bibliografía	140

Tabla de Ilustraciones

Ilustración 1. Sección 2.....	12
Ilustración 2. Sección 3.....	12
Ilustración 3. Sección 4.....	12
Ilustración 4. Sección 5.....	13
Ilustración 5. Sección 6.....	13
Ilustración 6. Sección 7.....	14
Ilustración 7. Sección 8.....	14
Ilustración 8. Sección 9.....	15
Ilustración 9. Tablero Eléctrico.....	15
Ilustración 10. Breaker Principal.....	16
Ilustración 11. Breaker de Alimentación 220 VAC.....	16
Ilustración 12. Transformador de 220 VAC a 440 VAC.....	17
Ilustración 13. Transformador de 440 VAC a 220 VAC.....	17
Ilustración 14. Fuente de Alimentación de 24 VDC.....	18
Ilustración 15. Relé Electromecánico.....	18
Ilustración 16. Relé de Estado Sólido.....	19
Ilustración 17. S7-1200 1214C DC/DC/DC.....	19
Ilustración 18. Variador de Frecuencia.....	20
Ilustración 19. HMI KTP400 Basic Panel.....	20
Ilustración 20. Unidad de Mantenimiento.....	21
Ilustración 21. Electrovalvula biestable.....	21
Ilustración 22. Piston electroneumatico.....	21
Ilustración 23. Breaker de dos polos.....	22
Ilustración 24. Tranformador elevador 220/480 VAC.....	23
Ilustración 25. Transformador reductor 220/110 VAC.....	23
Ilustración 26. Programación de HMI en Tia Portal.....	25
Ilustración 276. Sistema de control para modulación SVPWM.....	28
Ilustración 28. Tabla de ampacidad segun el calibre del cable.....	29
Ilustración 29. Final de carrera para Límite en la Zona de Carga.....	31
Ilustración 30. Final de carrera para Límite en la Zona de Descarga.....	32
Ilustración 31. Final de carrera en el límite superior (4 m de altura).....	32
Ilustración 32. Final de carrera en el límite inferior.....	33
Ilustración 33. Sensor Mecánico, presencia Pallet para cerrar prensa de móvil para transferir botellas a zona de descarga.....	33
Ilustración 34. Sensor Inductivo para presencia de posición central de Carro Transferidor de Botellas.....	34
Ilustración 35. Paro de emergencia.....	35
Ilustración 36. Arranque de Sistema en modo manual.....	35
Ilustración 37. Bloque de función MODO MANUAL.....	36
Ilustración 38. Arranque directo motor transferidor - giro derecha.....	36
Ilustración 39. Arranque directo motor transferidor - giro izquierda.....	37
Ilustración 40. Arranque directo motor tansferidor - Despaletizador (Sube).....	37

Ilustración 41. Arranque directo motor transferidor - Despaletizador (Baja)	38
Ilustración 42. Arranque directo Motor 3 - Descarga de botellas	39
Ilustración 43. Accionamiento Cilindros - Prensa Móvil y Prensa Pallet de Botellas (1.1/3.1)	40
Ilustración 44. Portada principal	41
Ilustración 45. Diseño de botoneras en el HMI para el modo manual.....	42
Ilustración 46. Diseño del modo automático	42
Ilustración 47. Diseño del modo automático - PARAMETROS	43
Ilustración 48. Actualizacion del diseño en modo automatico	44
Ilustración 49. Confirmacion de calibracion de sensor de presencia de pallet de botellas.	46
Ilustración 50. Selección de Botellas para la regulación de Sensor de Presencia de Pallet de Botellas.	47
Ilustración 51. Pre-confirmacion de ciclo automatico.	47
Ilustración 52. Ciclo de despaletizado y reciclo de etapas.....	48
Ilustración 53. Total de botellas.	48
Ilustración 54. Ciclo automatico - Etapa 1.....	49
Ilustración 55. Ciclo automatico -Etapa 2.....	49
Ilustración 56. Ciclo automatico - Etapa 3.....	50
Ilustración 57. Ciclo Automatico Etapa 4.	50
Ilustración 58. Ciclo Automatico Parte 5 - 1/2	51
Ilustración 59. Ciclo Automatco Parte 5- 2 / 2.....	52
Ilustración 60 Ciclo Automatico 6	52
Ilustración 61. Tabla de variables PLC 1/3	53
Ilustración 62. Tablero de variables PLC 2/3.....	54
Ilustración 63. Tabla de variables PLC 3/3	54

Índice de Tablas

Tabla 1. Listado de precios de los componentes eléctricos y electrónicos del tablero	55
--	----

Capítulo 1

1. Introducción

En las industrias que manipulan productos frágiles, como las botellas de vidrio, el proceso de despaletizado es esencial para garantizar la eficiencia y seguridad de las líneas de producción. Actualmente, en

muchos entornos, el despaletizado de pacas de botellas de vidrio sigue siendo manual o semiautomático, lo cual conlleva desafíos significativos en términos de productividad, seguridad y consistencia en la operación. Estas limitaciones impactan en la fluidez de la cadena de suministro, ya que los procesos manuales son susceptibles a errores, desgaste físico del personal y tiempos prolongados de operación, factores que afectan tanto el rendimiento como los costos de producción.

La implementación de un sistema automatizado de despaletizado, equipado con una Interfaz Hombre-Máquina (HMI), representa una solución viable para optimizar estos procesos críticos en la industria del vidrio. Mediante la automatización, el proyecto propuesto busca mejorar la precisión, velocidad y seguridad del despaletizado, permitiendo un flujo continuo de materiales en la cadena de suministro. Un sistema HMI permitirá no solo el control de las máquinas involucradas en el despaletizado, sino también el monitoreo en tiempo real del proceso, facilitando la identificación temprana de posibles fallos y reduciendo la intervención humana. Así, se disminuyen errores, se optimizan los tiempos de producción y se reduce la tasa de productos dañados.

El desarrollo de este proyecto responde a la necesidad de adaptar los procesos de despaletizado a los estándares modernos de la automatización industrial. Con ello, se pretende minimizar los costos operativos asociados a la mano de obra, errores y desperdicios, incrementando la productividad y ofreciendo un retorno de inversión

positivo en el largo plazo. El proyecto se centrará en tres pilares clave para la mejora: velocidad, precisión y consistencia.

La velocidad se logrará mediante la utilización de sistemas automatizados que operan a una mayor rapidez que los métodos manuales, permitiendo un flujo de materiales continuo hacia la línea de producción. La precisión se alcanzará a través de tecnologías avanzadas, como la visión artificial y los algoritmos de control, que permiten una manipulación cuidadosa y segura de las botellas de vidrio. Por último, la consistencia del proceso reducirá la variabilidad en la calidad del despaletizado, asegurando que todos los productos sean tratados uniformemente.

1.1. Descripción del Problema

En las líneas de producción donde se manipulan pacas de botellas de vidrio, el proceso de despaletizado es crítico para mantener la fluidez de la cadena de suministro. Sin embargo, la ejecución de este proceso de manera manual o semiautomática presenta diversos inconvenientes que impactan negativamente en la productividad, seguridad y consistencia operativa.

1.2. Justificación del Problema

La automatización del despaletizado de pacas de botellas de vidrio con un sistema HMI mejorará la precisión, eficiencia y control del proceso. Permitirá el monitoreo en tiempo real, reduciendo fallos y errores humanos, lo que asegura una operación más consistente y segura, cumpliendo con los estándares industriales modernos, además automatizar el proceso reducirá los costos operativos relacionados con mano de obra, errores y desperdicios, dado que, al optimizar los tiempos de producción y disminuir pérdidas por roturas, el proyecto incrementará la productividad, ofreciendo un retorno de inversión positivo a largo plazo.

1.3. Objetivos

1.3.1. *Objetivo general*

Automatizar el proceso de despaletizado de pacas de botellas de vidrio mediante la implementación de un sistema HMI, para optimizar la eficiencia, seguridad y control en la operación.

1.3.2. *Objetivos específicos*

- 1.- Elaborar el tablero eléctrico que permita el control adecuado de los equipos involucrados en el sistema de despaletizado, garantizando el correcto funcionamiento y seguridad de la instalación.
- 2.- Programar el PLC (Controlador Lógico Programable) encargado de toda la gestión de señales y secuencias del proceso de despaletizado, optimizando el ciclo de operación de la máquina y asegurando una respuesta eficiente y segura ante diferentes condiciones de trabajo.
- 3.- Implementar una interfaz HMI para supervisión y control de la operación, permitiendo el monitoreo en tiempo real del estado del proceso, la visualización de alarmas y el ajuste de parámetros operativos.
- 4.- Realizar la puesta en marcha del sistema automatizado, asegurando el correcto funcionamiento de todos los componentes, la integración de los sistemas de control, y verificando el cumplimiento de los requisitos de producción en condiciones reales de operación.

1.4. Marco teórico

El despaletizado es el proceso de retirar productos, como botellas de vidrio, de una paleta para transferirlas a la línea de producción. En industrias de alto volumen, este proceso suele ser automatizado para aumentar la eficiencia, mejorar la seguridad y reducir errores. Su importancia radica en que agiliza la producción, minimiza los riesgos laborales y reduce costos operativos, ya que los sistemas automáticos pueden manipular de forma precisa y rápida botellas frágiles, adaptándose a diferentes tamaños sin necesidad de intervención manual. Esto resulta clave para optimizar el flujo de trabajo en la industria del vidrio. El proceso de despaletizado ha evolucionado en paralelo con el desarrollo de las técnicas de manipulación y transporte de mercancías. En sus inicios, el despaletizado era completamente manual, y los operarios retiraban productos de los palés uno por uno, lo que implicaba un trabajo físico intenso, lento y con un alto riesgo de errores o accidentes, especialmente en industrias donde se manejan productos frágiles como botellas de vidrio. [1]

Con el avance de la revolución industrial y el aumento en la demanda de producción masiva, surgieron las primeras máquinas semiautomáticas de manipulación de materiales. En las décadas de 1960 y 1970, la evolución tecnológica de las máquinas-herramienta se ha basado en el binomio herramienta-máquina. Durante siglos, la herramienta fue la prolongación de la mano del hombre hasta la aparición de las primeras máquinas rudimentarias que ayudaron en su utilización. Aunque en la antigüedad no existieron máquinas-herramienta propiamente dichas; sin embargo, aparecieron dos esbozos de máquinas para realizar operaciones de torneado y taladrado. [2]

A partir de los años 80 y 90, con la llegada de la automatización industrial y los sistemas robóticos, el despaletizado comenzó a transformarse. Se desarrollaron máquinas especializadas para manipular distintos tipos de productos, incluidas las botellas de

vidrio, que requerían un manejo preciso y delicado. Los sistemas robóticos permitieron mayor velocidad, precisión y seguridad, reduciendo considerablemente la intervención humana.

En las últimas décadas, el despaletizado ha seguido avanzando con la integración de tecnologías de visión artificial, sensores y sistemas de control avanzados mejorando la eficiencia al operar de forma continua, reduciendo costos laborales y errores humanos. Incrementa la seguridad al minimizar riesgos para los trabajadores y disminuye el daño a productos frágiles, como las botellas de vidrio. Además, ofrece consistencia y precisión en el manejo de los materiales [3], es adaptable a diferentes formatos de productos y permite una escalabilidad fácil para aumentar la producción conforme crece la demanda.

La automatización industrial utiliza tecnologías como robots y sistemas de control para realizar tareas sin intervención humana, con el objetivo de mejorar la eficiencia, aumentar la productividad, y reducir costos. También garantiza mayor calidad y seguridad en los procesos. Se aplica en diversas áreas como el ensamblaje, control de calidad, manejo de materiales, y envasado. En el despaletizado, permite que robots manipulen productos de forma precisa y rápida, asegurando un flujo de producción continuo y sin errores, reduciendo el daño a materiales frágiles y optimizando recursos.

Con respecto a las herramientas que se usará para la implementación de este proyecto será un HMI (Interfaz Hombre-Máquina) que es un sistema que facilita la interacción entre los operadores humanos y las máquinas o sistemas automatizados, utilizando herramientas como pantallas táctiles, botones y gráficos. Su importancia radica en que permite el control y la supervisión de procesos industriales en tiempo real, facilitando la toma de decisiones informadas. Además, una HMI bien diseñada es intuitiva, lo que permite a los operadores interactuar con el sistema sin necesidad de formación extensa. [4]

Las HMI's también notifican sobre alarmas y errores, lo que permite a los operadores reaccionar rápidamente ante problemas, ayudando a prevenir fallas mayores. Asimismo, pueden recopilar y analizar datos de operación, lo que contribuye a la optimización de procesos y la planificación del mantenimiento. La personalización de las interfaces permite adaptar la información y los controles a las necesidades específicas de cada operación.

Facilitan la interacción entre los operadores y los sistemas mediante la visualización clara de información, controles simplificados y accesibilidad a datos relevantes. Esto reduce el tiempo de respuesta ante cambios necesarios y proporciona una base sólida para ajustes informados. Además, suelen incluir tutoriales y guías interactivas que apoyan la capacitación de nuevos operadores, mejorando así la eficiencia operativa, la seguridad y la calidad del trabajo realizado. Los principales componentes de una HMI (Interfaz Hombre-Máquina) son esenciales para facilitar la interacción entre los operadores y los sistemas automatizados:

- Pantallas táctiles: Permiten la interacción directa mediante toques y gestos, mostrando gráficos y datos en tiempo real para una experiencia intuitiva.
- Paneles de control: Incluyen botones, interruptores y luces indicadoras que permiten ajustes manuales y el control de funciones específicas de la máquina.
- Software de visualización: Procesa y presenta la información, permitiendo la creación de gráficos y la gestión de alarmas, además de facilitar la comunicación con dispositivos de control.
- Gráficos y representaciones visuales: Ayudan a visualizar datos, utilizando diagramas de flujo y gráficos de rendimiento para que los operadores comprendan rápidamente el estado del proceso.

- Sensores y dispositivos de entrada: Recopilan datos sobre el funcionamiento de la máquina y envían esta información a la HMI para su visualización y control.
- Alarmas y notificaciones: Informan a los operadores sobre condiciones anormales o errores mediante alertas visuales o sonoras, contribuyendo a la seguridad.
- Comunicación y protocolos de red: Facilitan la conexión entre la HMI y otros dispositivos de control mediante protocolos como Modbus o Ethernet/IP.
- Dispositivos de salida: Incluyen impresoras y sistemas de registro para documentar el funcionamiento del proceso, además de monitores que proyectan información en tiempo real.

Para el apartado de monitoreo en tiempo real a través de una HMI (Interfaz Hombre-Máquina) ofrece importantes ventajas que mejoran la eficiencia y seguridad en los procesos industriales. En primer lugar, permite la prevención de errores, ya que los operadores pueden identificar problemas potenciales antes de que se conviertan en fallas graves, lo que facilita la toma de decisiones rápidas y correctivas.

Además, este tipo de monitoreo optimiza la operación al permitir ajustes instantáneos en los parámetros de funcionamiento, lo que resulta en una mayor eficiencia energética y un uso más efectivo de los recursos. También proporciona datos constantes sobre el proceso, lo que permite un análisis más profundo y ayuda en la planificación del mantenimiento y en la toma de decisiones estratégicas. [5]

La capacidad de monitorear continuamente el proceso contribuye a la mejora de la calidad del producto, al facilitar la detección y corrección inmediata de desviaciones. Asimismo, el monitoreo en tiempo real aumenta la seguridad laboral al alertar sobre condiciones anormales o peligrosas, minimizando riesgos para el personal y la maquinaria. Por último, los datos recopilados permiten realizar análisis históricos para identificar tendencias y patrones, facilitando la mejora continua en los procesos. Estas

ventajas convierten el monitoreo en tiempo real en una herramienta esencial en la automatización industrial dentro de este proyecto.

La automatización del despaletizado dentro de este proyecto sin duda incrementa las expectativas del desarrollo continuo de los procesos dentro de la empresa, enfocándose en 3 pilares fundamentales de mejora: velocidad, precisión y consistencia. Los sistemas de despaletizado funcionen a una velocidad mucho mayor que el trabajo manual. Los robots y las máquinas automatizadas pueden retirar productos de los palés de manera continua y rápida, lo que acelera el flujo de materiales hacia la línea de producción. La precisión en el despaletizado al utilizar tecnología avanzada como visión artificial y algoritmos de control. Estas tecnologías permiten a los sistemas identificar y manejar productos con cuidado, minimizando el riesgo de daño o rotura, lo cual es crítico en el caso de botellas de vidrio. Mientras que el trabajo manual puede verse afectado por la fatiga, variaciones en la habilidad del operario o condiciones ambientales, los sistemas automatizados operan bajo parámetros estandarizados. Esto asegura que cada ciclo de despaletizado se realice de la misma manera, reduciendo la variabilidad en el proceso y asegurando que todos los productos sean tratados de manera uniforme. La consistencia también contribuye a una mejor calidad en el producto final y a un mayor cumplimiento de los estándares de la industria. Por lo tanto, este sistema que se implementara durante la planificación será para que las líneas de producción donde se manipulan pacas de botellas de vidrio, el proceso de despaletizado deje de ser crítico y pueda mantener la fluidez de la cadena de suministro. No obstante, actualmente la ejecución de este proceso de manera manual o semiautomática presenta diversos inconvenientes que impactan negativamente en la productividad, seguridad y consistencia operativa. [6]

Para el desarrollo del sistema automatizado de despaletizado de botellas de vidrio, se utilizará el controlador Siemens S7-1200 modelo 1214 DC/DC/DC, un PLC compacto

y robusto ideal para automatización de complejidad baja y media, con entradas y salidas digitales en corriente directa. Este controlador permite una rápida capacidad de procesamiento y conexiones de comunicación como Profinet, lo que facilita su integración con otros dispositivos. Además, se empleará el entorno de ingeniería TIA Portal para la programación y configuración del sistema, junto con WinCC para la creación de la interfaz HMI, la cual permitirá el monitoreo y control en tiempo real del proceso. [7] La integración de estos componentes garantizará un sistema confiable y eficiente, optimizando los tiempos de desarrollo y brindando herramientas avanzadas de simulación y diagnóstico.

Para el control de velocidad de los motores en el sistema de despaletizado, se utilizarán variadores de frecuencia GD10. Estos dispositivos permiten ajustar la velocidad de operación de los motores en función de los requerimientos específicos del proceso, optimizando así el consumo energético y mejorando la precisión en el control. Los GD10 ofrecen facilidad de configuración y estabilidad en el control de frecuencia, además de funciones de protección para evitar sobrecargas y fallos en el sistema. [8] Esto contribuye a una operación segura y eficiente, adaptándose a las exigencias de un entorno industrial automatizado.

Capítulo 2

2. Metodología

2.1. Requerimientos

En esta etapa inicial, se realiza un análisis exhaustivo de los requerimientos técnicos y funcionales necesarios para el sistema automatizado de despaletizado de botellas de vidrio. El objetivo principal es definir las especificaciones que garanticen el correcto funcionamiento del proceso, tomando en cuenta el tamaño y peso de las botellas, así como la velocidad de procesamiento deseada como también la posición de cada estructura que realizara su función en base a la programación según los límites requeridos dentro del área de ejecución. Además, se evalúan las características de los equipos principales del sistema, como el controlador Siemens S7-1200, el variador de frecuencia INVT GOODRIVE 10 asegurando que sus capacidades y velocidades sean suficientes para cubrir las necesidades del proceso. Esta fase incluye consultas con los futuros usuarios del sistema, tales como operadores y técnicos de SEOR S.A., para entender mejor sus expectativas en cuanto al monitoreo y control, lo cual permitirá que el sistema final sea amigable y efectivo para sus actividades diarias.

2.2. Diseño del sistema

En el diseño del sistema se desarrollan los modelos conceptuales y técnicos necesarios para la implementación del sistema de automatización. Inicialmente, se elabora un diagrama de bloques que muestra el flujo de trabajo y la interacción entre el controlador, sensores, actuadores y variadores. A continuación, se lleva a cabo el diseño del HMI (Interfaz Hombre-Máquina), que permitirá a los operadores monitorear y controlar el proceso. Este diseño debe incluir visualizaciones claras de los datos clave del sistema, como el estado de los sensores, velocidades de los motores y cualquier alerta que pueda surgir. Finalmente, se crean los esquemas eléctricos que detallan la conexión entre

el controlador y los variadores de frecuencia, asegurando que todo el sistema esté preparado para su posterior montaje y programación.

Para el diseño del sistema y la estructura mecánica a automatizar, se separó cada etapa en 3 diferentes zonas con sus respectivas etapas, para poder desglosar de mejor manera el funcionamiento de la maquinaria y así una mejor comprensión en el proceso de automatización.

Las 3 principales zonas de la maquinaria son las siguientes:

- Zona de Carga
- Zona de Descarga
- Zona Eléctrica/Electrónica

Para las diferentes zonas de la maquinaria, se desarrolló una planificación y descripción por etapas, para así poder automatizar de una manera eficiente y con un orden bastante profesional, manteniendo la estructura que esto conlleva, a continuación, se describen las etapas que contienen cada zona de la maquinaria.

Zona de Carga:

- Sección 1: Carro Transferidor de Botellas.



Ilustración 1. Sección 1

- Sección 2: Prensa de Pallet de Botellas (Prensa de Seguridad).



Ilustración 2. Sección 2

- Sección 3: Prensa Móvil.



Ilustración 3. Sección 3

- Sección 4: Electroválvula Biestable.



Ilustración 4. Sección 4

- Sección 5: Cilindros de Accionamiento para las Prensas.



Ilustración 5. Sección 5

Zona de Descarga:

- Sección 6: Flujo de Aire para el Accionamiento de la Electroválvula.



Ilustración 6. Sección 6

- Sección 7: Bloque Transferidor de Botellas.



Ilustración 7. Sección 7

- Sección 8: Elevador de Carro Transferidor.



Ilustración 8. Sección 8

- Sección 9: Descarga de Botellas por Banda Transportadora.



Ilustración 9. Sección 9

Zona Eléctrica/Electrónica:

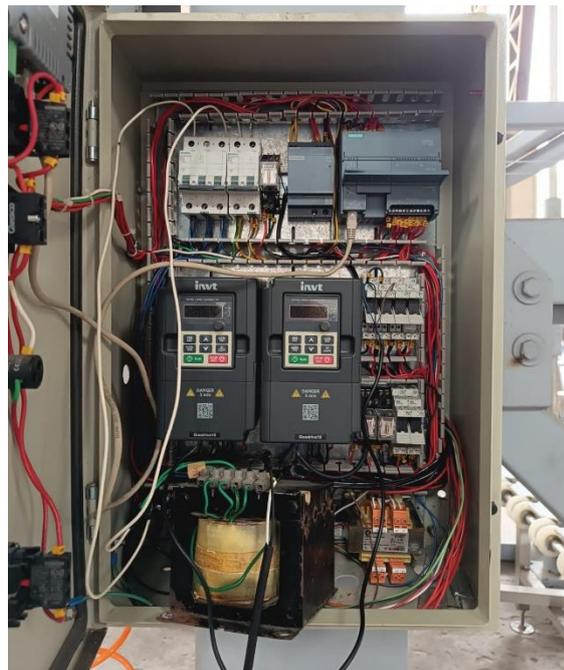


Ilustración 10. Tablero Eléctrico

- Sección 10: Etapa de Fuerza.
 - Breaker Principal: 3 Polos de 32 A.



Ilustración 11. Breaker Principal

- Breaker de Alimentación 220VAC: 2 Polos de 10 A.



Ilustración 12. Breaker de Alimentación 220 VAC

- Transformador de 220 VAC a 440 VAC.



Ilustración 13. Transformador de 220 VAC a 440 VAC

- Transformador de 440 VAC a 220 VAC.



Ilustración 14. Transformador de 440 VAC a 220 VAC

- Fuente de Alimentación de 24 VDC.



Ilustración 15. Fuente de Alimentación de 24 VDC

- Sección 11: Etapa de Control.
 - Relé Electromecánico de 8 Pines con Bobina de 24 VDC.



Ilustración 16. Relé Electromecánico

- Relé de Estado Sólido de 5 Pines con Bobina de 24 VDC.



Ilustración 17. Relé de Estado Sólido

- PLC S7-1200 1214C DC/DC/DC.



Ilustración 18. S7-1200 1214C DC/DC/DC

- Variador de Frecuencia INVT GOODRIVE 10.



Ilustración 19. Variador de Frecuencia

- HMI KPT400 BASIC PANEL



Ilustración 20. HMI KPT400 Basic Panel

2.2.1. Sistema neumático

En este apartado se detalla los componentes neumáticos que se usan dentro de la maquina y el control automático del accionamiento.



Ilustración 21. Unidad de Mantenimiento.

La electroválvula biestable se encarga de direccionar, controlar el flujo de aire en dos estados claves que es para el arrastre del pallet y para asegurar el pallet siguiente por mayor estabilidad.



Ilustración 22. Electroválvula biestable

Para el accionamiento de los pistones su ubicación se decidió estar en los extremos para el ajuste del pallet, se acciona desde el tablero de control de la salida del controlador.



Ilustración 23. Pistón electroneumático

Un pistón electroneumático es un actuador que combina la tecnología neumática con componentes eléctricos o electrónicos para controlar su funcionamiento. Estos dispositivos se utilizan comúnmente en sistemas industriales para mover cargas, realizar acciones repetitivas o precisas, y automatizar procesos.

2.2.2. Sistema Eléctrico

2.2.2.1. Sistema de fuerza

El sistema de fuerza se compone de varios de fuerzas y niveles de voltajes los cuales usamos ciertos componentes que nos permitirán proteger y distribuir los niveles de tensión necesarios para la alimentación de los componentes que interactúan en la parte de control.



Ilustración 24. Breaker de dos polos

Este componente de protección me permite proteger ante corrientes o picos de corrientes superiores a las limitaciones que tiene el sistema en general, se cuenta con breaker de 2 polos y unipolar con diferentes valores de corrientes según la aplicación que se requiera.



Ilustración 25. Transformador elevador 220/480 VAC

Este transformador elevador nos permite transmitir un nivel de voltaje mas alto para la alimentación de los variadores de frecuencia.



Ilustración 26. Transformador reductor 220/110 VAC

Este transformador elevador nos permite alimentar ciertos componentes del tablero como luminaria, selectores, pulsadores, etc.

2.3. Programación y pruebas en modo manual

En esta fase, se programa el controlador Siemens S7-1200 para gestionar todas las actividades involucradas en el proceso de despaletizado. Mediante el uso de TIA Portal, se desarrolla el software que controla el movimiento de los actuadores y responde a las señales de los sensores, asegurando que el flujo de trabajo sea eficiente y seguro.

Además, los variadores de frecuencia GD10 se configuran para ajustar la velocidad de los motores, permitiendo adaptaciones según las características de las botellas o condiciones operativas. La programación incluye la implementación de medidas de seguridad, como sistemas de parada de emergencia y bloqueos, que protegen tanto al equipo como a los operadores en caso de que ocurra alguna irregularidad.

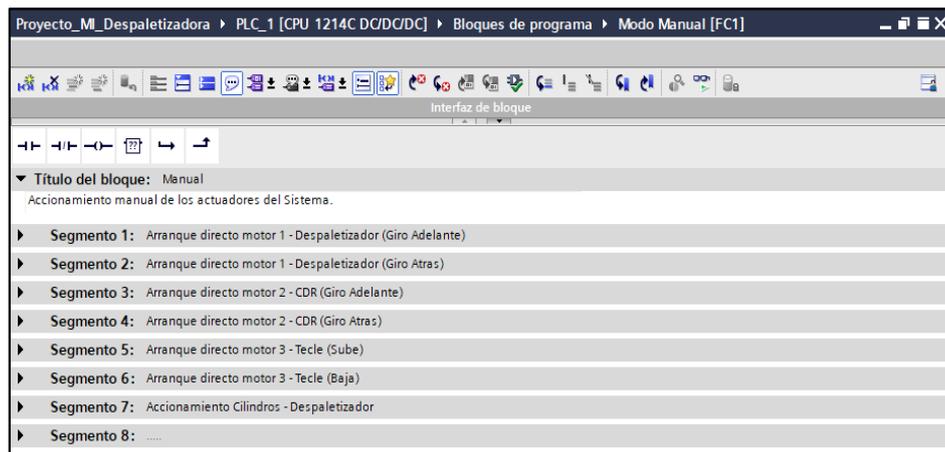


Ilustración 27. Programación de Modo Manual en Tia Portal V18

2.4. Integración del HMI

Esta fase se enfoca en la implementación del HMI, la interfaz que permitirá a los operadores de SEOR S.A. controlar y monitorear el sistema en tiempo real. Se configura una interfaz visual, accesible mediante una pantalla táctil o computadora, que muestra información clave sobre el estado de los procesos. Las pantallas de control del HMI incluyen gráficos que reflejan datos como la velocidad de los motores, el estado de los sensores y cualquier alarma que pueda surgir. Se llevan a cabo pruebas exhaustivas para verificar que la interfaz sea intuitiva, receptiva y que cumpla con los requisitos de usabilidad, facilitando así el trabajo de los operadores.

Todo el apartado visual, se lo implementa en el programa TIA PORTAL, donde se encuentra embebido WINCC que es la interfaz perteneciente de Siemens para la

programación de pantallas HMI, desde modelos basic panel, hasta modelos comfort panel, para este caso en particular se programó el modelo KPT400 BASIC PANEL.

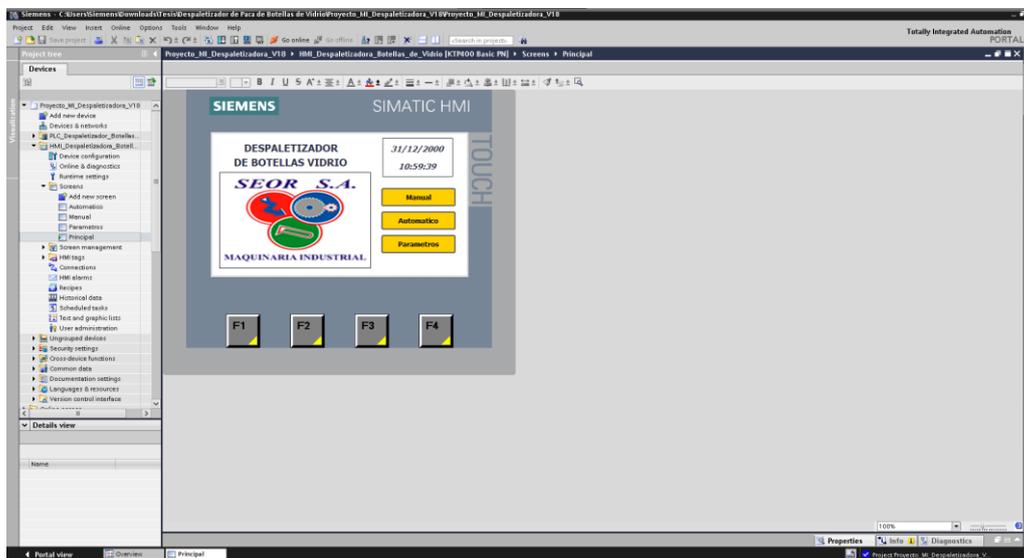


Ilustración 28. Programación de HMI en Tia Portal

Capítulo 3

3. Análisis y resultados

En este apartado se evaluará a detalle el procedimiento de la programación, implementación y puesta en marcha de las pruebas ejecutadas durante los modos manuales y automáticos. Adicionalmente se hay que destacar los datos técnicos de la selección de cada componente por ende se detallará los cálculos matemáticos.

Cabe destacar que estas pruebas y cálculos se ejecutan según lo solicitado por parte del contratista, y en función del requerimiento que decida se diseñan varios modelos donde se identifica a prueba y error los procesos que realiza la maquina despaletizadora para conseguir con eficacia el despacho en un tiempo ideal y seguro. Para empezar con la explicación se divide en dos segmentos, pruebas en modo manual y automático.

3.1. Análisis de componentes eléctricos

Empezando con la protección principal pues se usa un breaker de 3 polos trifásico con una corriente de 32 A. Esta corriente es calculada debido a la demanda de carga que ejecutara los motores por al momento de su funcionamiento e incluso su arranque.

Este valor de demanda de corriente parte de la suma de cargas en general de la máquina para poder suplir una protección correcta si mandar ningún fallo por sobre corrientes. La fórmula para el cálculo de la corriente máxima (arranque) es la siguiente:

$$I_{motor} = \frac{S_{arranque}}{V} = \frac{1120}{440} = 2.58 [A] \quad (3.1)$$

Cabe mencionar que la alimentación es a 440 debido a que el variador de frecuencia es alimentado a ese voltaje, por lo tanto, se utiliza un transformador elevador 220 a 440 trifásico.

Dentro de la maquina en general, consta de 3 motores trabajando en simultáneo, motor de la banda transportadora, carro transferidor y tecele para subir y bajar el carro transferidor, para realizar los movimientos de la estructura en 4 direcciones simultáneamente.

La carga incrementa asumiendo que los motores arrancan en el mismo tiempo para posicionar la ubicación en un punto en específico (x,y) y en simultaneo el motor de la banda transportadora, pues la corriente total sería:

$$I_{general\ motores} = 3 * I_{motor} * 1.25 = 9.67 [A] \quad (3.1)$$

El factor multiplicativo de 1.25 es solo para aumentar la seguridad dentro de las protecciones del equipo.

Adicionalmente se tiene protección a la fuente de alimentación LOGO POWER que alimenta al PLC-1200 DC/DC/DC que es un breaker de 2 polos de 10 A teniendo en cuenta que el consumo no es tan alto debido que son dos equipos donde la carga no supera más de 1 A, por lo tanto, también para energizar el LOGO POWER se necesita de

un transformador cuyo caso reductor de 440V a 220V. Adicionalmente la alimentación de la pantalla HMI también viene mediante la fuente de alimentación LOGO POWER.

En el apartado del control para accionamiento de señales desde el PLC se usan 3 relés de 8 pines energizados a 220 y 6 relés electromecánicos, todos controlan a 24 V.

Como es de conocimiento, el variador de frecuencia de la marca GD10 para controlar los motores involucrados en el proceso de despaletizado. Este dispositivo se configura ajustando parámetros esenciales como la frecuencia base, velocidad mínima y máxima, rampas de aceleración y desaceleración, así como los límites de torque según los requerimientos del sistema. Estas configuraciones garantizaron un control preciso y seguro de los actuadores eléctricos durante las operaciones del sistema automatizado.

El variador de frecuencia GD10 se integró al sistema mediante su conexión con el controlador Siemens S7-1200, utilizando señales digitales y analógicas. Este vínculo permitió que el variador respondiera eficientemente a las órdenes generadas por el PLC y, a su vez, facilitó el monitoreo y control del proceso a través de la interfaz HMI. Esto aseguró una operación sincronizada y sin interrupciones debido a que usa modulación SVPWM que permite tener mayor control y sincronismo al momento del control de velocidad y sentidos de giro.

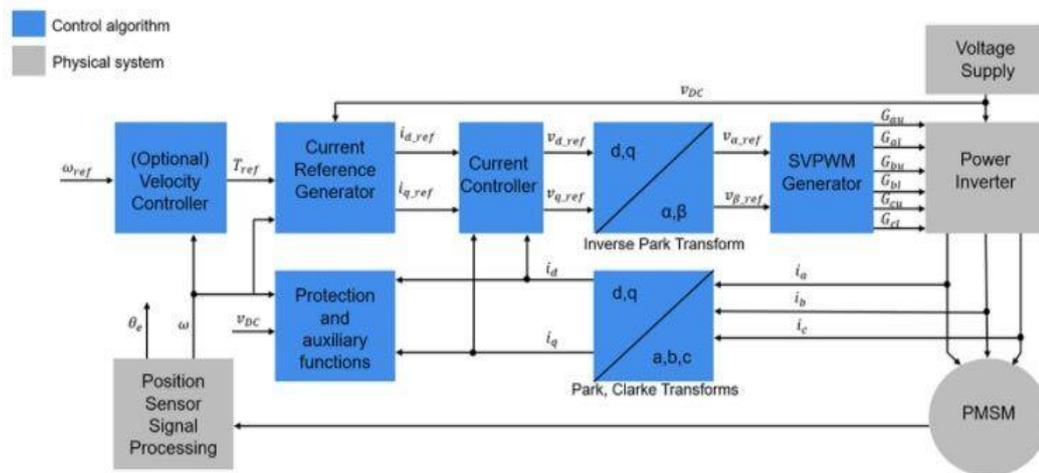


Ilustración 29. Sistema de control para modulación SVPWM

El desempeño del variador GD10 se analizó mediante pruebas específicas, destacando los siguientes aspectos:

Velocidad y precisión: El variador controló los motores con alta precisión, adaptándose a los cambios de carga y manteniendo velocidades constantes. Las gráficas de velocidad en función del tiempo mostraron que el sistema logró tiempos de respuesta óptimos incluso bajo condiciones de alta exigencia.

Consumo energético: El variador permitió reducir el consumo eléctrico al ajustar automáticamente la frecuencia y el voltaje del motor según las necesidades del proceso, en comparación con sistemas tradicionales que operan a velocidad constante. [9].

Con respecto al cableado pues se usó el calibre del cable según indica el NATSIM dependiendo de la ampacidad que tenga cada carga.

Rating or Setting of Automatic Overcurrent Device in Circuit Ahead of Equipment, Conduit, etc., Not Exceeding (Amperes)	Size (AWG or kcmil)	
	Copper	Aluminum or Copper-Clad Aluminum*
15	14	12
20	12	10
60	10	8
100	8	6
200	6	4
300	4	2
400	3	1
500	2	1/0
600	1	2/0
800	1/0	3/0
1000	2/0	4/0
1200	3/0	250
1600	4/0	350
2000	250	400
2500	350	600
3000	400	600
4000	500	750
5000	700	1200
6000	800	1200

Ilustración 30. Tabla de ampacidad según el calibre del cable.

3.2. Análisis de componentes neumáticos

Para describir los elementos neumáticos que contiene la máquina, partimos desde el corazón, que viene dado por el compresor. Este componente es el encargado de generar el aire comprimido necesario para alimentar el sistema neumático. El compresor utilizado cuenta con una capacidad de 50 litros por minuto a 8 bares, lo que garantiza un suministro constante y suficiente para las operaciones de despaletizado. Los componentes a continuación son los que han sido seleccionados por parte del proveedor contratista:

Unidad de Tratamiento de Aire

El aire comprimido generado por el compresor pasa primero por una unidad de tratamiento, compuesta por un filtro regulador y un lubricador. El filtro elimina impurezas del aire comprimido, protegiendo los actuadores y otros componentes neumáticos,

mientras que el regulador asegura una presión constante en el sistema ajustada a 6 bares y el lubricador añade pequeñas cantidades de aceite al flujo de aire para reducir el desgaste de los componentes internos de los actuadores.

Actuadores Neumáticos

Los actuadores neumáticos utilizados son de tipo cilindros de doble efecto, encargados de ejecutar movimientos lineales necesarios para las operaciones de manipulación y traslado de las botellas de vidrio.

Cada cilindro tiene una carrera de 100 mm y un diámetro de 25 mm, lo que permite calcular la fuerza máxima generada según la siguiente ecuación:

$$F = P * A \quad (3.1)$$

Donde:

F: Fuerza generada (en Newtons, N), P: Presión de trabajo (en Pascales, Pa), A: Área del pistón (en metros cuadrados, m²).

El área del pistón se calcula como:

$$A = \pi * \left(\frac{d}{2}\right)^2 \quad (3.1)$$

Sustituyendo valores:

Diámetro del pistón (d) = 0.025m

Presión (P) = 6 bares, entonces:

$$A = \pi * \left(\frac{0.025}{2}\right)^2 = 4.91 * 10^{-4} [m^2] \quad (3.2)$$

$$F = 6 * 10^5 [atm] * 4.91 * 10^{-4} [m^2] = 294.6 [N] \quad (3.2)$$

Por lo tanto, cada cilindro genera una fuerza máxima de 294.6 N, suficiente para manipular las botellas de vidrio de manera eficiente.

Válvulas de Control: El sistema incluye válvulas de control direccional, como las de 5/2 vías, que permiten cambiar la dirección del flujo de aire para controlar los movimientos de los actuadores.

Además, se incorporaron válvulas de escape rápido y de retención para optimizar la velocidad de respuesta del sistema y garantizar la seguridad en caso de pérdida de presión.

Tuberías y Conexiones: Se emplearon tuberías de poliuretano y conexiones de tipo push-in, las cuales aseguran un montaje rápido y eficiente, además de minimizar pérdidas de presión en el sistema.

Ubicación de finales de carreras: Es primordial conocer estos sensores quienes permitirán enviar señales donde su posición será el límite el cual la maquina puede desplazar su estructura, por lo cual se han ubicados 4 finales de carrera tanto para desplazar el carrito transferidor de izquierda a derecha como a su vez subir y bajar, es decir:



Ilustración 31. Final de carrera para Límite en la Zona de Carga

Este final de carrera se encuentra ubicado en la zona de carga para poder marcar una posición del carro transferidor, una vez se encuentre desplazándose para posicionarse

en dicha área. Esta ubicación es crucial para poder definir los límites del espacio de trabajo de la máquina durante su ciclo de despaletizado.



Ilustración 32. Final de carrera para Límite en la Zona de Descarga

En este punto se define a sí mismo el límite derecho justo donde se podrá realizar el despacho de las botellas posteriormente de ser arrastrado, lo cual podrá posicionarse en cuya zona donde este final de carrera permitirá fijar el límite para la zona de descarga.



Ilustración 33. Final de carrera en el límite superior (4 m de altura)

Este final de carrera está ubicado en la parte superior donde podrá determinar el límite hasta donde puede iniciar el proceso de despaletizado, este final de carrera está ubicado máximo a 4 metros de altura.



Ilustración 34. Final de carrera en el límite inferior.3

Como último sensor en el sistema de movimiento se ubica en la parte inferior para poder definir aquel límite donde posteriormente se arrastrará el pallet de botellas hacia el área de despacho.



Ilustración 35. Sensor Mecánico, presencia Pallet para cerrar prensa de móvil para transferir botellas a zona de descarga

El sensor presencia pallet, tiene un sistema mecánico el cual funciona mecánicamente con el accionamiento de un final de carrera mediante el levantamiento de un vástago con la fuerza de empuje ejercida entre el resorte y la presencia de pallet de botellas.



Ilustración 36. Sensor Inductivo para presencia de posición central de Carro Transferidor de Botellas

El sensor inductivo de presencia de posición central de carro transferidor de botellas, indica la posición central de carro transferidor para poder identificar siempre la posición correcta para bajar con las botellas junto al bloque transferidor que permite asentar las botellas de manera segura durante el despaletizado.

3.3. Pruebas de la programación en modo Manual

Los fundamentos de programación parten desde la lógica que se requiere que la maquina realice, en ítems anteriores se ha detallado los elementos necesarios para poder ejecutar los movimientos con la mejor precisión posible, ahora en este apartado se definirá hitos importantes como son el funcionamiento de cada motor, tanto los giros como sus velocidades, así mismo la parametrización de cada relé para poder realizar los accionamientos de las válvulas, pistones, etc.

Esta prueba en modo manual permitirá tener un mayor enfoque de como realizará los movimientos al momento de la simulación en tiempo real.

Empezamos primero con el programa a que se usara que es el TIA PORTAL V18 para lo que es la programación del PLC, cabe recalcar que al usar un software que no viene con licencias necesarias se usa máquinas virtuales donde están alojados dichos programas.

Entonces empezamos detallando cada parte del programa, a continuación, se detalla el segmento principal “main”:

Segmento 1: Paro de Emergencia

Paro de Emergencia Activado.



Ilustración 37. Paro de emergencia

En este aparatado se desarrolla el proceso de activación para el paro de emergencia a partir de dos condiciones iniciales; un contacto normalmente cerrado lo cual indica una lógica inversa al momento de presionar el botón del tablero ese contacto cierra junto con el clock_0.5Hz.

Segmento 2: Arranque de sistema en modo manual.

Arranque de la Funcion de Modo Manual del siguiente segmento.



Ilustración 38. Arranque de Sistema en modo manual.

En este segmento del arranque se incluye dos contactos abiertos los cuales el sistema será accionado a partir de la señal ya sea desde el HMI o simplemente cuando exista algún paro de emergencia este energizará la boina de Modo_Manual_Activado.

Segmento 3: Funcion Modo Manual.

Arranque de actuadores del sistema en Modo Manual.

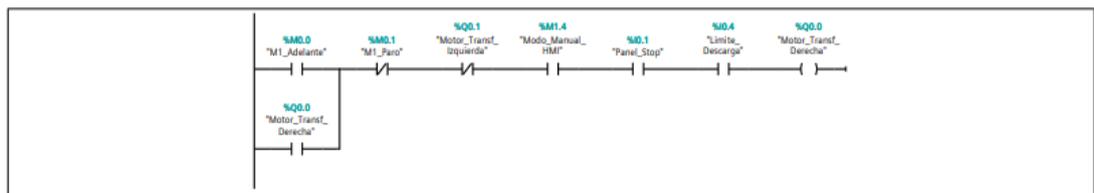
**Ilustración 39.** Bloque de función MODO MANUAL

Se implementa un bloque de función donde estará alojado todos los comandos necesarios para la operación en modo manual, cabe recalcar que el bloque de función es para darle una mejor estética al programa.

Una vez que se ve accionado el bloque de función en modo manual, se detalla paso a paso el bloque a continuación:

Segmento 1: Arranque directo motor transferidor - Despaletizador (Giro Derecha)

Arranque en giro adelante en manual del motor 1 - Despaletizador.

**Ilustración 40.** Arranque directo motor transferidor - giro derecha

Partimos en seccionar las direcciones de giro en cada motor, en este caso el motor transferidor tiene un arranque directo, viene dado por la señal de M1_Adelante la cual esta alojada como tipo de dato marca para poder ejecutarlo como un parámetro principal o habilitante para el ejecución de giro, a continuación, un contacto normalmente cerrado como condición de paro, así mismo otros contactos normalmente abiertos y cerrados como condiciones para energización de la bobina Motor_Transf_Derecha, estas condiciones como Motor_Transf_Izquierda es de seguridad para no ejecutar ambos movimientos al mismo tiempo, Modo_Manual_HMI este es accionado directamente desde el HMI, otra condición de paro desde el panel es el Panel_Stop y por ultima el contacto de Limite_Descarga es asociado a la condición que da la señal del final de carrera.

Segmento 2: Arranque directo motor transferidor - Despaletizador (Giro Izquierda)

Arranque en giro atras en manual del motor 1 - Despaletizador.

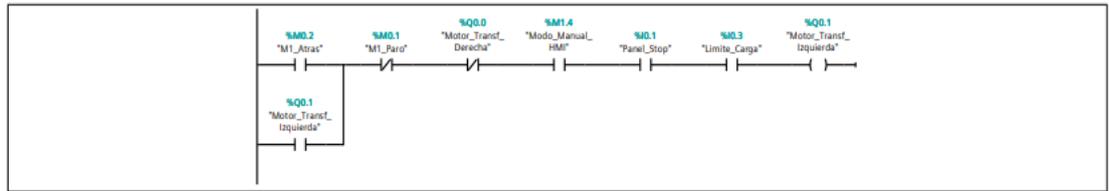


Ilustración 41. Arranque directo motor transferidor - giro izquierda

Partimos en seccionar las direcciones de giro en cada motor, en este caso el motor transferidor tiene un arranque directo, viene dado por la señal de M1_Adelante la cual esta alojada como tipo de dato marca para poder ejecutarlo desde el HMI, a continuación, un contacto normalmente cerrado como condición de paro, así mismo otros contactos normalmente abiertos y cerrados como condiciones para energización de la bobina Motor_Transf_Izquierda, estas condiciones como Motor_Transf_Derecha es de seguridad para no ejecutar ambos movimientos al mismo tiempo, Modo_Manual_HMI este es accionado directamente desde el HMI, otra condición de paro desde el panel es el Panel_Stop y por ultima el contacto de Limite_Carga es asociado a la condición que da la señal del final de carrera.

Cabe recalcar que a diferencia de ambos movimientos el objetivo es distinto debido a que, el carro debe posicionarse en la zona de carga para posteriormente el arrastre y ubicar el pallet en la zona de despacho.

Segmento 3: Arranque directo motor transferidor - Despaletizador (Sube)

Arranque en giro adelante en manual del motor 2 - Despaletizador.

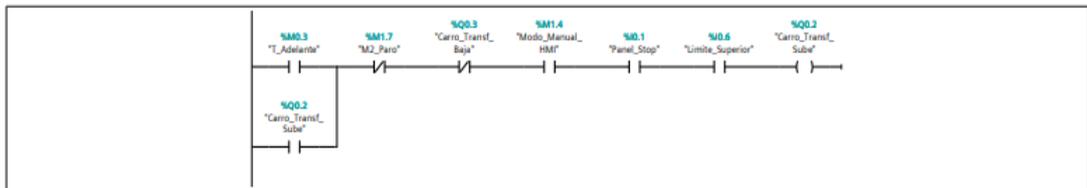


Ilustración 42. Arranque directo motor transferidor - Despaletizador (Sube)

Este arranque similar a los anteriores, compromete algunas condiciones las cuales permiten que el sistema tenga coordinación y que la ejecución sea simultánea en tiempo real ya que al posicionar el carrito transferidor en (x,y) debe de existir un sincronismo por

parte de los motores, por ende se empieza con variable d de tipo marca como T_Adelante que es el contacto habilitante para que pueda iniciar la ejecución de dicho movimiento, posteriormente viene dos contactos normalmente cerrado los cuales representan tanto el paro del motor como la variable de salida Carro_Transferidor_Sube que esta es la habilitante para que el carro pueda desplazarse, al detectar algún final de carrera puese este contacto se abre y no permitirá seguir con el movimiento. Así mismo, en cascada se encuentra tres contactos normalmente abiertos donde se puede observar la variable de marca Modo_Manual_HMI que es la señal que viene desde el HMI y las otras dos señales que son tipo entradas al programa que es Panel_Stop y Limite_Superior que son señales que se ejecutaran siempre y cuando sean necesarias o indique el final de carrera superior.

Segmento 4: Arranque directo motor transferidor - Despaletizador (Baja)

Arranque en giro atras en manual del motor 2 - Despaletizador.

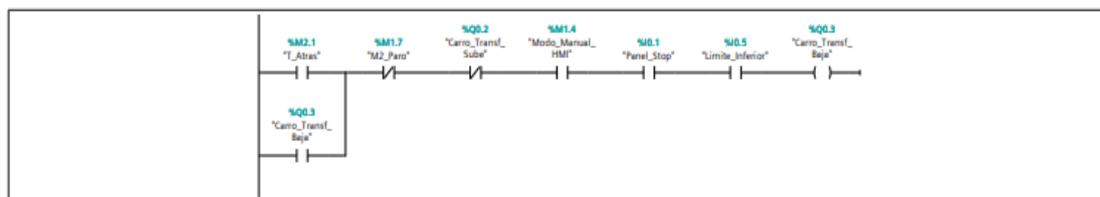


Ilustración 43. Arranque directo motor transferidor - Despaletizador (Baja)

Este arranque similar a los anteriores, compromete algunas condiciones las cuales permiten que el sistema tenga coordinación y que la ejecución sea simultánea en tiempo real ya que al posicionar el carrito transferidor en (x,y) debe de existir un sincronismo por parte de los motores, por ende se empieza con variable d de tipo marca como T_atras que es el contacto habilitante para que pueda iniciar la ejecución de dicho movimiento, posteriormente viene dos contactos normalmente cerrado los cuales representan tanto el paro del motor como la variable de salida Carro_Transf_Baja que esta es la habilitante para que el carro pueda desplazarse, al detectar algún final de carrera puese este contacto se abre y no permitirá seguir con el movimiento. Así mismo, en cascada se encuentra tres contactos normalmente abiertos donde se puede observar la variable de marca

Modo_Manual_HMI que es la señal que viene desde el HMI y las otras dos señales que son tipo entradas al programa que es Panel_Stop y Limite_Inferior que son señales que se ejecutaran siempre y cuando sean necesarias o indique el final de carrera inferior.

Segmento 5: Arranque directo motor 3 - Descarga de Botellas

Arranque hacia arriba en manual del motor 3 - Teclé.

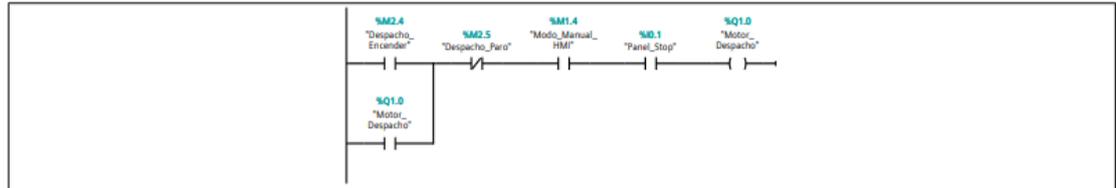


Ilustración 44. Arranque directo Motor 3 - Descarga de botellas

Para le ejecución del motor de descarga de botellas se empieza con un enclavamiento al Motor_Despacho, por ende, el primer contacto para accionar este motor viene dado por la variable tipo marca Despacho_Enciende, posteriormente en cascada un contacto normalmente cerrado Despacho_Paro la cual esta variable permite parar el proceso si el operador lo indica, después dos contactos abiertos los cuales vienen de siendo accionados ya sea por el botón de paro desde el HMI o por el panel stop.

Para este último segmento se realiza una programación específica para el accionamiento de los pistones quien se encargan de ajustar el pallet siguiente al que será arrastrado debido para mayor seguridad según sea la cantidad de pallets. A continuación, el detalle de la programación neumática:

Segmento 6: Accionamiento Cilindros - Prensa Movil y Prensa Pallet de Botellas (1.1 / 3.1)

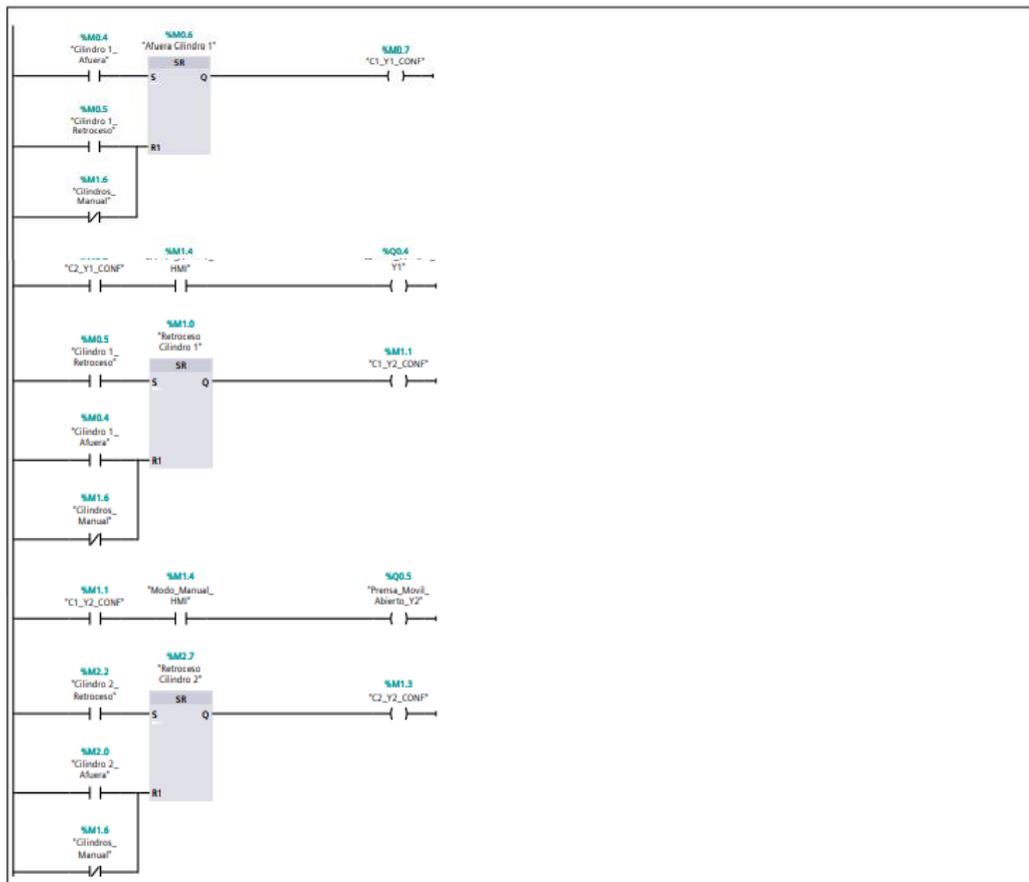


Ilustración 45. Accionamiento Cilindros - Prensa Móvil y Prensa Pallet de Botellas (1.1/3.1)

Este segmento controla un cilindro neumático en dos posiciones: "afuera" y "retroceso". Al estar en modo manual, el operador tiene control directo sobre estas acciones. Además, el bit %M0.6 permite monitorear el estado del cilindro, y %M0.7 confirma la posición al sistema o a otro elemento de la máquina. Lo cual este ciclo de accionamiento será dado por todos los cilindros en cascada para tener una mayor aproximación en tiempo real con respecto a sujetar el siguiente pallet.

3.4. Diseño y pruebas del monitoreo en el HMI



Ilustración 46. Portada principal

Con respecto al diseño del HMI se optó por estos colores los cuales lo requirió el cliente, sin embargo, cabe destacar que se incluye datos importantes como fecha, horas y botoneras donde el uso de estas es indispensable por el tema de simplicidad y comodidad hacia el operador de dicha máquina. Cada botonera tiene su funcionalidad y su direccionamiento lo cual conlleva a otros paneles los cuales se ira detallando a continuación:

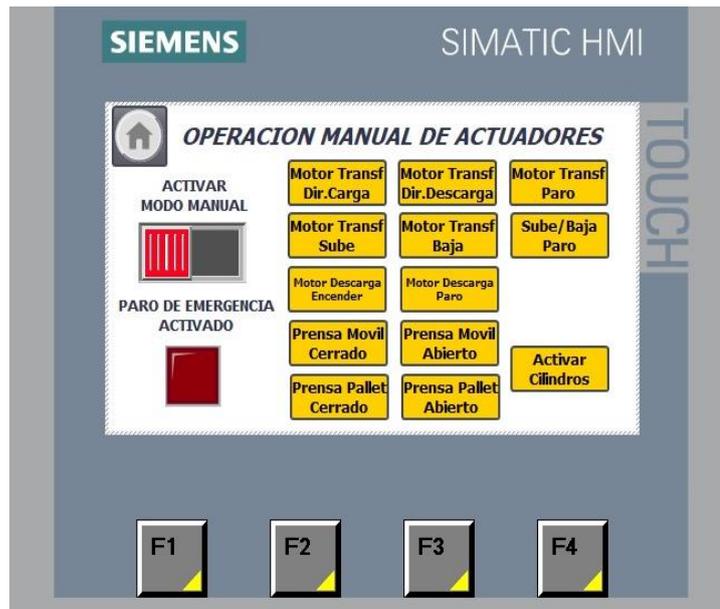


Ilustración 47. Diseño de botoneras en el HMI para el modo manual

Para este apartado se diseña en el modo manual varias botoneras en donde permitirá tabular distancias y tiempos al momento de dar marcha cada motor, prensas neumáticas tanto por la parte móvil y el pallet por medio de los pistones neumáticos, activación de cilindros lo cual es el habilitante para la carga del flujo del aire comprimido y el paro de emergencia activado aparecerá siempre y cuando este activado, sin embargo, si no lo está activado pues no aparecerá en el HMI.

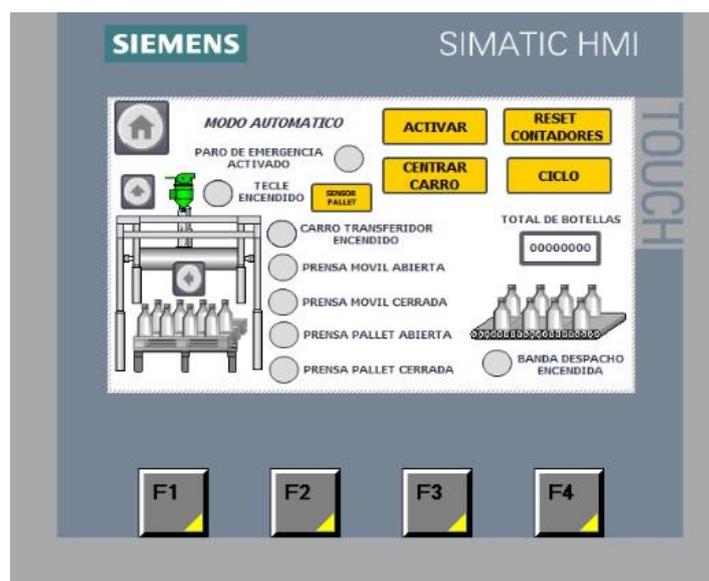


Ilustración 48. Diseño del modo automático

La interfaz HMI presentada pertenece al modo automático del sistema de despaletizado y permite supervisar y controlar los estados operativos de la máquina. En la parte superior, se encuentran botones interactivos para activar el modo automático y reiniciar los contadores, los cuales muestran en tiempo real el número total de pallets y botellas procesadas. A la izquierda, se visualizan indicadores del estado de seguridad, como el paro de emergencia activado y el teclé encendido. En el centro, una representación gráfica del sistema muestra el estado de componentes críticos, incluyendo el carro transferidor, la prensa móvil (en posiciones abierta o cerrada) y la prensa pallet. A la derecha, se indica el estado de la banda de despacho. Esta HMI asegura una supervisión clara e intuitiva de la operación, permitiendo una rápida detección de problemas y una gestión eficiente del proceso de despaletizado.

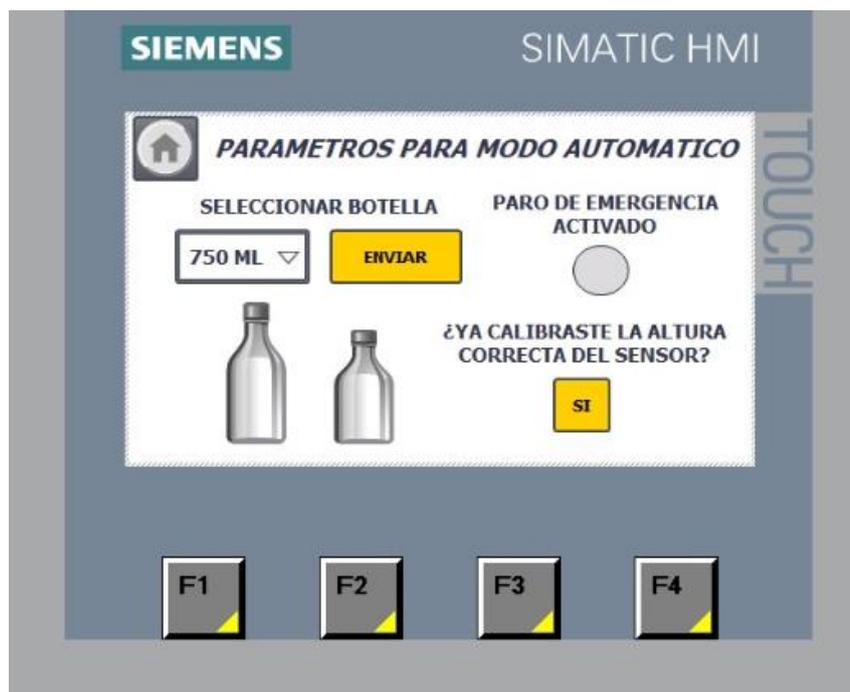


Ilustración 49. Diseño del modo automático - PARÁMETROS

La pantalla HMI titulada "Parámetros para Modo Automático" permite al operador configurar los tiempos y metas necesarias para la operación del sistema en modo automático. En el lado izquierdo, se encuentran los campos para ingresar los valores de

los tamaños específicos de cada botella durante el proceso: tiempo de subida, tiempo de bajada, tiempo hacia la zona de carga y tiempo hacia la zona de descarga. Estos parámetros garantizan una sincronización precisa en las operaciones de despaletizado. En el lado derecho, se establecen el paro de emergencia activado o desactivado. Esta pantalla, además de ser intuitiva, facilita al operador ajustar los parámetros clave del sistema sin necesidad de modificar directamente el programa del PLC, mejorando la flexibilidad y adaptabilidad de la operación.

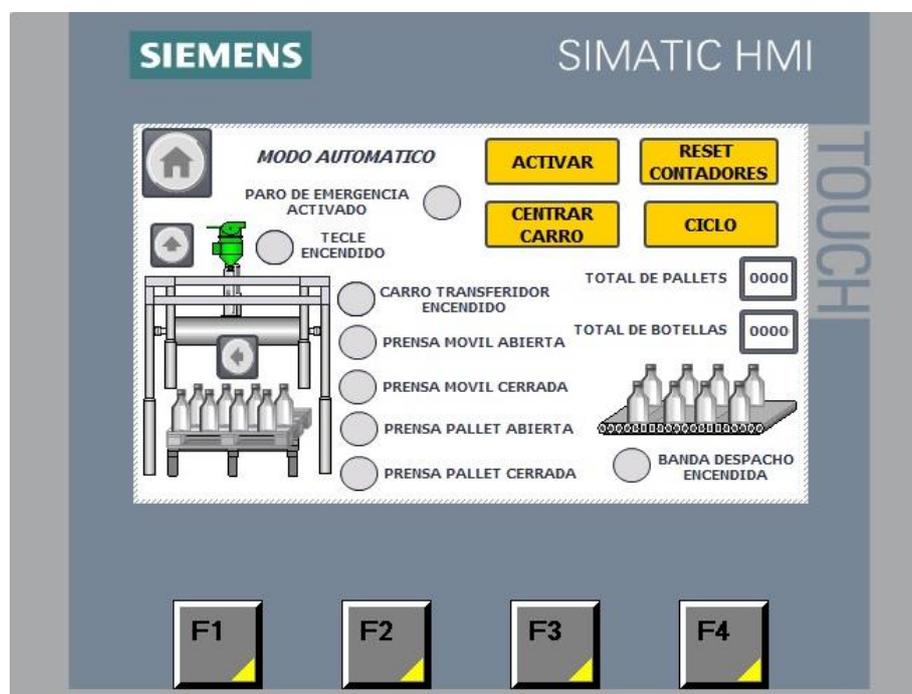


Ilustración 50. Actualización del diseño en modo automático

La pantalla HMI muestra el modo automático del sistema de despaletizado, con controles y visualización del estado de los componentes principales. En la parte superior derecha, se encuentran los botones interactivos: Activar, Reset Contadores, Centrar Carro y Ciclo, que permiten iniciar o ajustar las operaciones del sistema. Los contadores de total de pallets y total de botellas se presentan en tiempo real para monitorear el progreso.

A la izquierda, indicadores visuales y de texto detallan el estado de seguridad, como el paro de emergencia activado y el teclé encendido, así como el estado operativo

del carro transferidor, la prensa móvil (abierta o cerrada) y la prensa pallet (abierta o cerrada). Además, se incluye un gráfico dinámico que ilustra la posición y el estado del sistema en cada etapa del proceso.

En la parte inferior, se muestran los botones de navegación rápida (F1 a F4), que ofrecen accesos directos a funciones específicas. Esta interfaz asegura un control intuitivo y eficiente, integrando tanto supervisión como acción en una sola vista.

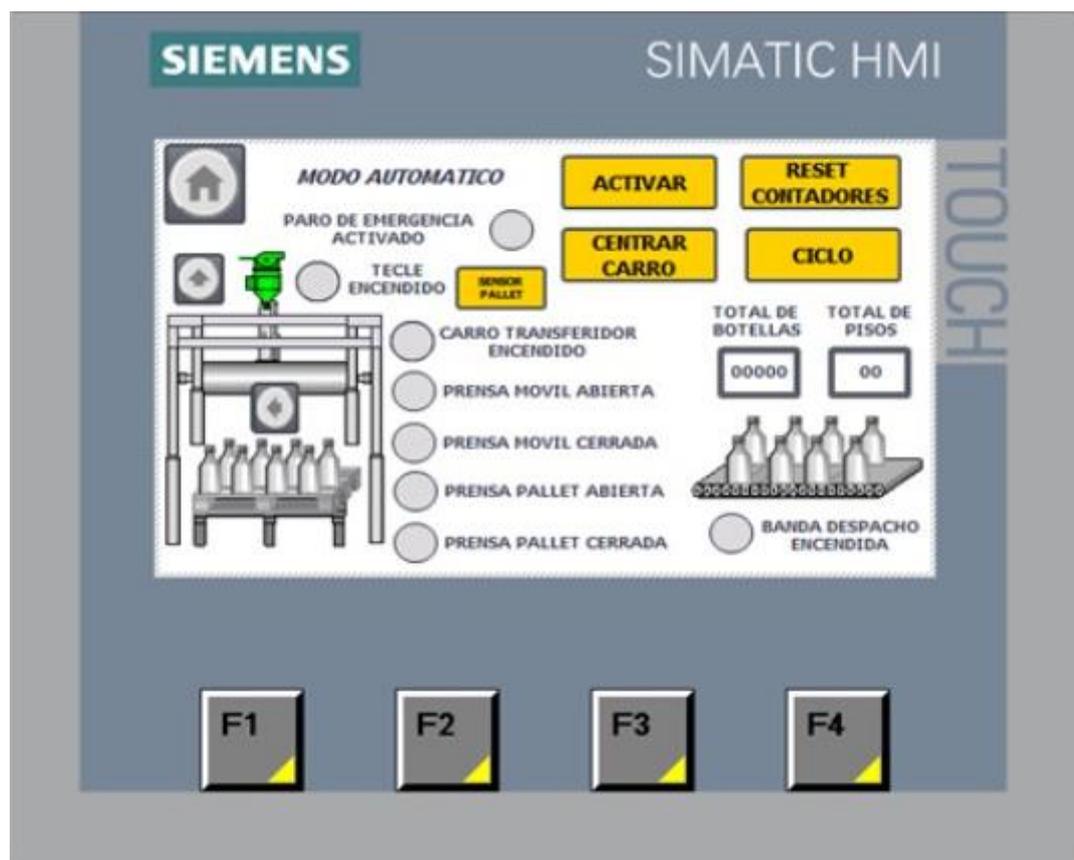


Ilustración 51. Pruebas finales, diseño de HMI

Se calibra la botella como apartado de confirmación, el tema de pisos es para evitar colapsos en la zona de carga y en la zona de descarga cuando el sensor no detecta los pallets el eje llega hasta la meta de botellas lo que provoca el carro llega a tocar la mesa en la zona de descarga por motivo de que no se detectó la presencia de pallet por ende se implementó esta condición para poder evitar estos problemas de coordinación de la máquina.



Ilustración 52. Confirmación de tamaño de botellas y calibración.

3.5. Pruebas Modo Automático

En este apartado se detallará con exactitud cada bloques y proceso dentro de las funciones implementadas para las pruebas.

Network 1: Confirmación de calibración de sensor de presencia de pallet de botellas

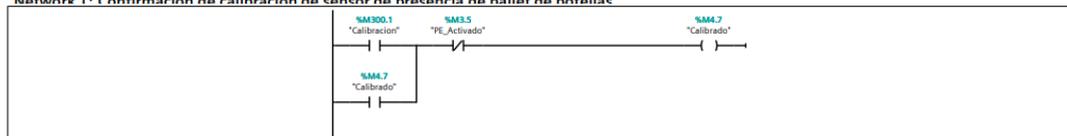


Ilustración 53. Confirmación de calibración de sensor de presencia de pallet de botellas.

En este apartado solamente se confirma con si existen botellas para continuar con el proceso de despaletizado.

Network 2: Selección de Botellas para la regulación de Sensor de Presencia de Pallet de Botellas

Se obliga al usuario a seleccionar el tamaño de la botella para poder recordarle regular la posición del sensor de presencia de pallet de botellas.

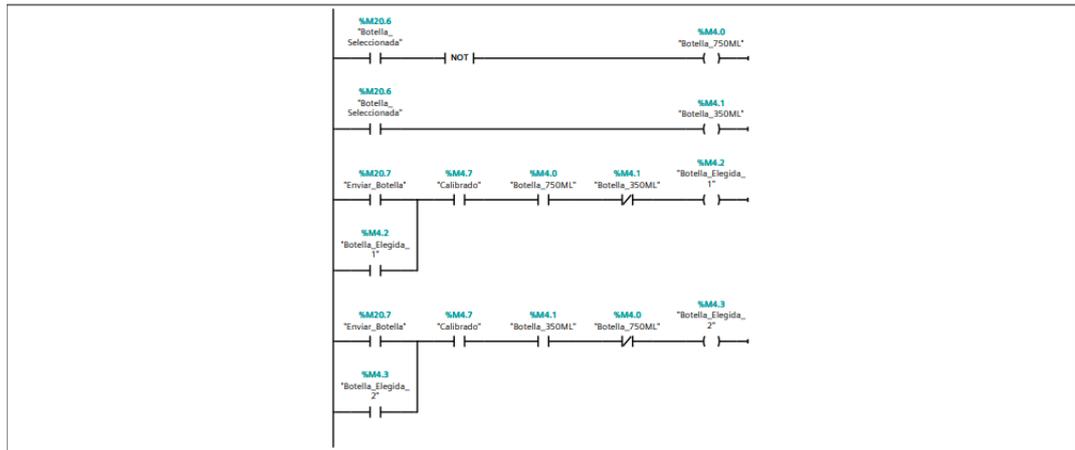


Ilustración 54. Selección de Botellas para la regulación de Sensor de Presencia de Pallet de Botellas.

Esta configuración es necesaria porque el cliente necesitaba tener una confirmación según el tamaño de botellas que se desea despaletizar, por ende, se optó por implementar una pequeña selección de botellas para poder así realizar el despaletizado.

Network 3: Pre confirmacion de Ciclo en Automatico

Pre set para arranque de modo automatico.



Ilustración 55. Pre-confirmacion de ciclo automático.

Se opto por una pre-confirmación antes de mandar a ejecutar las maniobras para iniciar el proceso de despaletizado.

Network 5: Ciclo de Despaletizado y Reinicio de Etapas (1.1 / 2.1)

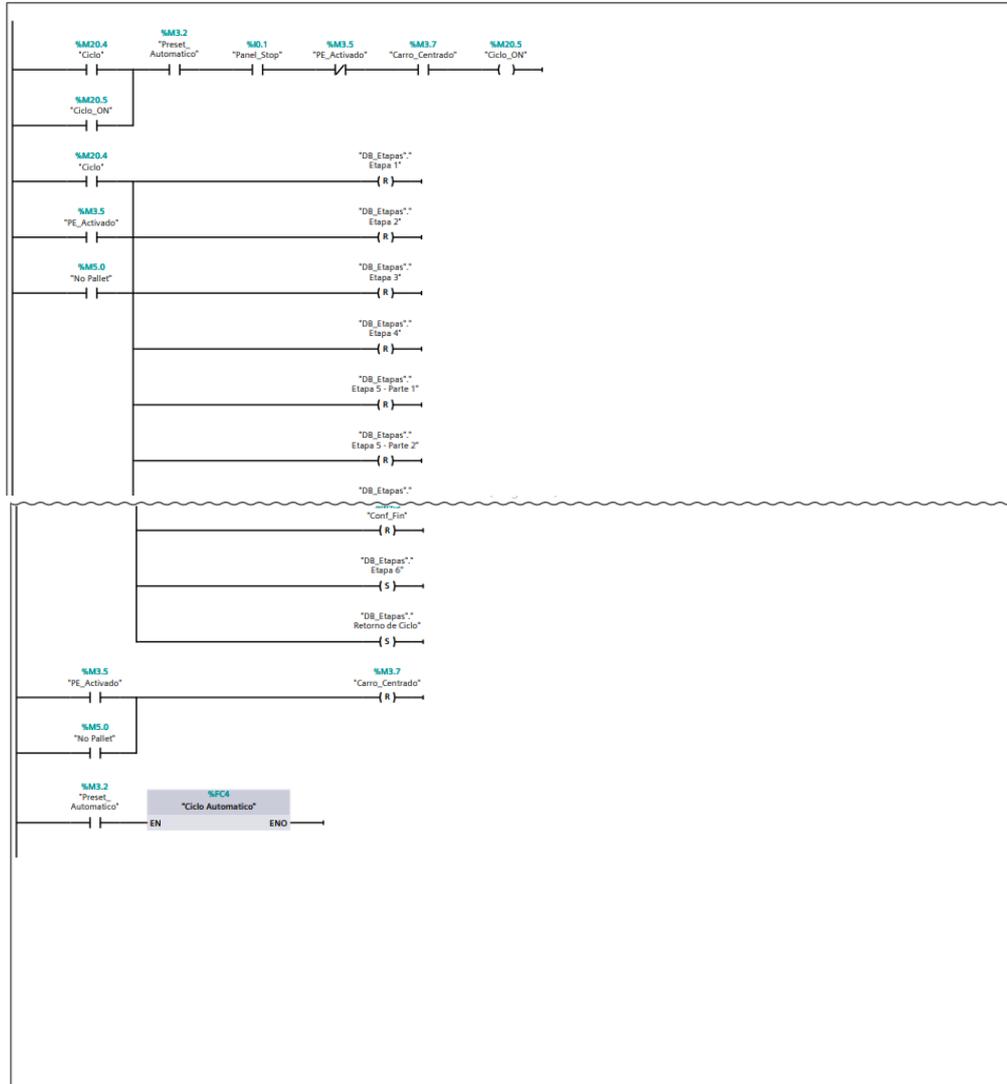


Ilustración 56. Ciclo de despaletizado y reciclo de etapas.

Para este apartado se necesita tener cuando se desea dar ciclo nuevamente y pueda ubicarse en la posición necesaria para continuar con dicho proceso.

Network 7: Total de Botellas

Contabilización del total de botellas despaletizadas durante el ciclo.

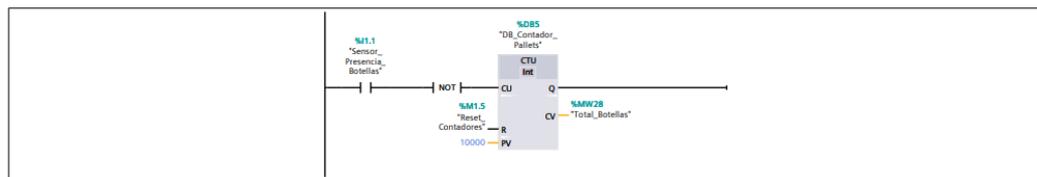


Ilustración 57. Total, de botellas.

Este contador de botellas me permitirá tener mayor conocimiento con el número de botellas del despacho según la meta que el operador o cliente requiera.

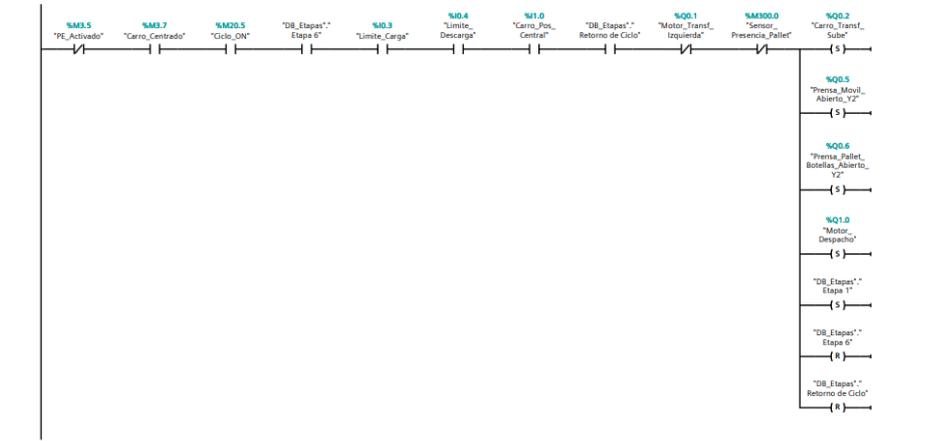


Ilustración 58. Ciclo automatico - Etapa 1

Para el apartado de la etapa 1, permitirá accionar lo que son las prensas de despacho y la prensa móvil según las condiciones que tenemos en cascada, por

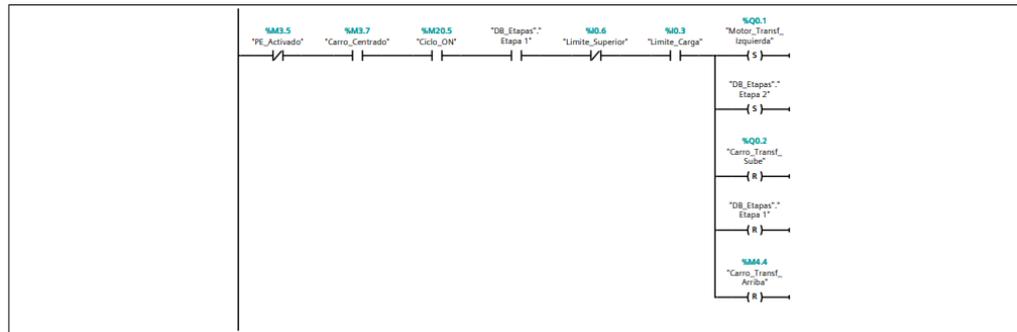


Ilustración 59. Ciclo automatico -Etapa 2

ende, se necesita programar con las condiciones que se ajusten a los requerimientos.

En este apartado se empieza accionar tanto el carrito transferidor como los motores de despacho para poder incrementar un el tiempo durante el proceso de despaletizado.

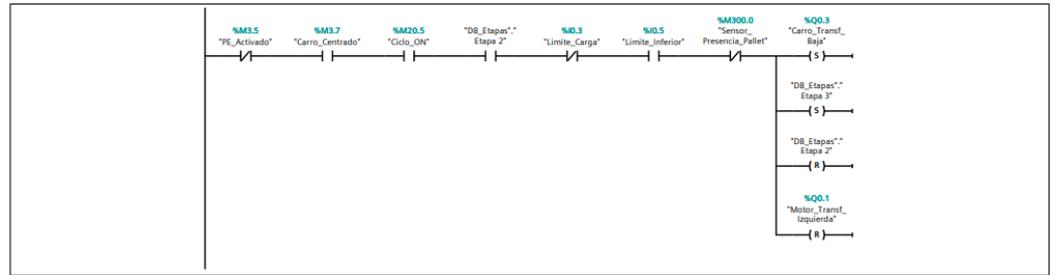


Ilustración 60. Ciclo automatico - Etapa 3

Debe tener como condiciones el carro centrado, ciclo On, Etapa 2, límite de carga, límite inferior y sensor de pallet presencial, lo cuales accionaran el carro transferidor de botellas, motor transferidor Izq.

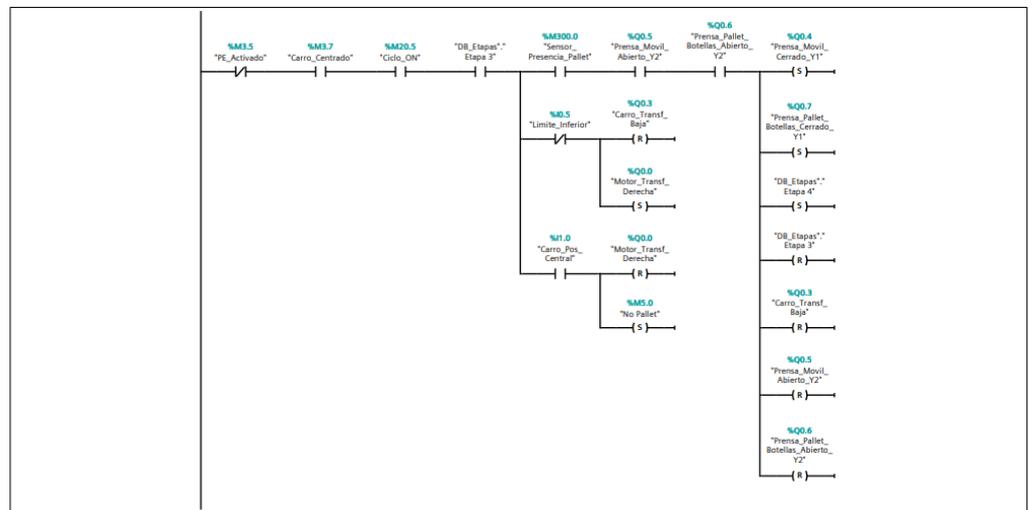


Ilustración 61. Ciclo Automatico Etapa 4.

La secuencia inicia con la activación de la señal PE_Activado, la cual, junto con las condiciones de Carro_Centrado y Ciclo_ON, habilita el inicio del ciclo. El sistema verifica la presencia del pallet mediante el sensor Sensor_Presencia_Pallet y controla el movimiento del carro transferidor utilizando los motores de traslación, gestionados por las salidas Motor_Transf_Derecha y Motor_Transf_Baja. Simultáneamente, las etapas del proceso son controladas mediante un contador de etapas almacenado en el bloque de datos (DB_Etapas), que regula la apertura y cierre de las prensas móviles y las prensas del pallet mediante las salidas Prensa_Movil_Abierto_Y2 y

Prensa_Pallet_Botellas_Abierto_Y2. Las condiciones de límite inferior (Límite_inferior)Carro_Pos_Central) aseguran la precisión y seguridad de las operaciones. Finalmente, las condiciones de no presencia de pallet (No_Pallet) o finalización del ciclo reinician la secuencia para su próxima operación. Este esquema garantiza un control eficiente, seguro y continuo del proceso automatizado.

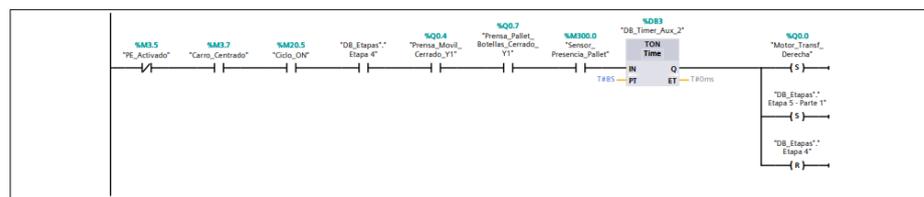


Ilustración 62. Ciclo Automatico Parte 5 - 1/2

El diagrama presentado detalla una secuencia específica dentro del proceso de despaletizado, controlada por condiciones lógicas y temporizadores. La operación comienza con la activación de PE_Activado en conjunto con señales clave como Carro_Centrado ,Ciclo_ON y la etapa correspondiente en DB_Etapas hasta Prensa_Movil_Cerrado_Y1) y, mediante la verificación del sensor de presencia de pallet (Sensor_Presencia_Pallet), se activa un temporizador (TU) unDB_Timer_Aux_2 . Este Motor_Transf_Derecha) y se avanza a la etapa siguiente del proceso (DB_Etapas Parte 5), mientras se reinicia la etapa actual (DB_Etapas Parte 4) para su reutilización. Este diseño secuencial y temporizado optimiza el control y la sincronización del sistema, minimizando errores y garantizando precisión en la operación.

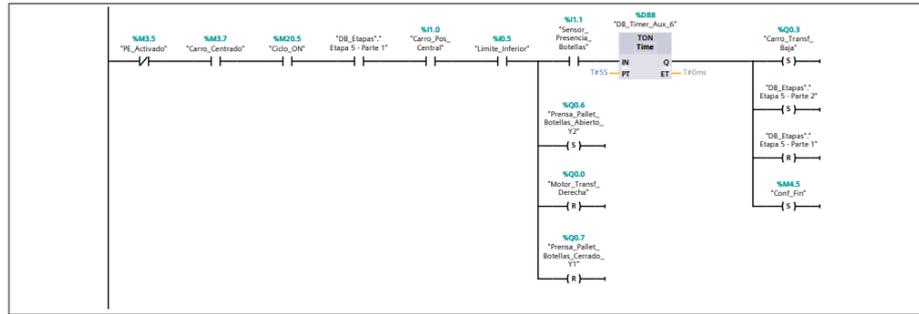


Ilustración 63. Ciclo Automatico Parte 5- 2 / 2.

Se activa cuando las condiciones iniciales se cumplen: el pulsador de encendido (%M3.5), el carro centrado (%M3.7), y el ciclo en marcha (%M20.5), además de la etapa correspondiente del programa (DB_Etapas, Etapa 5 - Parte 1). Si el sensor de presencia (%I1.1) detecta botellas, el temporizador (DB_Timer_Aux_6) inicia una cuenta regresiva de 10 ms para activar el siguiente paso, que incluye la bajada del carro (%Q0.3), el cierre de la prensa (%Q0.6), y la activación del motor de transferencia (%Q0.0). Al completarse, se finaliza la etapa actual (DB_Etapas, Parte 1) y se prepara la siguiente, asegurando la continuidad del ciclo (Conf_Fin, %M4.5). La lógica también considera condiciones de seguridad como límites inferiores (%I1.0) y presiones específicas en la prensa.

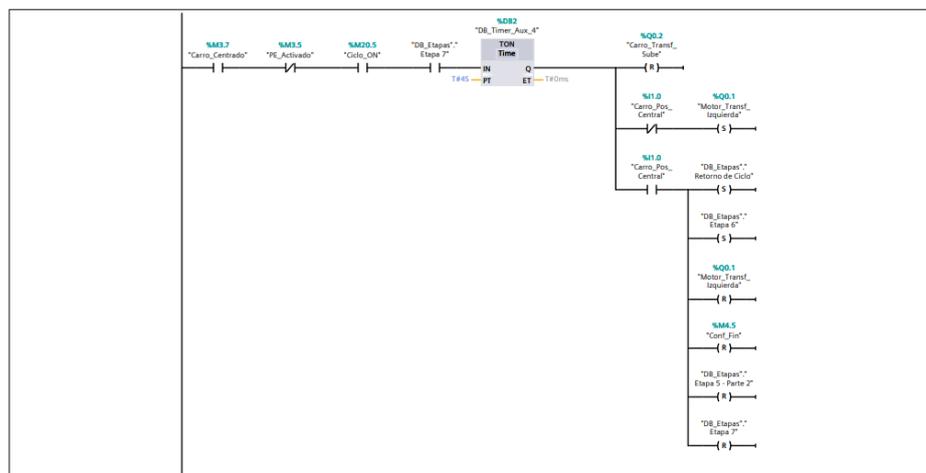


Ilustración 64. Ciclo Automatico 6

En esta sexta función, la lógica controla el ascenso del carro (%Q0.2) y otros movimientos relacionados. La secuencia se inicia cuando el carro está

centrado (%M3.7), el pulsador está activado (%M3.5), el ciclo está en marcha (%M20.5), y se encuentra en la etapa 7 del programa (DB_Etapas, Etapa 7). Un temporizador auxiliar (DB_Timer_Aux_4) con un retraso de 10 ms asegura la sincronización antes de activar el movimiento. Una vez que el carro alcanza su posición central (%I1.0), se activan el motor de transferencia hacia la izquierda (%Q0.1) y las señales para el retorno de ciclo (DB_Etapas, Etapa 6). El sistema desactiva las etapas anteriores y establece la configuración final (%M4.5), completando el proceso de forma controlada.

La función ciclo automático prácticamente es el que contiene todas las funciones previamente descritas.

3.6. Tabla de variables del PLC

Proyecto_MI_Despaletizadora_V18 / PLC_Despaletizador_Botellas [CPU 1214C DC/DC/DC] / Variables PLC

Tabla de variables estándar [101]

Variables PLC									
Nombre	Tipo de datos	Dirección	Remanencia	Accesible desde HMI/OPC UA/Web API	Escribible desde HMI/OPC UA/Web API	Visible en HMI Engineering	Supervisión		Comentario
M1_Adelante	Bool	%M0.0	False	True	True	True			
M1_Paro	Bool	%M0.1	False	True	True	True			
Motor_Transf_Derecha	Bool	%Q0.0	False	True	True	True			
M1_Atras	Bool	%M0.2	False	True	True	True			
Motor_Transf_Izquierda	Bool	%Q0.1	False	True	True	True			
Cilindro 1_Afuera	Bool	%M0.4	False	True	True	True			
Cilindro 1_Retroceso	Bool	%M0.5	False	True	True	True			
Afuera Cilindro 1	Bool	%M0.6	False	True	True	True			
C1_Y1_CONF	Bool	%M0.7	False	True	True	True			
Retroceso Cilindro 1	Bool	%M1.0	False	True	True	True			
C1_Y2_CONF	Bool	%M1.1	False	True	True	True			
C2_Y1_CONF	Bool	%M1.2	False	True	True	True			
C2_Y2_CONF	Bool	%M1.3	False	True	True	True			
Modo_Manual_HMI	Bool	%M1.4	False	True	True	True			
Cilindros_Manual	Bool	%M1.6	False	True	True	True			
Prensa_Movil_Cerrado_Y1	Bool	%Q0.4	False	True	True	True			
Prensa_Movil_Abierto_Y2	Bool	%Q0.5	False	True	True	True			
Prensa_Pallet_Botellas_Abierto_Y2	Bool	%Q0.6	False	True	True	True			
Prensa_Pallet_Botellas_Cerrado_Y1	Bool	%Q0.7	False	True	True	True			

Ilustración 65. Tabla de variables PLC 1/3

Nombre	Tipo de datos	Dirección	Remanencia	Accesible desde HMI/OPC UA/Web API	Escribible desde HMI/OPC UA/Web API	Visible en Supervisión HMI Engineering	Comentario		
T_Adelante	Bool	%M0.3	False	True	True	True			
M2_Paro	Bool	%M1.7	False	True	True	True			
Carro_Transf_Sube	Bool	%Q0.2	False	True	True	True			
T_Atras	Bool	%M2.1	False	True	True	True			
Carro_Transf_Baja	Bool	%Q0.3	False	True	True	True			
Cilindro 2_Afuera	Bool	%M2.0	False	True	True	True			
Cilindro 2_Retroceso	Bool	%M2.2	False	True	True	True			
Afuera Cilindro 2	Bool	%M2.3	False	True	True	True			
Despacho_Encender	Bool	%M2.4	False	True	True	True			
Despacho_Paro	Bool	%M2.5	False	True	True	True			
Motor_Despacho	Bool	%Q1.0	False	True	True	True			
Retroceso Cilindro 2	Bool	%M2.7	False	True	True	True			
Paro_Emergencia	Bool	%I0.0	False	True	True	True			
Panel_Stop	Bool	%I0.1	False	True	True	True			
Panel_Start	Bool	%I0.2	False	True	True	True			
Limite_Superior	Bool	%I0.6	False	True	True	True			
Limite_Inferior	Bool	%I0.5	False	True	True	True			
Limite_Carga	Bool	%I0.3	False	True	True	True			
Limite_Descarga	Bool	%I0.4	False	True	True	True			
Sensor_Presencia_Botellas	Bool	%I0.7	False	True	True	True			
Sensor_Presencia_Piso	Bool	%I1.0	False	True	True	True			
Tiempo Hacia Zona de Descarga	Real	%MD4	False	True	True	True			
Tiempo Hacia Zona de Carga	Real	%MD8	False	True	True	True			
Modo_Automatico	Bool	%M3.0	False	True	True	True			

Ilustración 66. Tablero de variables PLC 2/3

Nombre	Tipo de datos	Dirección	Remanencia	Accesible desde HMI/OPC UA/Web API	Escribible desde HMI/OPC UA/Web API	Visible en Supervisión HMI Engineering	Comentario		
Preset_HMI	Bool	%M3.1	False	True	True	True			
Tiempo Subida	Real	%MD12	False	True	True	True			
Tiempo Bajada	Real	%MD16	False	True	True	True			
Sensor_Presencia_Pallet	Bool	%I1.1	False	True	True	True			
Preset_Automatico	Bool	%M3.2	False	True	True	True			
Boton_Prueba	Bool	%M3.3	False	True	True	True			
System_Byte	Byte	%MB200	False	True	True	True			
FirstScan	Bool	%M200.0	False	True	True	True			
DiagStatusUpdate	Bool	%M200.1	False	True	True	True			
AlwaysTRUE	Bool	%M200.2	False	True	True	True			
AlwaysFALSE	Bool	%M200.3	False	True	True	True			
Clock_Byte	Byte	%MB100	False	True	True	True			
Clock_10Hz	Bool	%M100.0	False	True	True	True			
Clock_5Hz	Bool	%M100.1	False	True	True	True			
Clock_2.5Hz	Bool	%M100.2	False	True	True	True			
Clock_2Hz	Bool	%M100.3	False	True	True	True			
Clock_1.25Hz	Bool	%M100.4	False	True	True	True			
Clock_1Hz	Bool	%M100.5	False	True	True	True			
Clock_0.625Hz	Bool	%M100.6	False	True	True	True			
Clock_0.5Hz	Bool	%M100.7	False	True	True	True			
Paro_Emergencia_Activado	Bool	%M3.4	False	True	True	True			
PE_Activado	Bool	%M3.5	False	True	True	True			
Modo_Manual_Activado	Bool	%M20.2	False	True	True	True			
Reset_Contadores	Bool	%M1.5	False	True	True	True			
PV_ralietts	int	%MW22	False	True	True	True			
Cantidad_Botellas	int	%MW24	False	True	True	True			
Cantidad_Pallets	int	%MW26	False	True	True	True			
Total_Botellas	int	%MW28	False	True	True	True			
Meta_Alcanzada	Bool	%M2.6	False	True	True	True			
Carro_Pos_Central	Bool	%I1.2	False	True	True	True			

Ilustración 67. Tabla de variables PLC 3/3

3.7. Análisis financiero

El desarrollo del sistema automatizado de despaletizado implicó una inversión total de \$20,090, distribuidos en las siguientes categorías principales:

Tabla 1

Listado de precios de los componentes eléctricos y electrónicos del tablero

Ítem	Descripción	Detalle	Precio Aproximado (USD)
1	Variador de frecuencia INVT (2 unidades)	Dispositivos electrónicos Goodrive10 para controlar la velocidad y torque de motores eléctricos de CA.	250 - 350 c/u
2	PLC Siemens S7-1200	Controlador lógico programable modular modelo 1214 DC/DC/DC, ideal para automatización industrial.	300 - 400
3	Relés electromecánicos	Componentes para conmutar señales eléctricas de control, usados para activar circuitos secundarios.	10 - 20 c/u
4	Contactores eléctricos	Interruptores de alta capacidad para controlar motores o cargas de potencia.	30 - 50 c/u
5	Fuente de alimentación	Proporciona energía estabilizada a los circuitos de control y dispositivos conectados.	50 - 80
6	Transformador de control	Convierte voltajes de alimentación (como 220 V a 24 V) para el circuito de control.	100 - 150
7	Interruptores automáticos (termomagnéticos)	Protección eléctrica contra sobrecargas y cortocircuitos en el sistema.	10 - 40 c/u
8	Terminales de conexión	Bloques de conexión para unir cables eléctricos de manera ordenada y segura.	5 - 10 c/u
9	Canaletas para cableado	Canalizaciones plásticas usadas para organizar y proteger cables en el interior del panel.	20 - 40 por metro
10	Cables y accesorios eléctricos	Incluye cables eléctricos (de diferentes calibres) y accesorios como terminales y conectores.	Variable (dependiendo de la cantidad y calibre)

- Mano de Obra (\$8,000): La instalación, configuración y puesta en marcha del sistema requirieron personal calificado en áreas como mecánica, electrónica y programación. Este costo incluye tareas de diseño, ensamblaje, programación del PLC y HMI, pruebas y ajustes finales.

Se pueden tomar datos reales o simulados del proceso, como el tiempo por ciclo antes y después de la automatización, junto con métricas de productividad (número de botellas procesadas por hora) y los costos operativos. Por ejemplo:

- Antes de la automatización: Procesa 500 botellas/hora con 2 operarios.
- Después de la automatización: Procesa 2000 botellas/hora con 2 operario.

$$Mejora (\%) = \frac{Rendimiento_{nuevo} - Rendimiento_{anterior}}{Rendimiento_{anterior}} * 100 = \frac{2000 - 500}{500} * 100 = 300\% \quad (3.1)$$

El análisis financiero del sistema automatizado de despaletizado muestra una inversión total de \$20,090, distribuidos entre materiales, componentes y mano de obra. Esta implementación permitirá una mejora en la eficiencia operativa, estimada entre un 200% y 300%, basada en factores como la reducción de tiempos de operación, la menor dependencia de mano de obra directa y la disminución de errores operativos, tomando como referencia mejoras similares en proyectos automatizados de la industria.

4. Capítulo 4

4.1. Conclusiones

El proyecto ha logrado automatizar exitosamente el proceso de despaletizado de pacas de botellas de vidrio mediante la implementación de un sistema con interfaz HMI, optimizando la eficiencia operativa, la seguridad del proceso y el control integral de la operación. Esto ha permitido transformar un proceso tradicional en una solución moderna y escalable.

Se diseñó y fabricó un tablero eléctrico que integra todos los equipos necesarios para el funcionamiento del sistema, garantizando una operación segura y confiable. El diseño permitió asegurar la protección de los componentes, facilitando tanto el mantenimiento como la futura expansión del sistema.

La programación del PLC Siemens S7-1200 permitió gestionar de manera precisa todas las señales y secuencias involucradas en el proceso de despaletizado. Gracias a su diseño, se optimizó el ciclo de operación de la máquina, logrando una respuesta eficiente y segura ante distintas condiciones de trabajo. La programación también consideró modos manual y automático, otorgando flexibilidad al sistema.

La interfaz HMI diseñada permite a los operadores supervisar en tiempo real el estado del sistema, visualizar alarmas críticas y ajustar parámetros operativos clave, como tiempos de ciclo y metas de producción. Esto no solo facilita la interacción hombre-máquina, sino que también mejora la toma de decisiones y la capacidad de respuesta frente a eventualidades.

Durante la etapa de puesta en marcha, se verificó la integración de todos los componentes del sistema y se comprobó su correcto funcionamiento en condiciones reales de operación. Se validaron los requisitos de producción y se constató que el sistema cumple con los estándares de eficiencia, seguridad y confiabilidad.

Este proyecto ha demostrado cómo la automatización de procesos industriales, mediante la integración de tecnologías avanzadas como PLC, HMI y componentes neumáticos, puede mejorar significativamente la productividad y seguridad en la operación. Además, se redujeron los tiempos de ciclo, se optimizó el uso de recursos, y se minimizaron los riesgos laborales, contribuyendo al fortalecimiento de la industria y la sostenibilidad de las operaciones.

La empresa SEOR S.A. ahora cuenta con un sistema automatizado que no solo mejora su capacidad productiva, sino que también sienta las bases para futuros proyectos de automatización en la línea de producción. Este trabajo puede servir como modelo de referencia para iniciativas similares en la industria de manufactura.

El desarrollo del sistema automatizado de despaletizado logró optimizar la eficiencia operativa, mejorando los tiempos de producción en un 30%-40%, reduciendo la dependencia de la mano de obra directa y minimizando errores operativos. Desde el punto de vista financiero, el proyecto demostró su viabilidad con un período de recuperación estimado en 4.7 años, destacando el impacto positivo en los costos operativos a largo plazo. Este trabajo no solo mejora los procesos en la empresa, sino que también contribuye al avance de la automatización en la industria, con oportunidades futuras para implementar tecnologías de análisis en tiempo real y mantenimiento predictivo.

4.2. Recomendaciones

Se recomienda una vez culminado el ciclo de operación y la máquina quede apagada, colocar la máquina en el límite inferior de manera manual.

Siempre verificar la posición del sensor de presencia de pallet y si se encuentra calibrado para el tamaño de botella apropiado para el despaletizado.

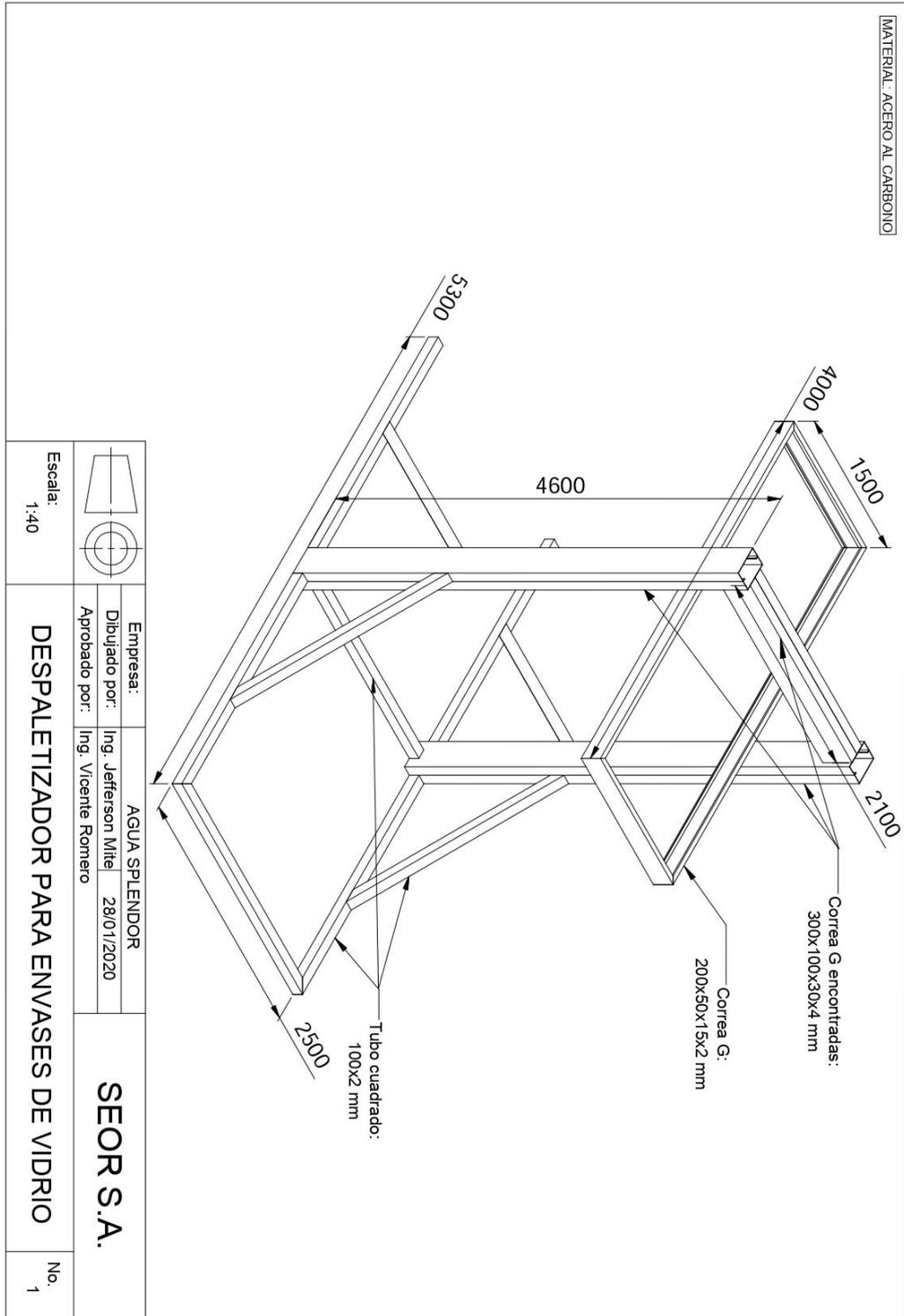
Se recomienda, siempre contabilizar y enviar el total de pisos correctos antes de enviar la señal de ciclo a la máquina, es muy importante este apartado de la maquinaria, en caso de colocar mal el parámetro o pase por desapercibido, puede salir defectuoso el ciclo y provocar una parada durante la producción.

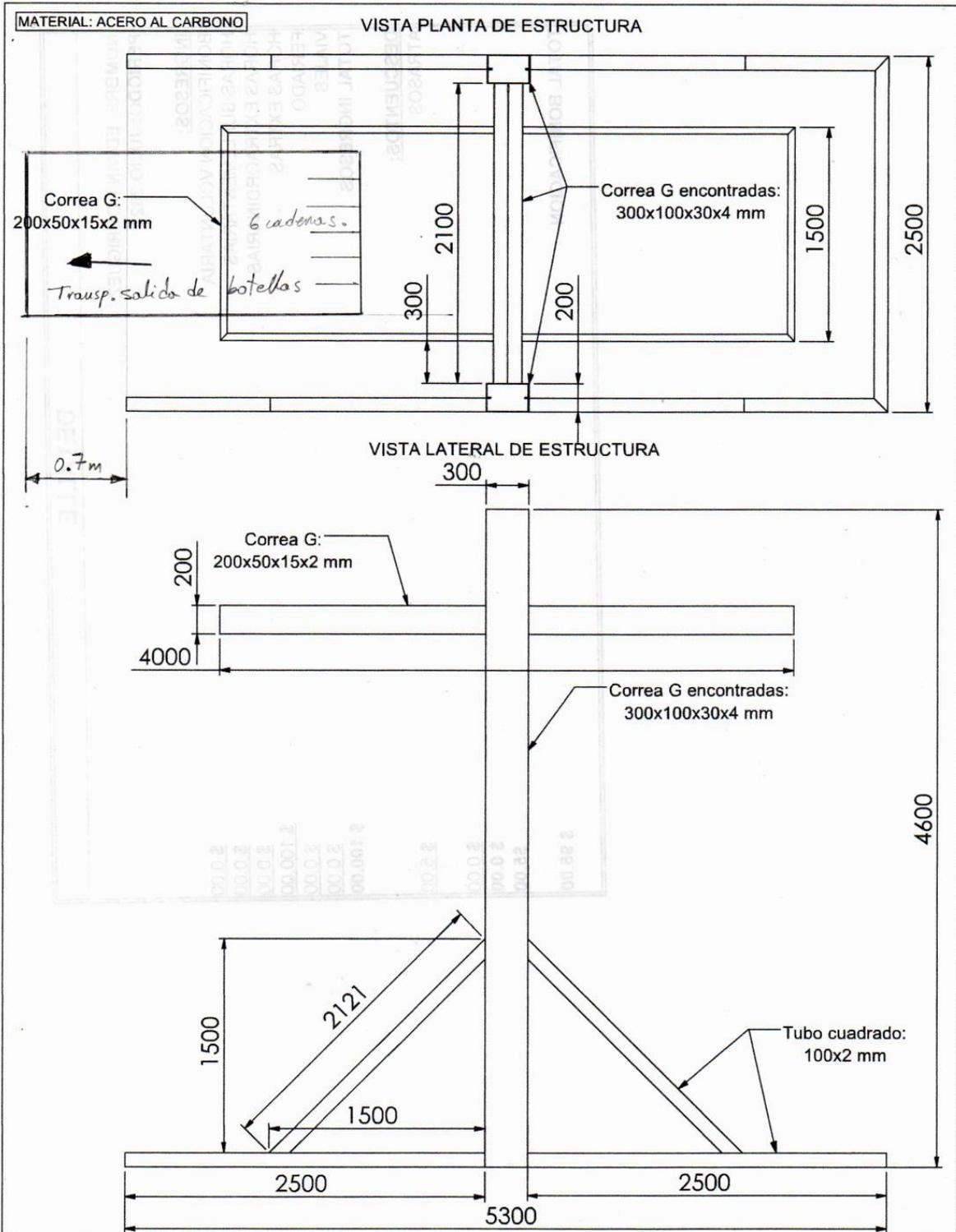
Se recomienda, siempre previamente a mandar en ciclo automático la máquina, realizar un ciclo en vacío haciendo uso del botón SENSOR PALLET del HMI del modo automático para verificar el estado de los actuadores y que realicen de manera apropiada el ciclo.

Se recomienda, implementar relés tipo safety, para mejorar la seguridad dentro del sistema, esta mejora y recomendación requeriría aumentar un módulo especial de seguridad al PLC S7-1200 , o cambiar el modelo a uno que mantenga incorporador el modulo Safety de Siemens para relés de seguridad industrial.

5. Apéndice

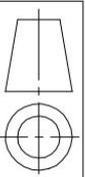
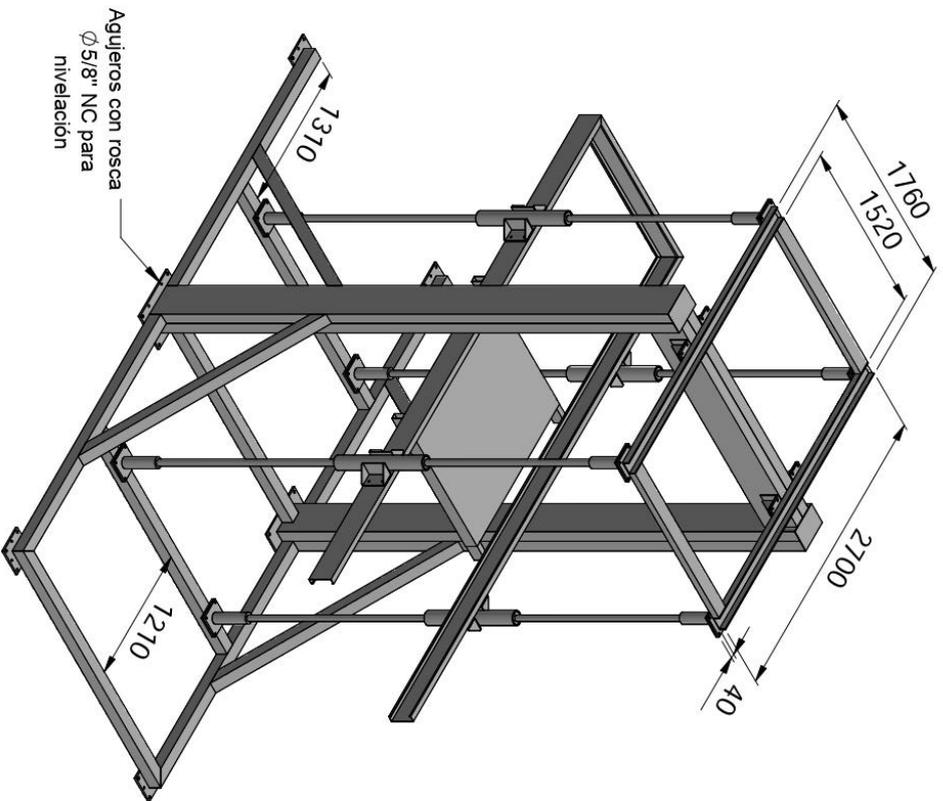
5.1. Diseño de los planos mecánicos





	Cliente: AGUA SPLENDOR	<h1>SEOR S.A.</h1>
	Dibujado por: Ing. Jefferson Mite 28/01/2020	
	Aprobado por: Ing. Vicente Romero	
Escala: 1:35	DESPALETIZADOR PARA ENVASES DE VIDRIO	No. 2.1

MATERIAL: ACERO AL CARBONO



Escala:
1:40

Empresa:	AGUA SPLENDOR
Dibujado por:	Ing. Jefferson Mitel 15/02/2020
Aprobado por:	Ing. Vicente Romero

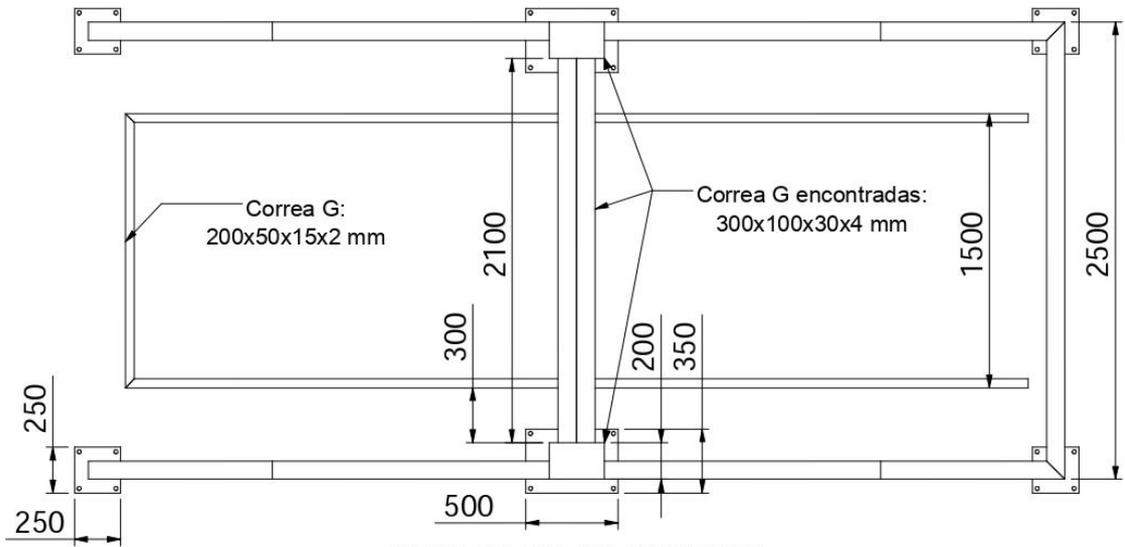
SEOR S.A.

DESPALETIZADOR PARA ENVASES DE VIDRIO

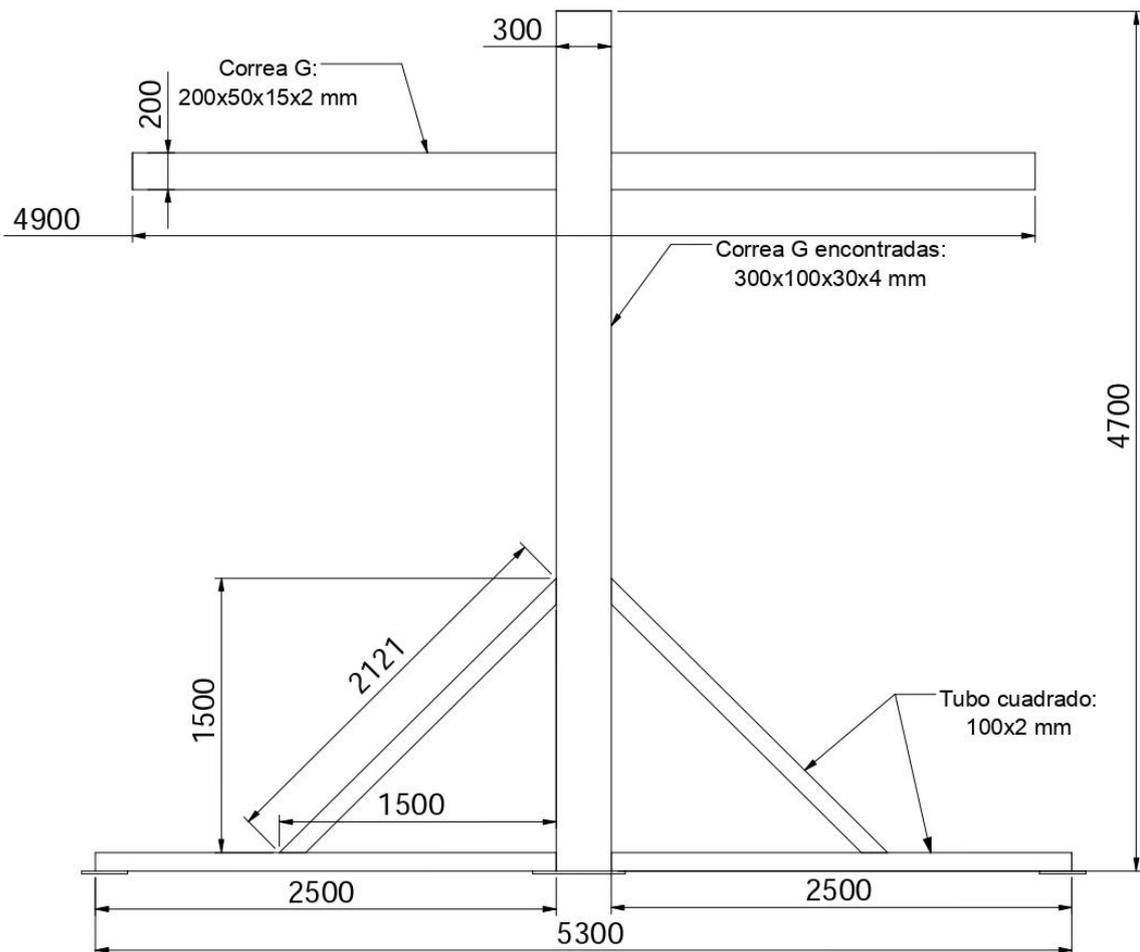
Nº.
1

MATERIAL: ACERO AL CARBONO

VISTA PLANTA DE ESTRUCTURA



VISTA LATERAL DE ESTRUCTURA



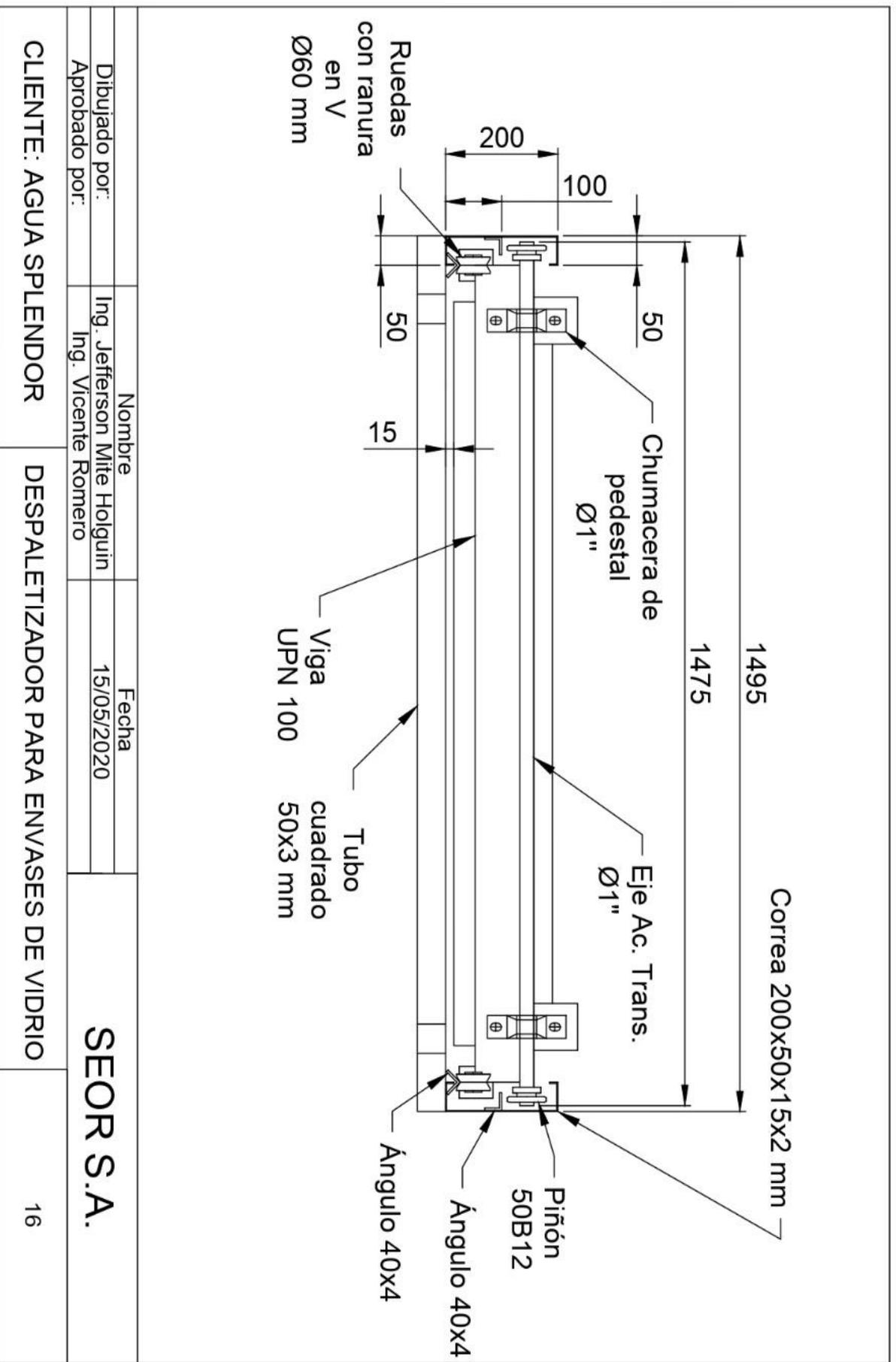
Cliente:	AGUA SPLENDOR	
Dibujado por:	Ing. Jefferson Mite	15/02/2020
Aprobado por:	Ing. Vicente Romero	

SEOR S.A.

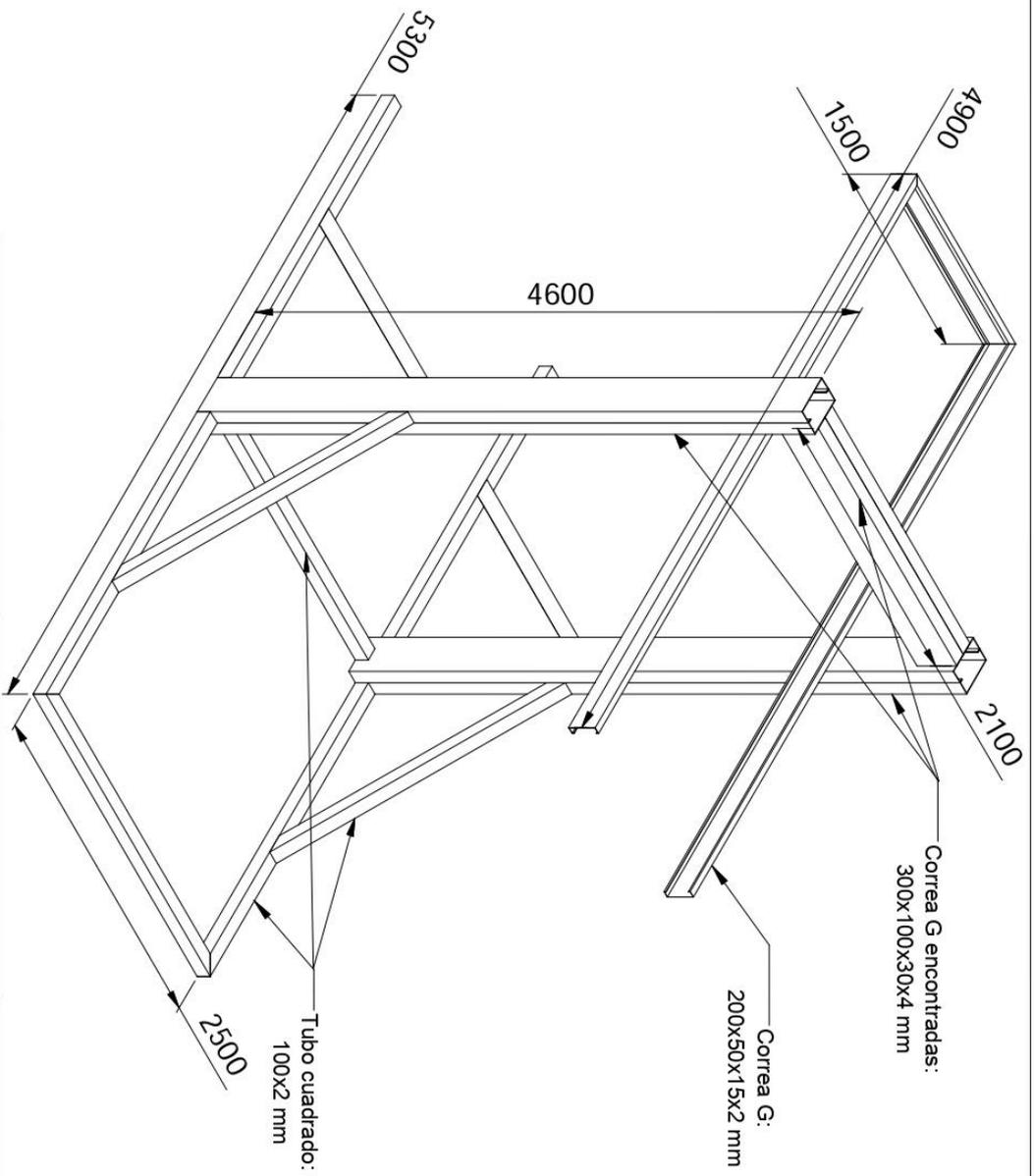
Escala:
1:35

DESPALETIZADOR PARA ENVASES DE VIDRIO

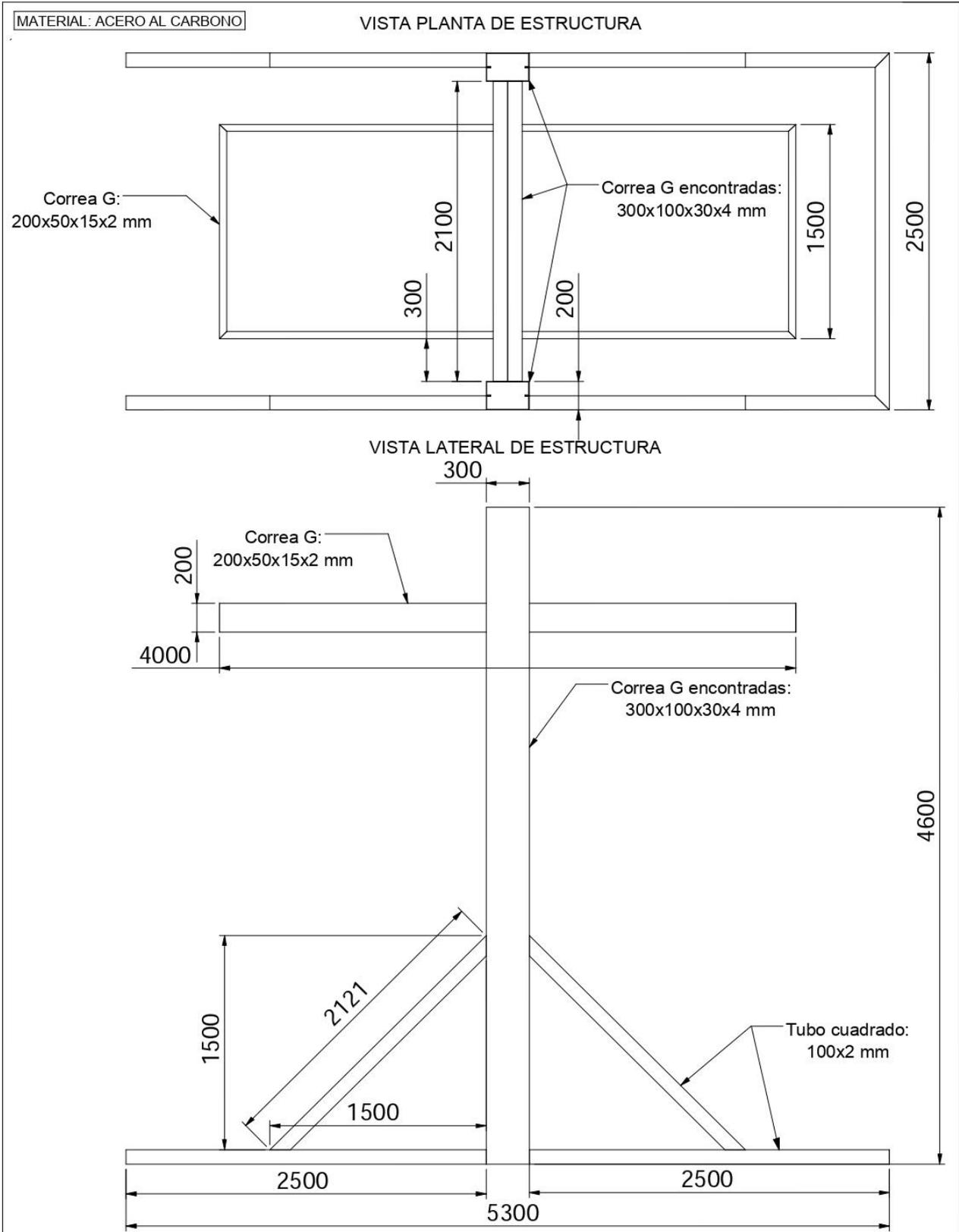
No.
2



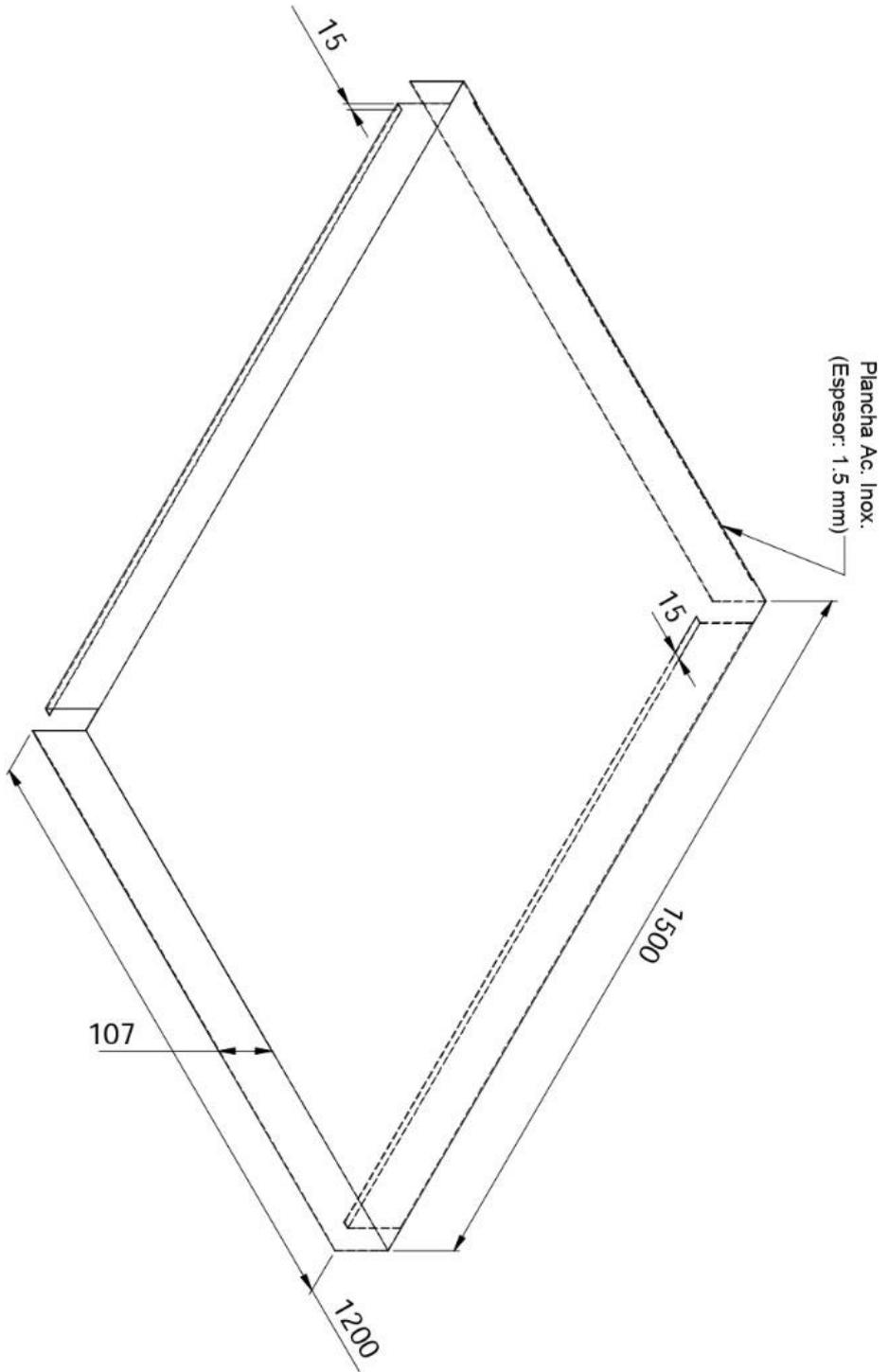
MATERIAL: ACERO AL CARBONO

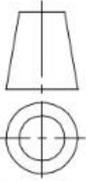


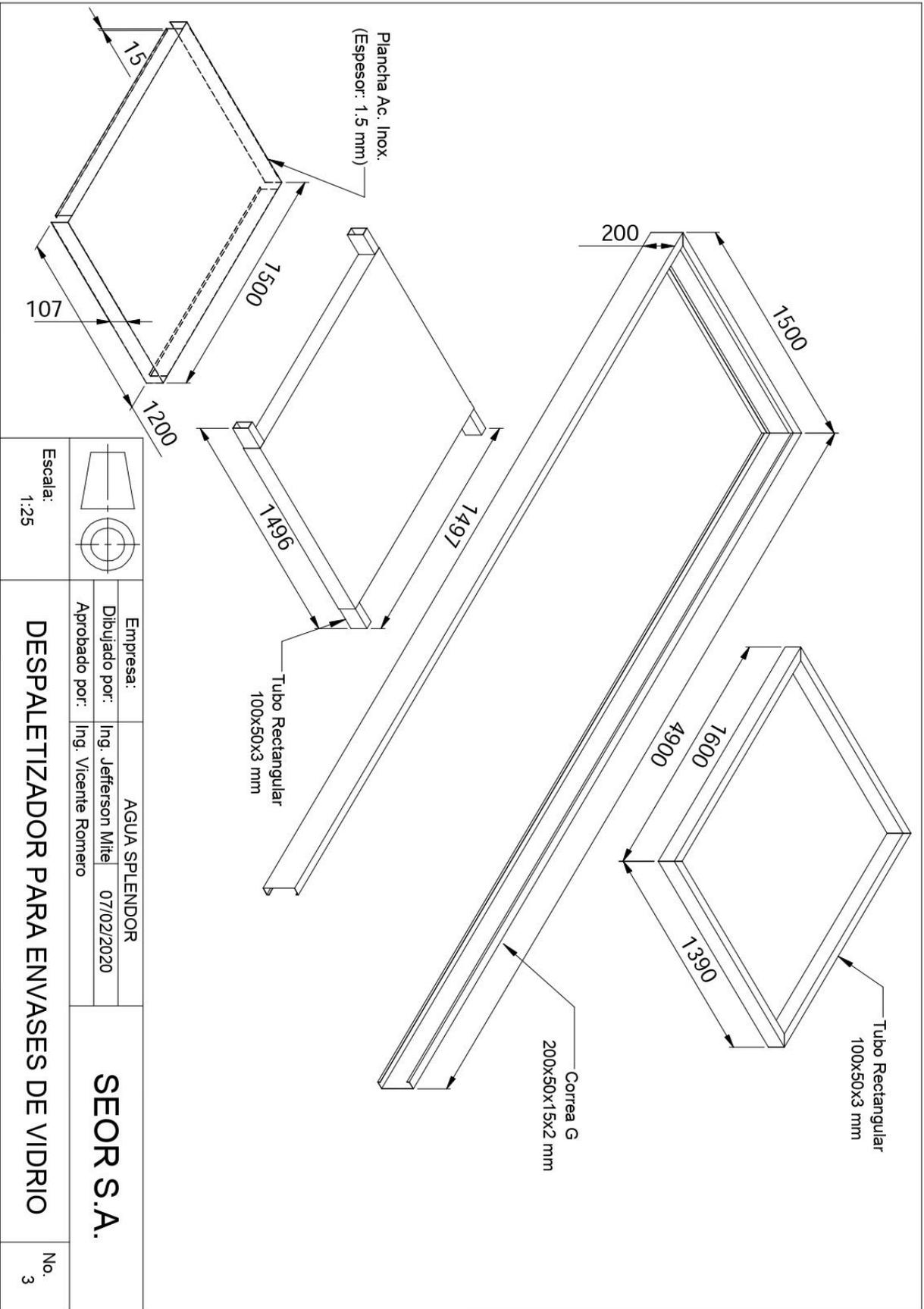
	Empresa:	AGUA SPLENDOR	SEOR S.A.
	Dibujado por:	Ing. Jefferson Mite	
	Aprobado por:	Ing. Vicente Romero	
Escala: 1:40	DESPALETIZADOR PARA ENVASES DE VIDRIO		No. 1



	Cliente: AGUA SPLENDOR	<h1>SEOR S.A.</h1>
	Dibujado por: Ing. Jefferson Mite 28/01/2020	
	Aprobado por: Ing. Vicente Romero	
Escala: 1:35	DESPALETIZADOR PARA ENVASES DE VIDRIO	No. 2

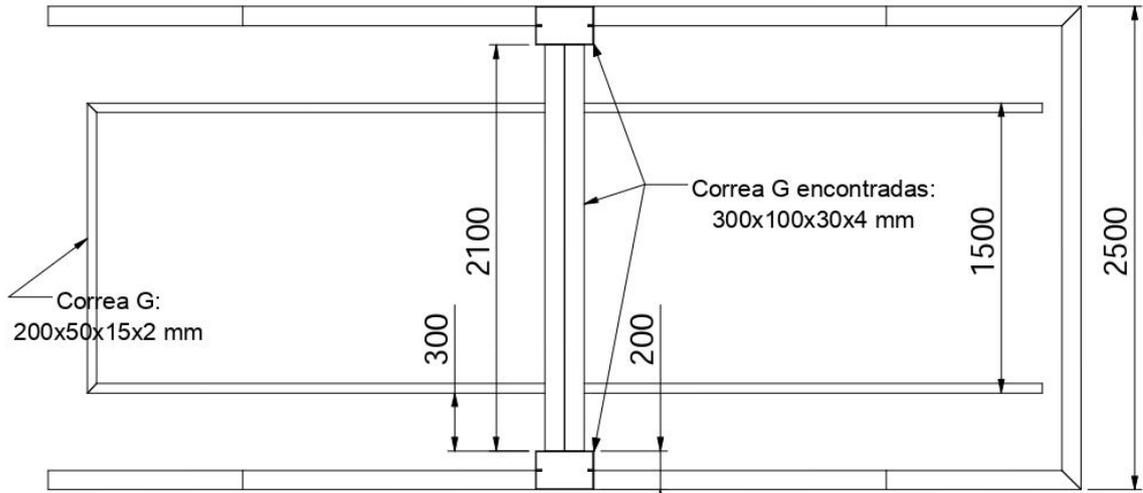


	Empresa:	AGUA SPLENDOR	SEOR S.A.
	Dibujado por:	Ing. Jefferson Mitel 15/02/2020	
Escala:	Aprobado por:	Ing. Vicente Romero	No. 3.1
1:10	DESPALETIZADOR PARA ENVASES DE VIDRIO		

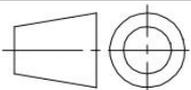
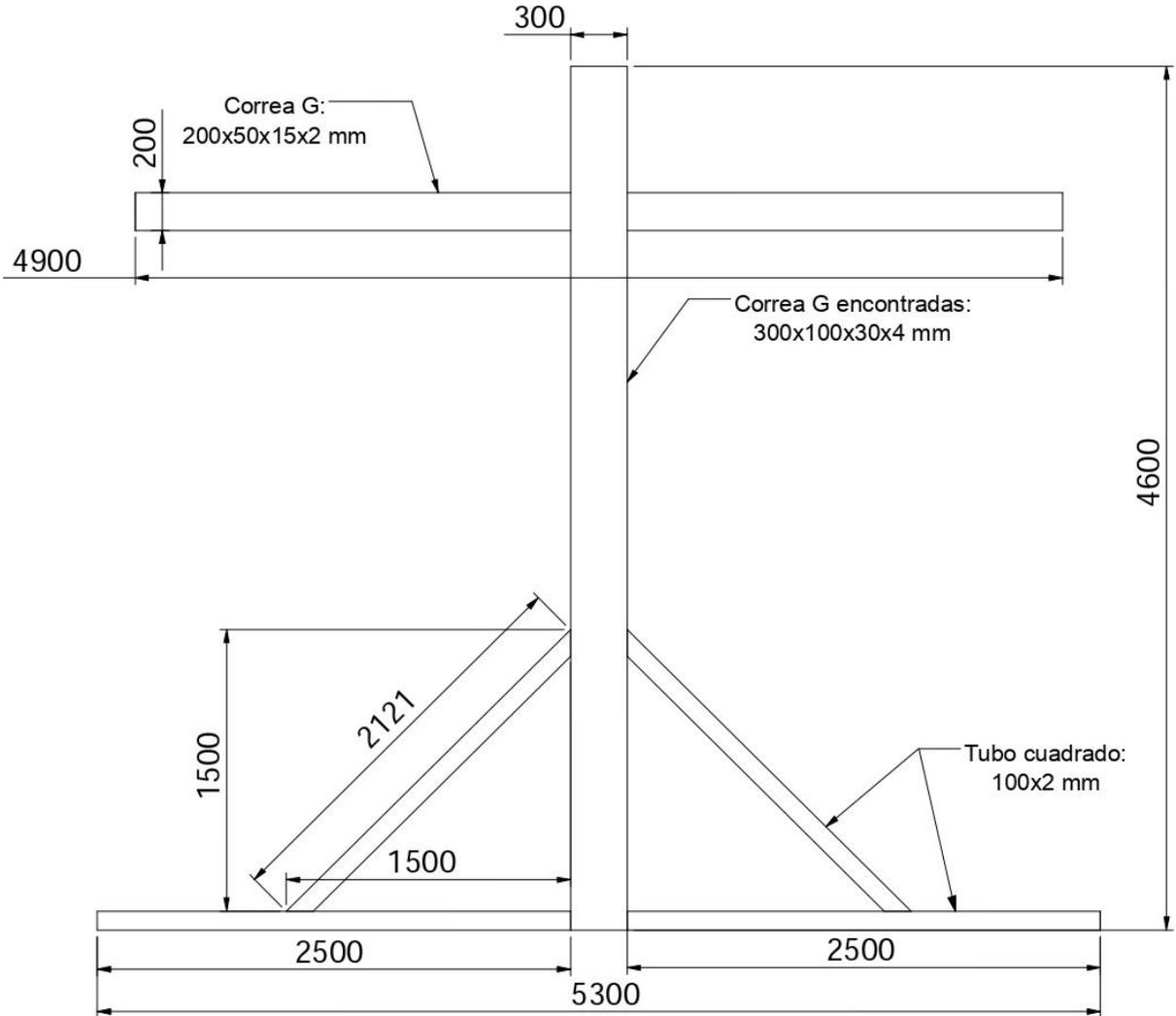


MATERIAL: ACERO AL CARBONO

VISTA PLANTA DE ESTRUCTURA



VISTA LATERAL DE ESTRUCTURA



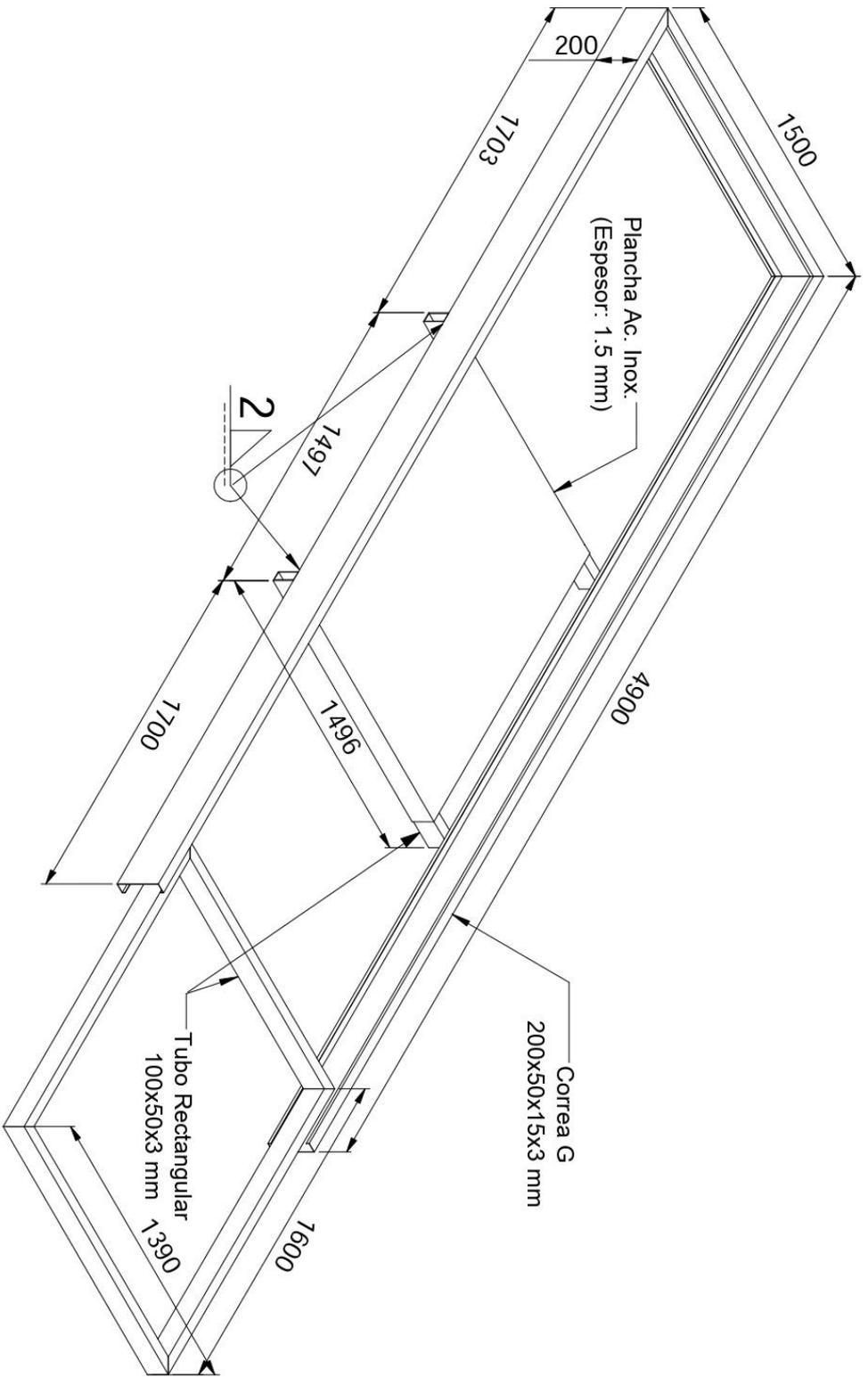
Cliente:	AGUA SPLENDOR	
Dibujado por:	Ing. Jefferson Mite	28/01/2020
Aprobado por:	Ing. Vicente Romero	

SEOR S.A.

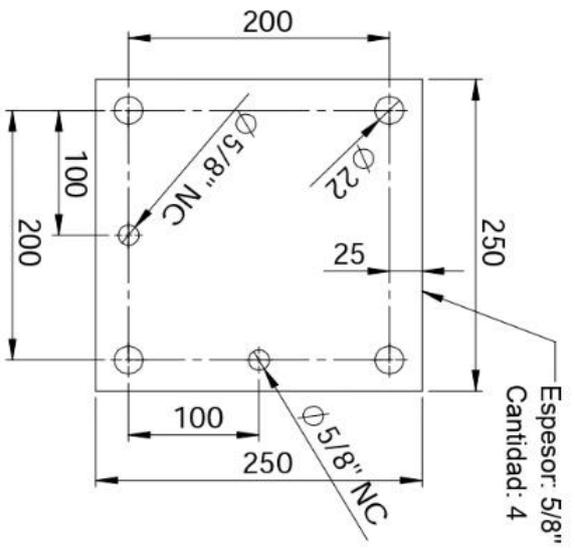
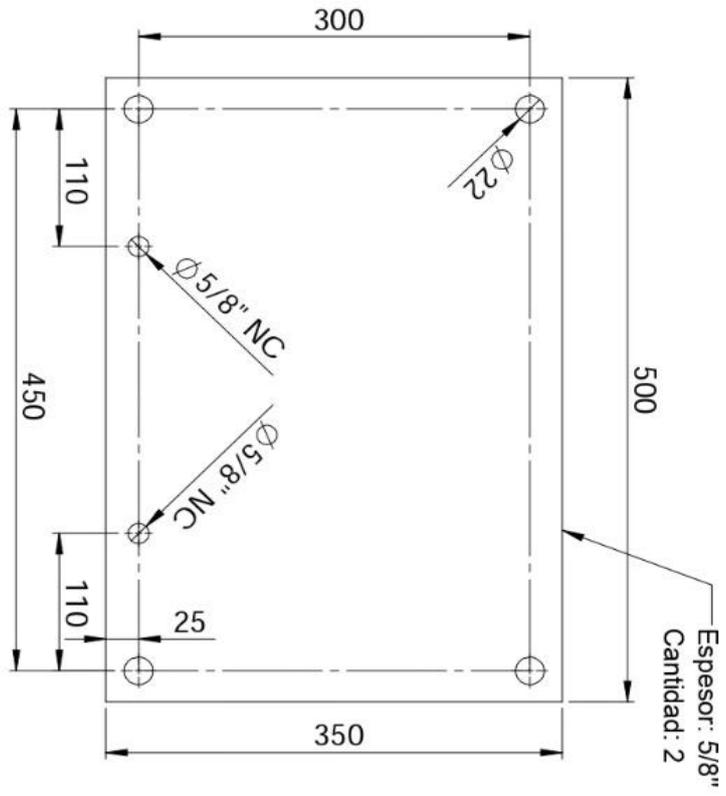
Escala:
1:35

DESPALETIZADOR PARA ENVASES DE VIDRIO

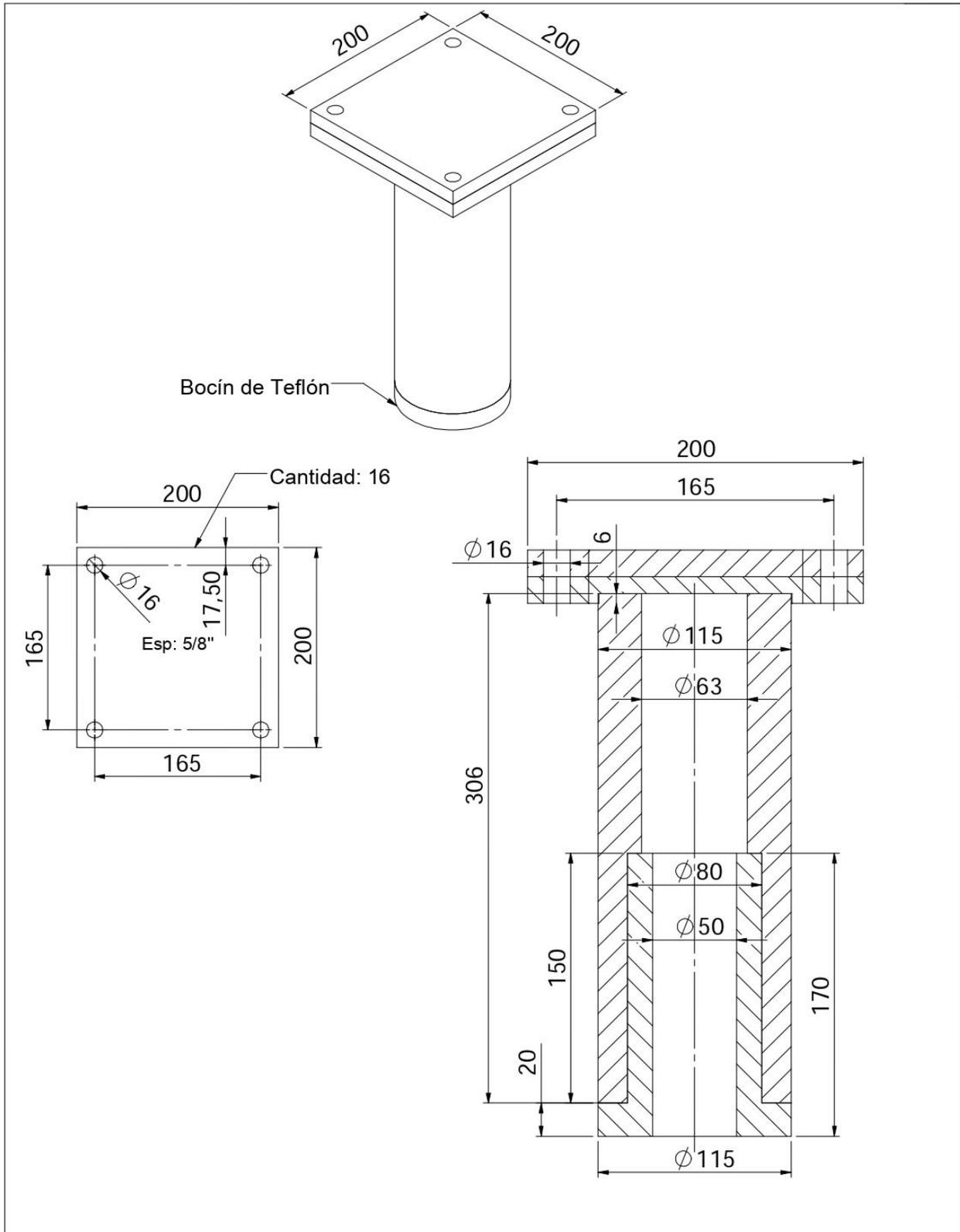
No.
2



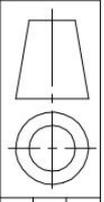
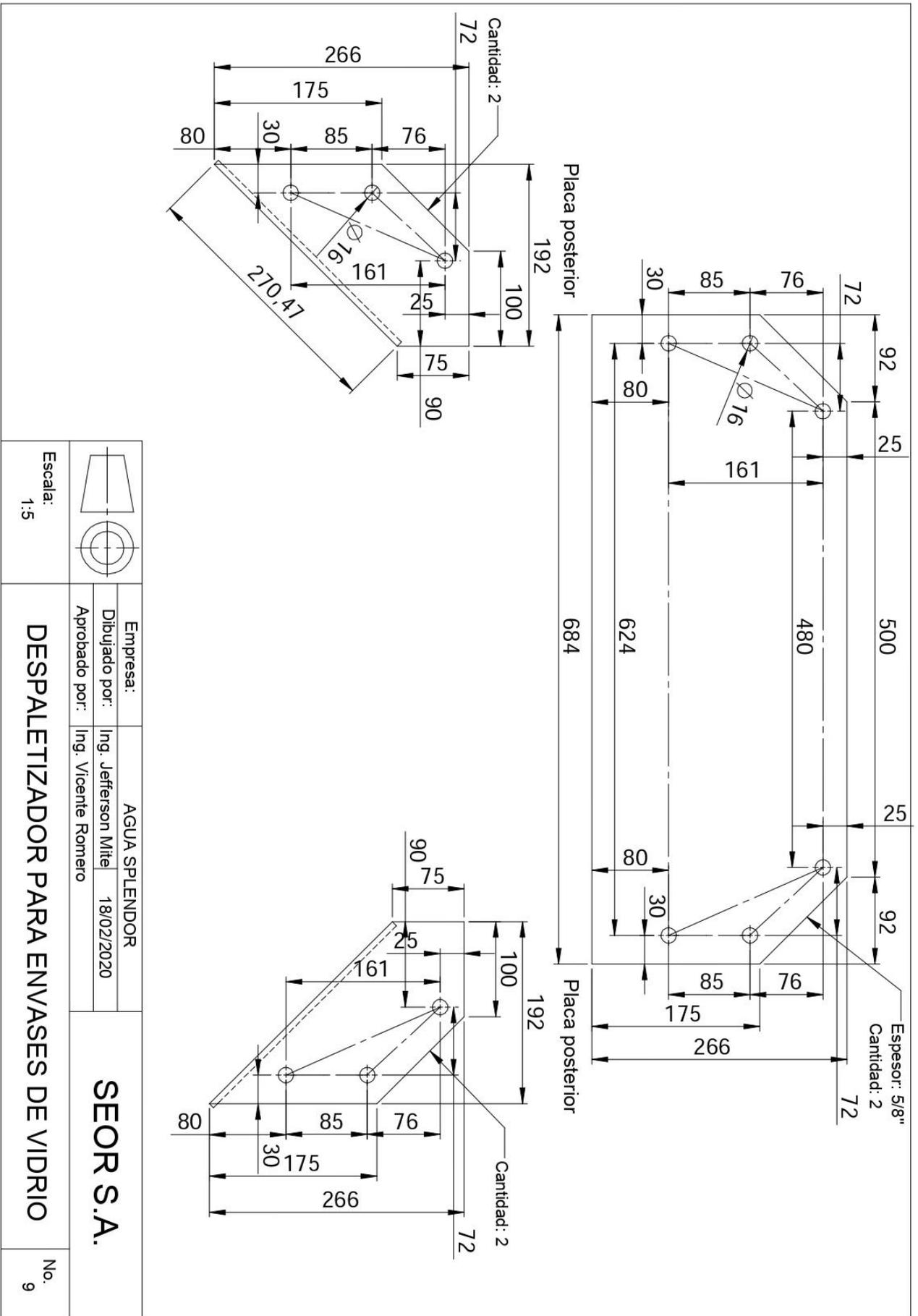
	Empresa:	AGUA SPLENDOR		SEOR S.A.
	Dibujado por:	Ing. Jefferson Mitei	15/02/2020	
Escala: 1:25	Aprobado por:	Ing. Vicente Romero		No. 4
DESPALETIZADOR PARA ENVASES DE VIDRIO				



	Empresa: AGUA SPLENDOR	SEOR S.A.	No. 5
	Dibujado por: Ing. Jefferson Mite 29/02/2020 Aprobado por: Ing. Vicente Romero		
Escala: 1:5			



	Cliente: AGUA SPLENDOR	<h2>SEOR S.A.</h2>
	Dibujado por: Ing. Jefferson Mite 15/02/2020	
	Aprobado por: Ing. Vicente Romero	
Escala:	<h3>DESPALETIZADOR PARA ENVASES DE VIDRIO</h3>	No. 6



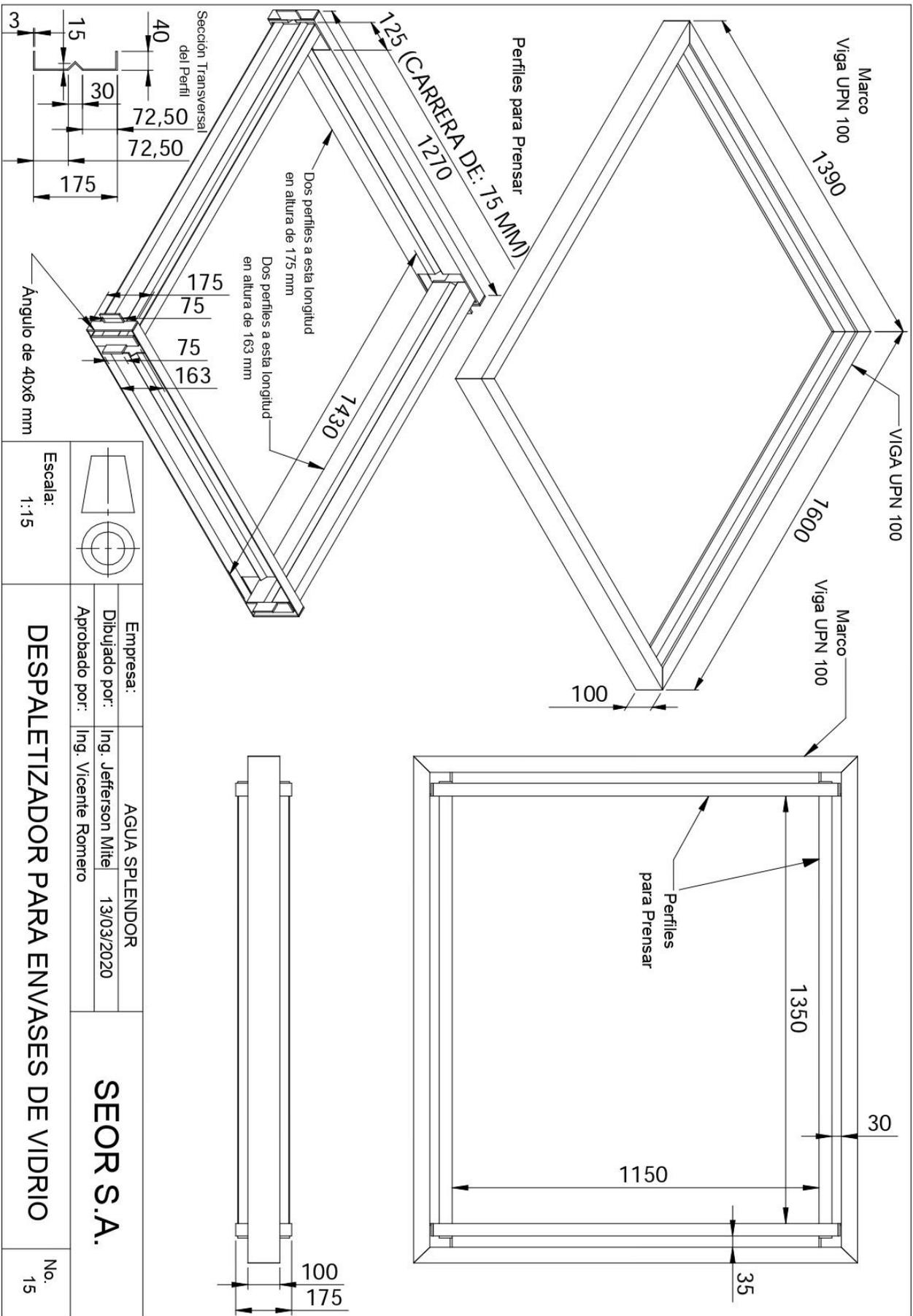
Escala:
1:5

Empresa: AGUA SPLENDOR
 Dibujado por: Ing. Jefferson Mite 18/02/2020
 Aprobado por: Ing. Vicente Romero

DESPALETIZADOR PARA ENVASES DE VIDRIO

SEOR S.A.

No.
9



Escala:
1:15

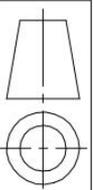
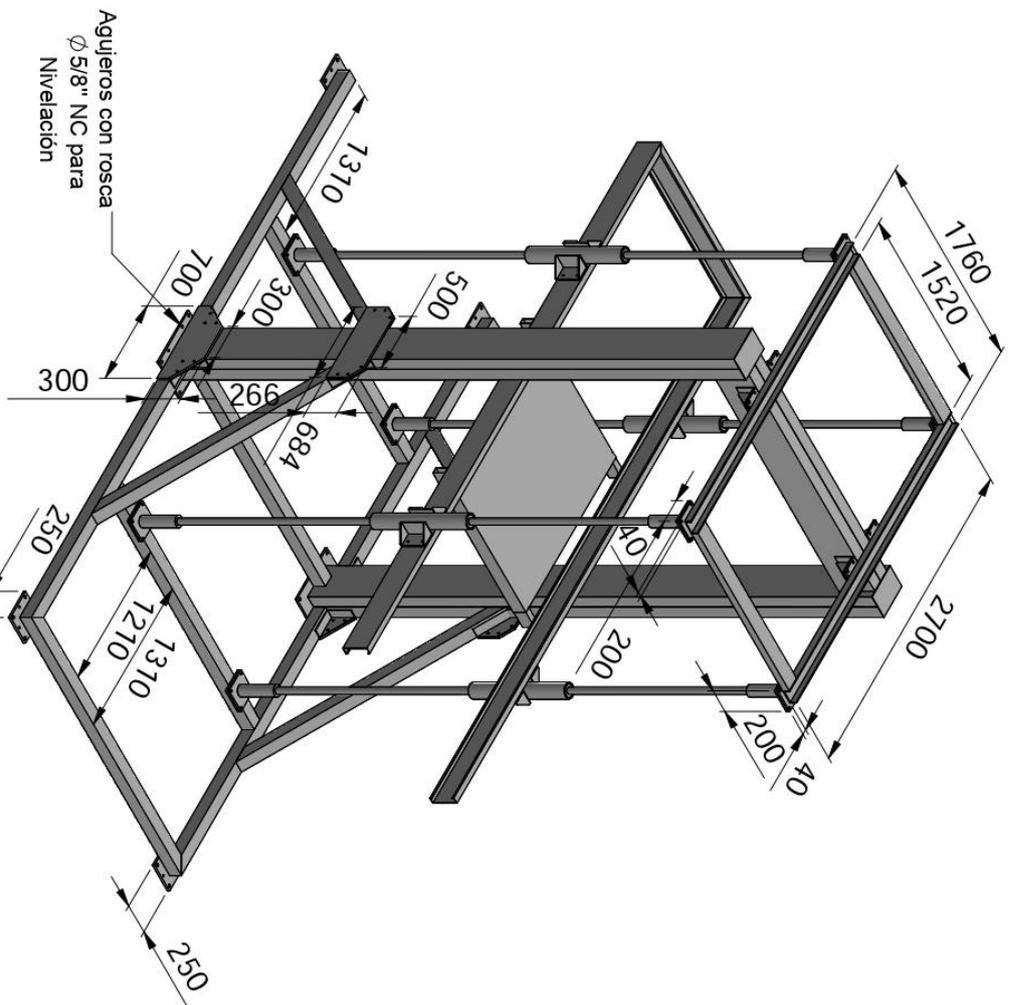
Empresa: AGUA SPLENDOR
 Dibujado por: Ing. Jefferson Mite 13/03/2020
 Aprobado por: Ing. Vicente Romero

SEOR S.A.

DESPALETIZADOR PARA ENVASES DE VIDRIO

No.
15

MATERIAL: ACERO AL CARBONO



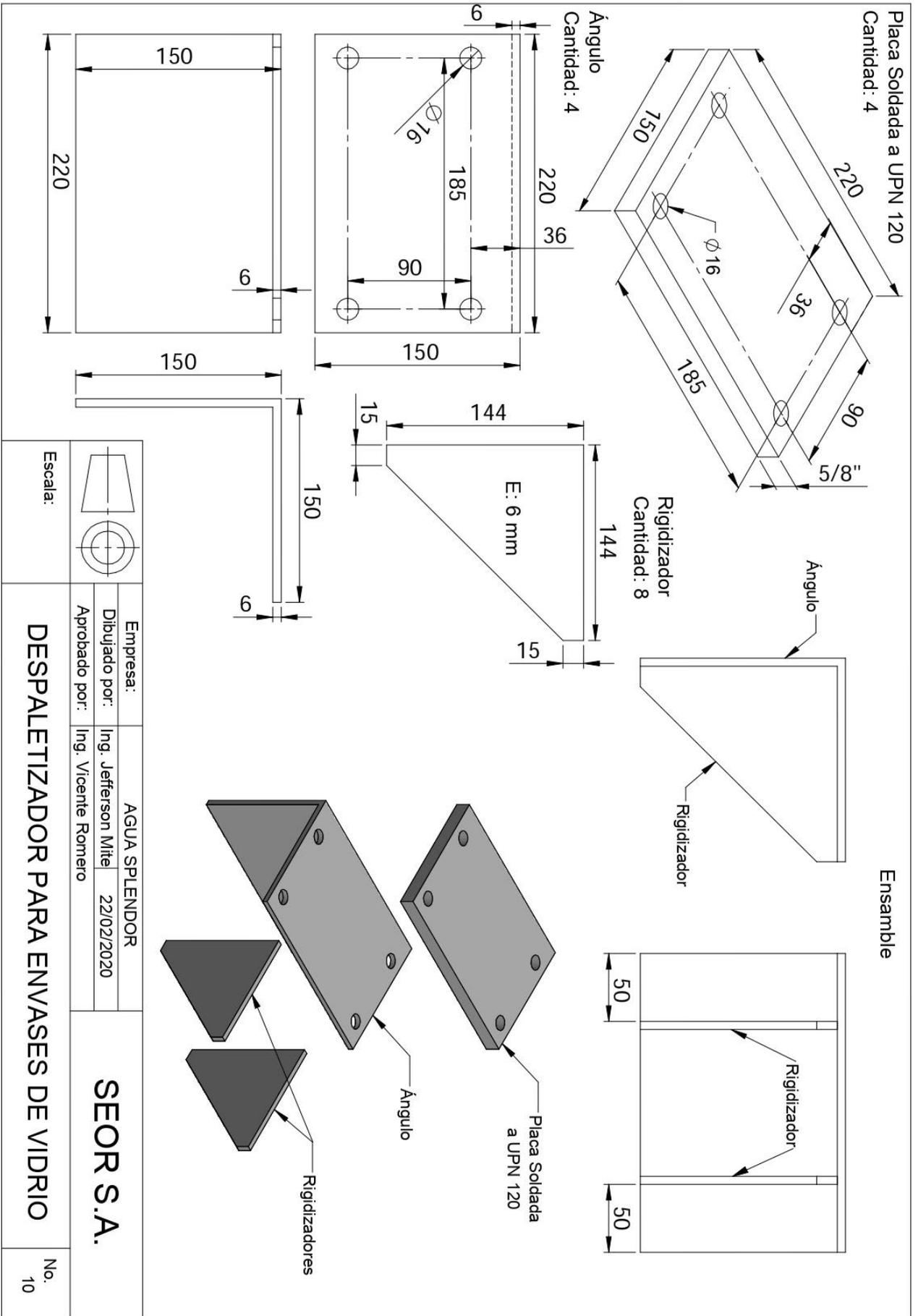
Escala:
1:45

Empresa: AGUA SPLENDOR
 Dibujado por: Ing. Jefferson Mite 24/02/2020
 Aprobado por: Ing. Vicente Romero

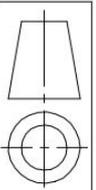
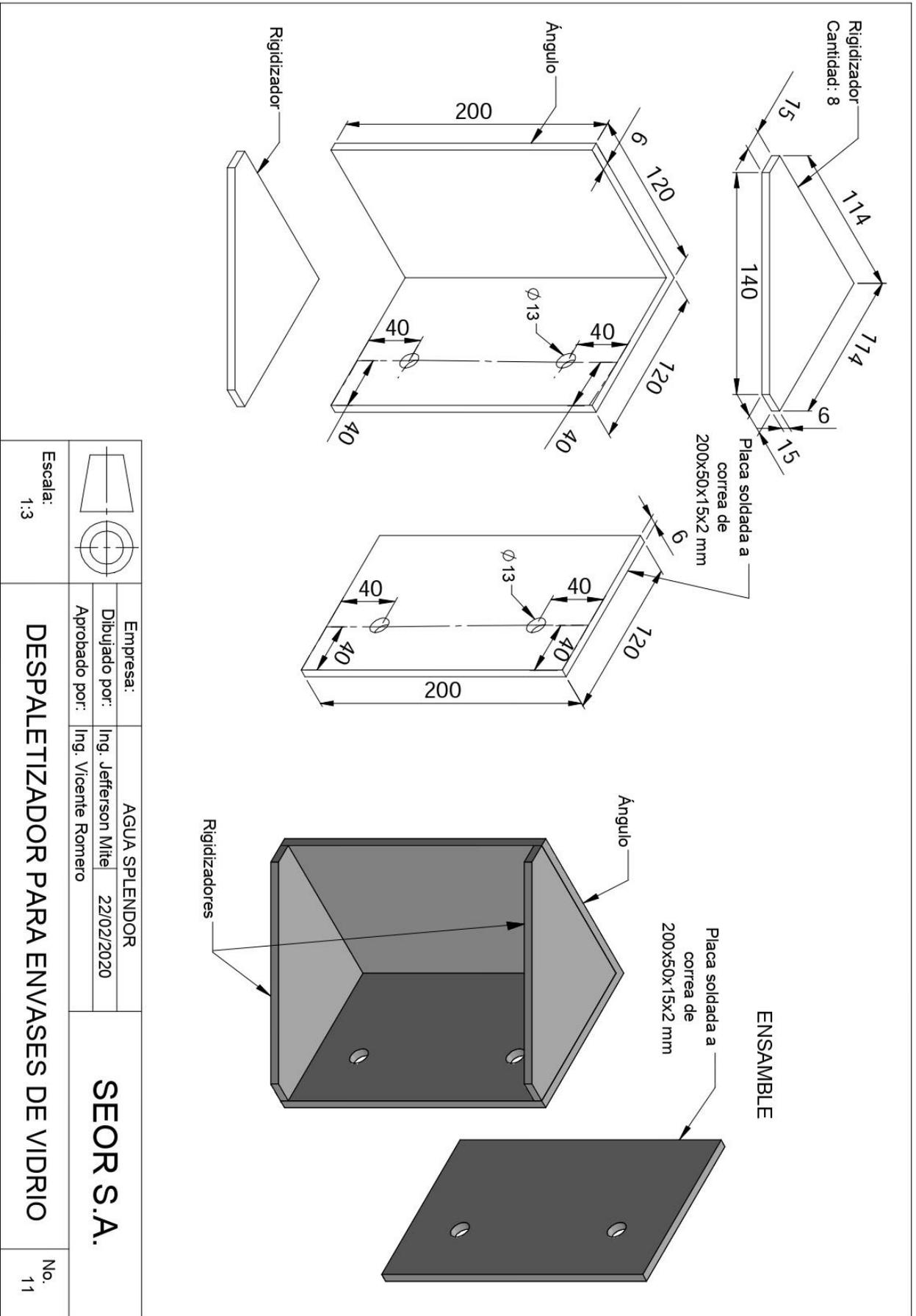
SEOR S.A.

DESPALETIZADOR PARA ENVASES DE VIDRIO

No.
7

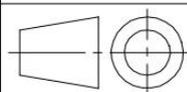
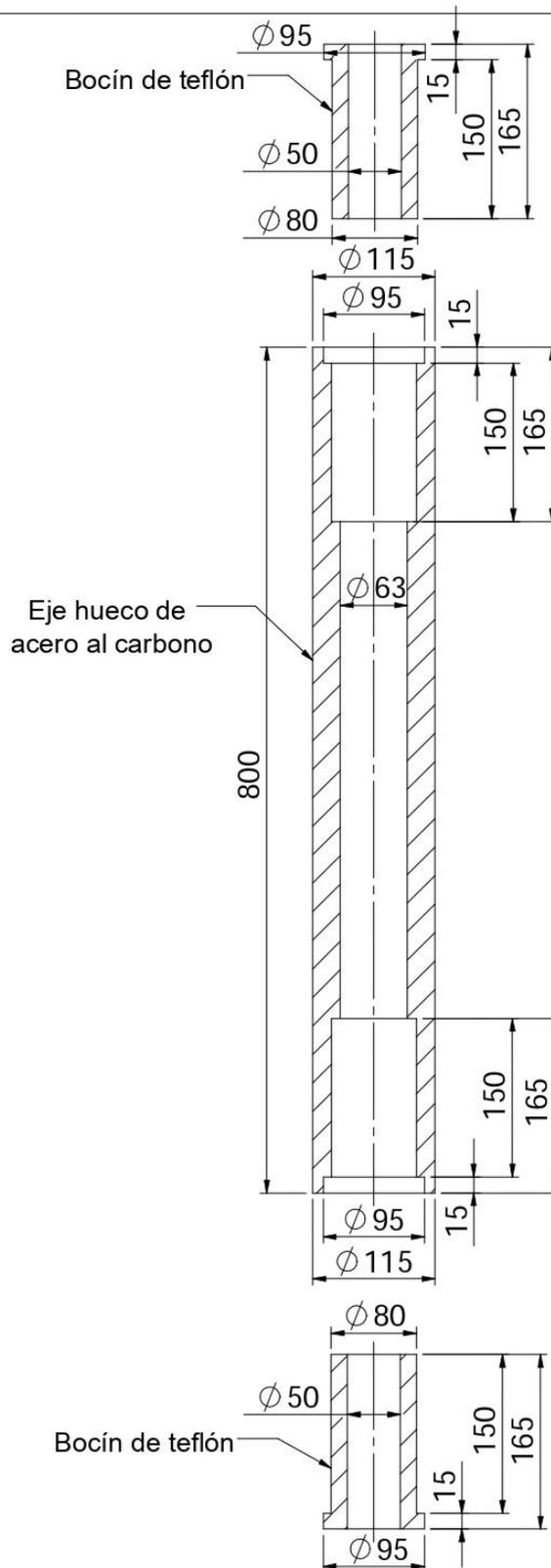


Escala:		Empresa:	AGUA SPLENDOR
		Dibujado por:	Ing. Jefferson Mite 22/02/2020
		Aprobado por:	Ing. Vicente Romero
DESPALETIZADOR PARA ENVASES DE VIDRIO		SEOR S.A.	



Escala:
1:3

Empresa:	AGUA SPLENDOR	SEOR S.A.
Dibujado por:	Ing. Jefferson Mitel 22/02/2020	
Aprobado por:	Ing. Vicente Romero	
DESPALETIZADOR PARA ENVASES DE VIDRIO		No. 11



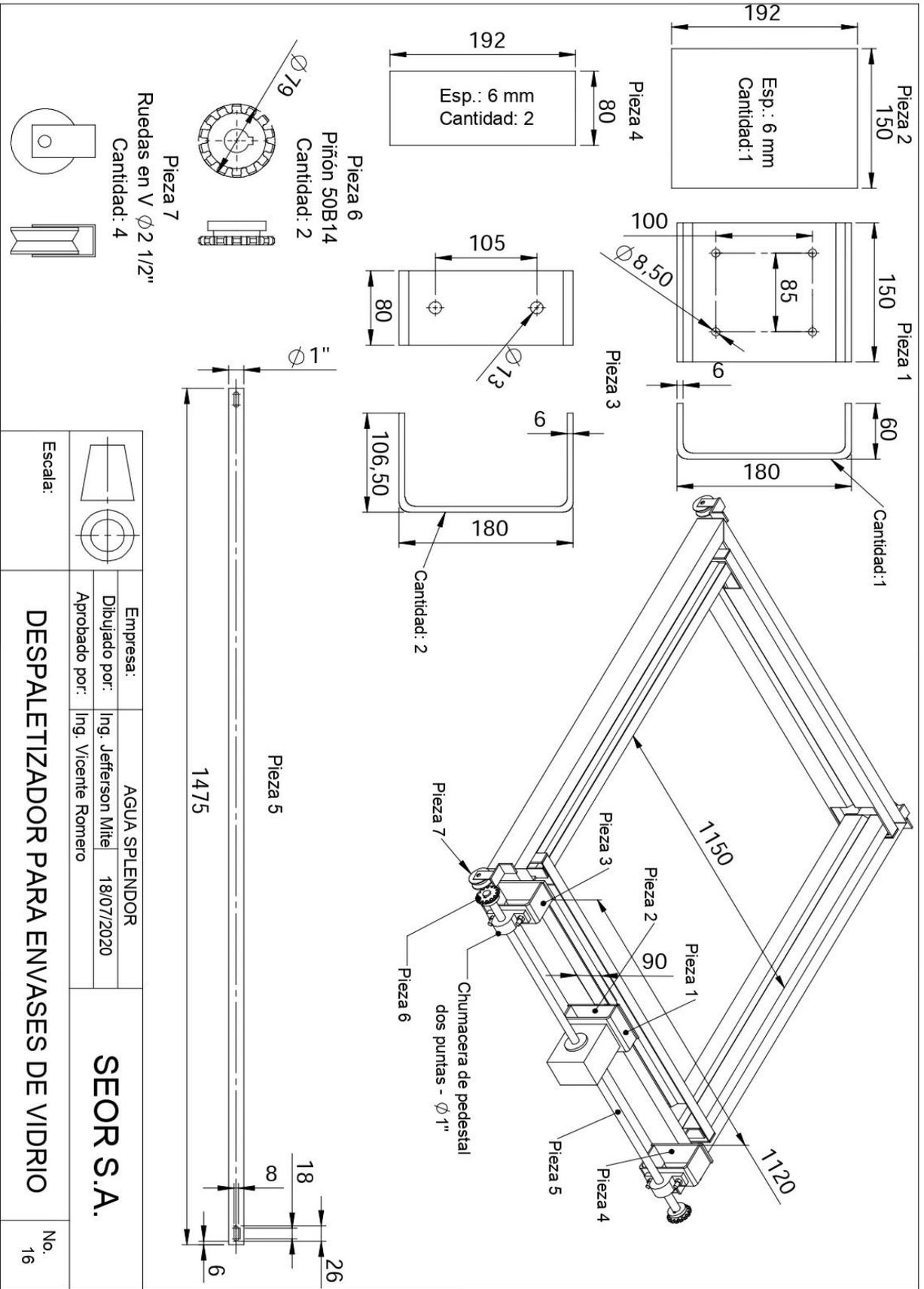
Ciente:	AGUA SPLENDOR	
Dibujado por:	Ing. Jefferson Mite	24/02/2020
Aprobado por:	Ing. Vicente Romero	

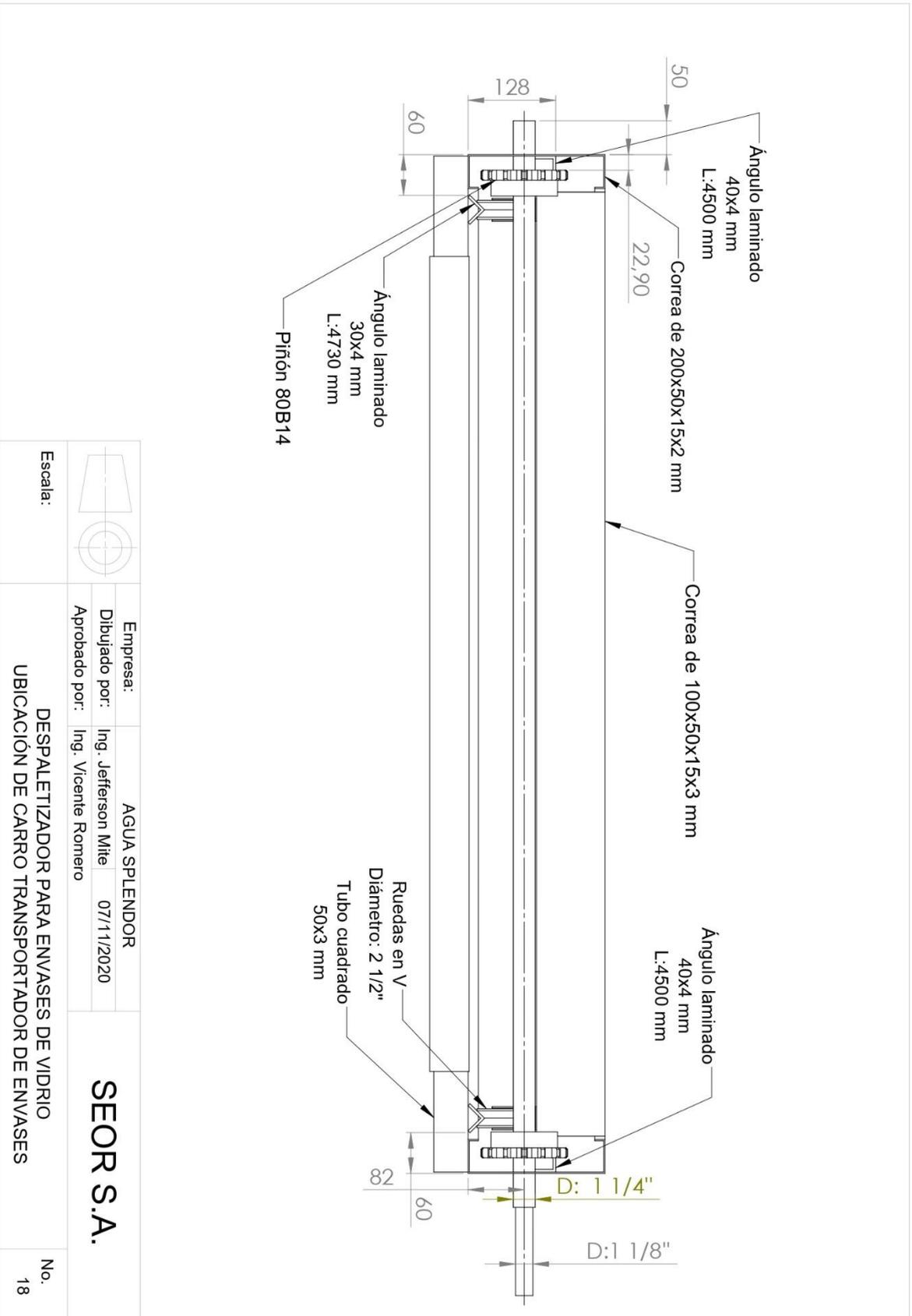
SEOR S.A.

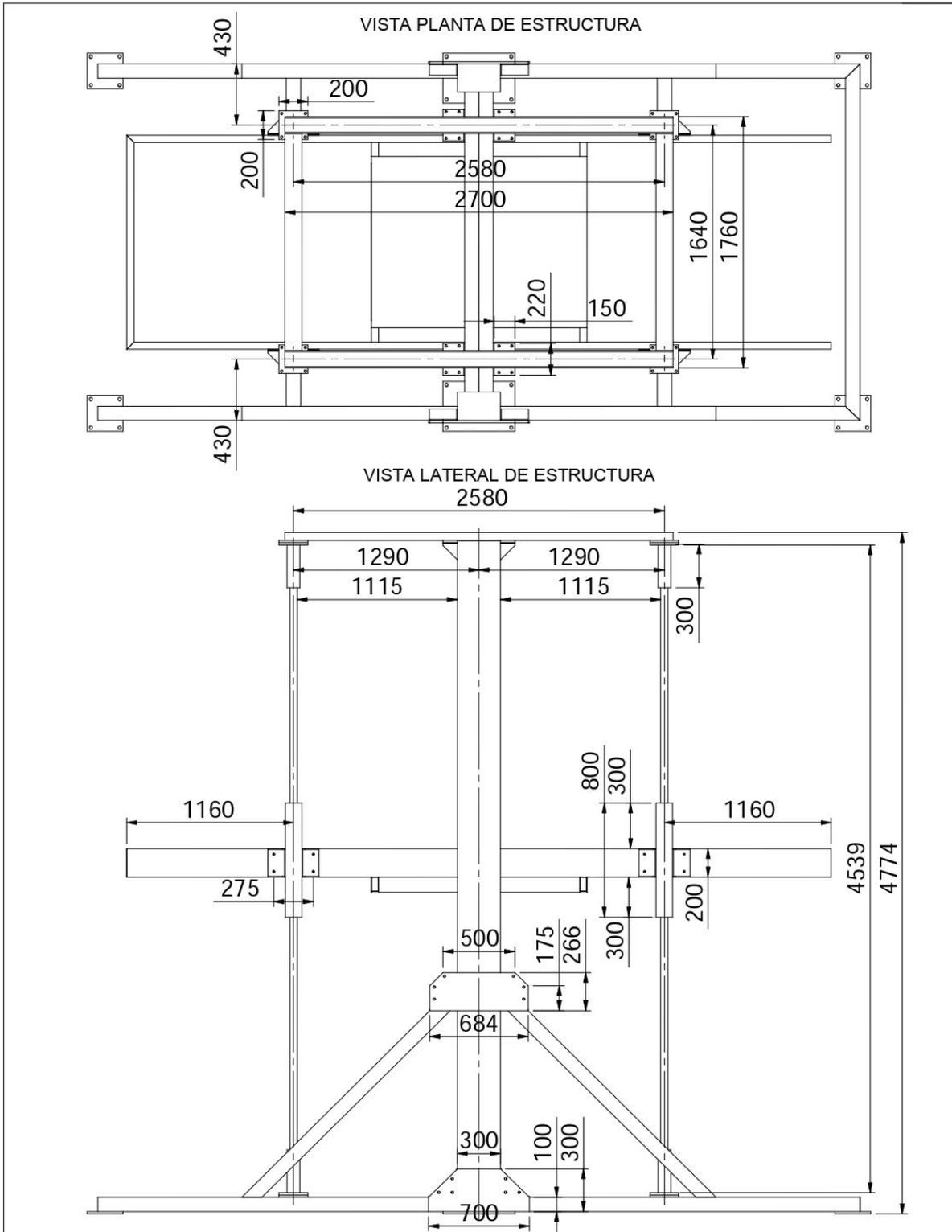
Escala:
1:6

DESPALETIZADOR PARA ENVASES DE VIDRIO

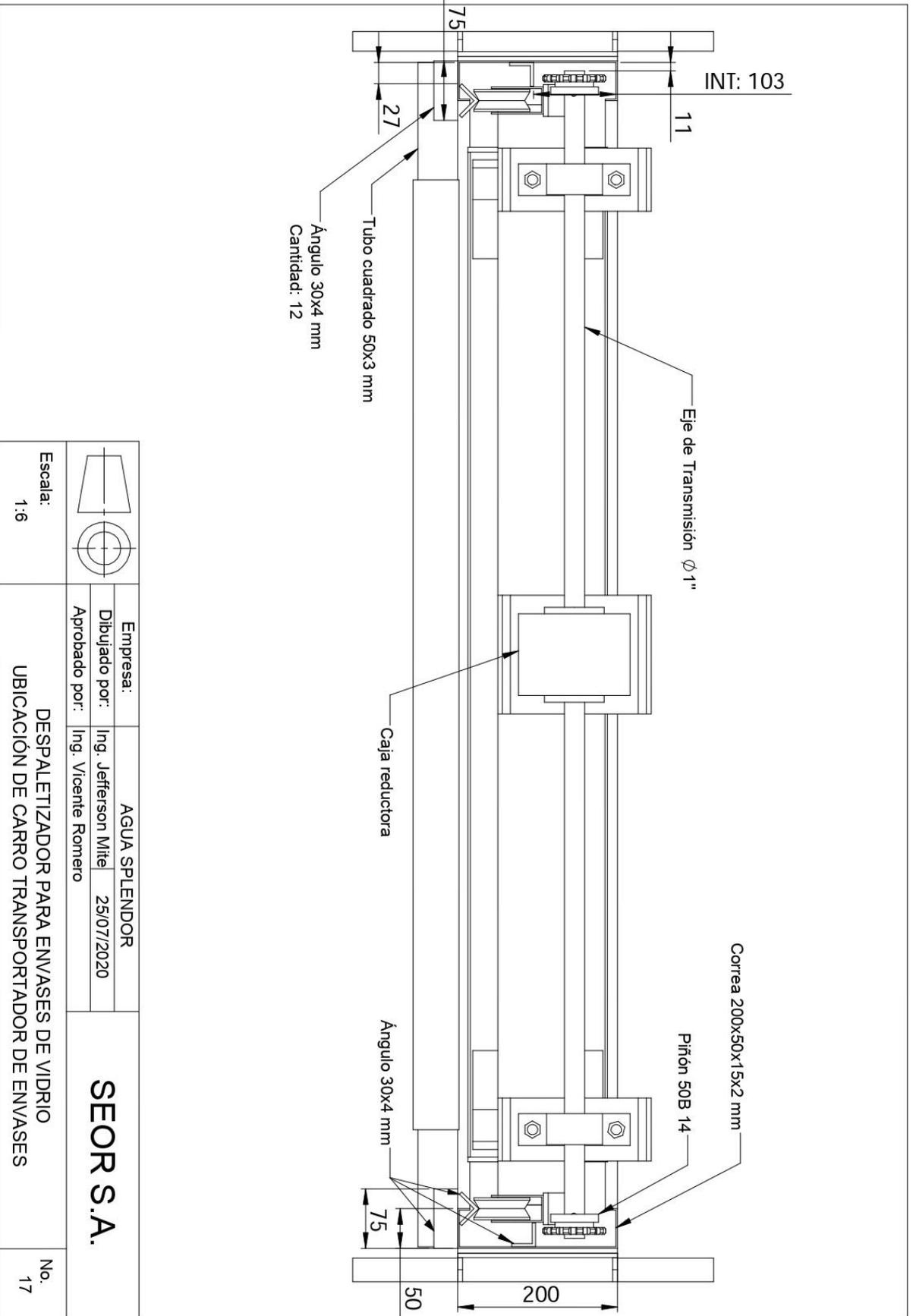
No.
13

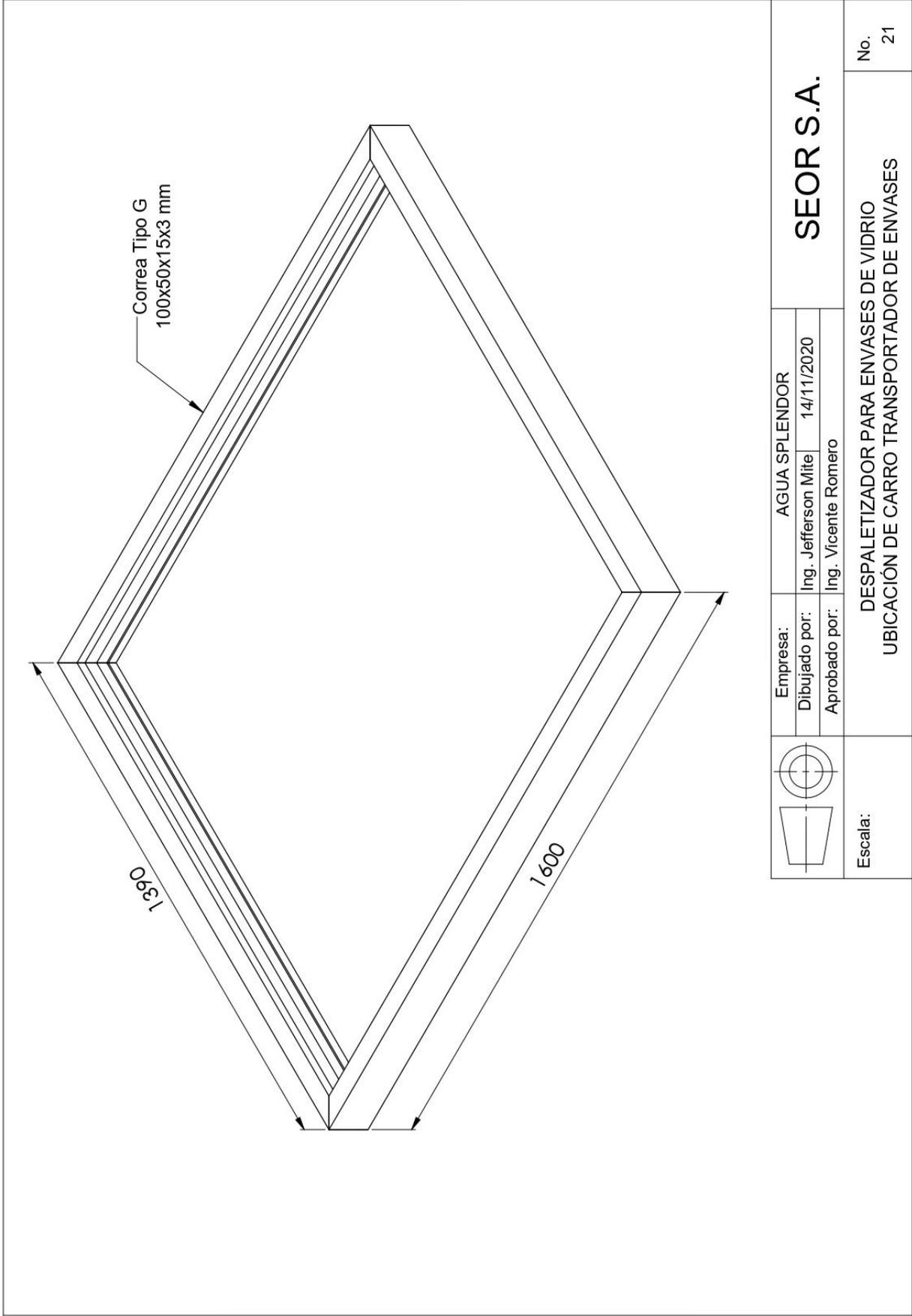


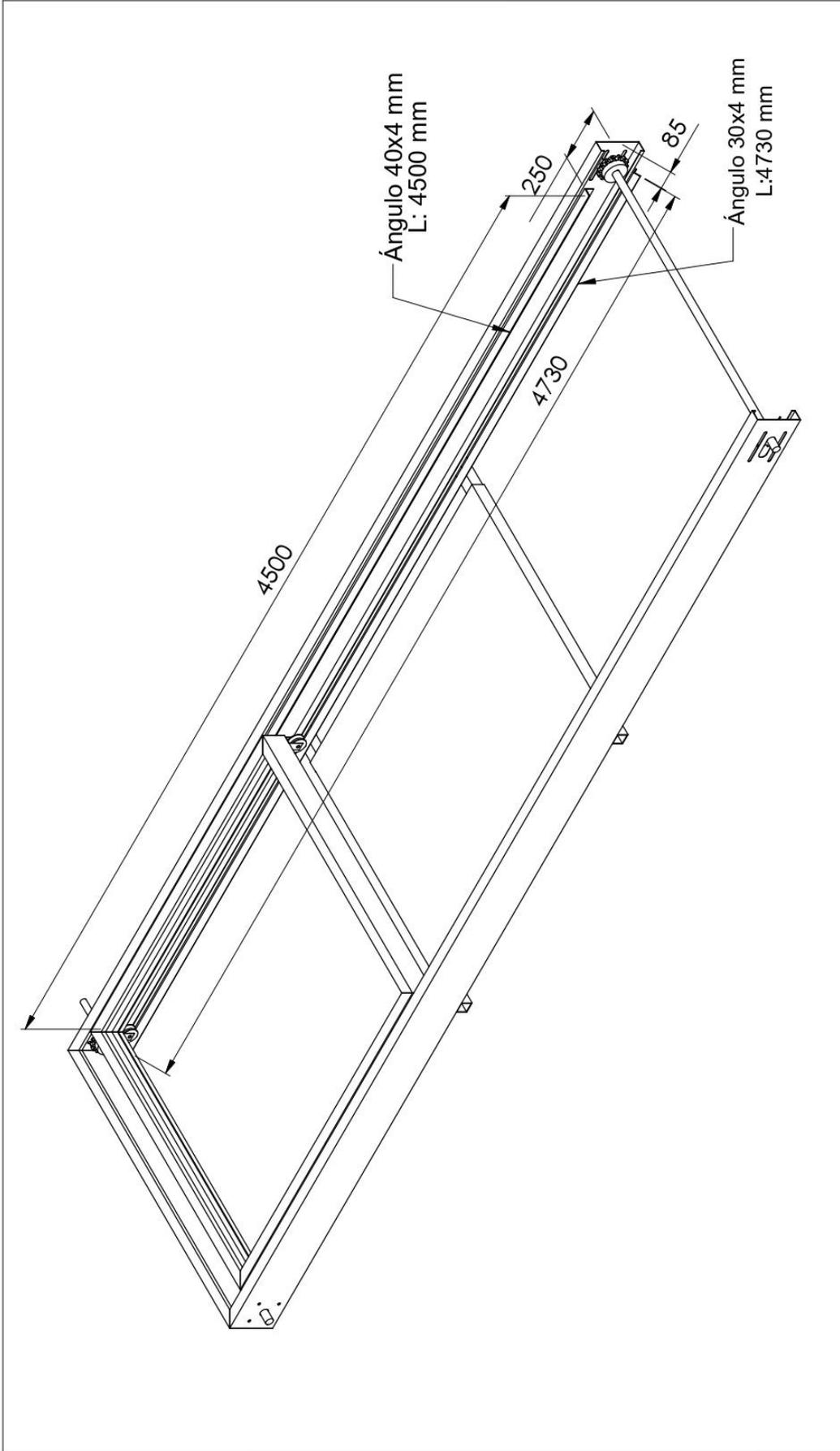




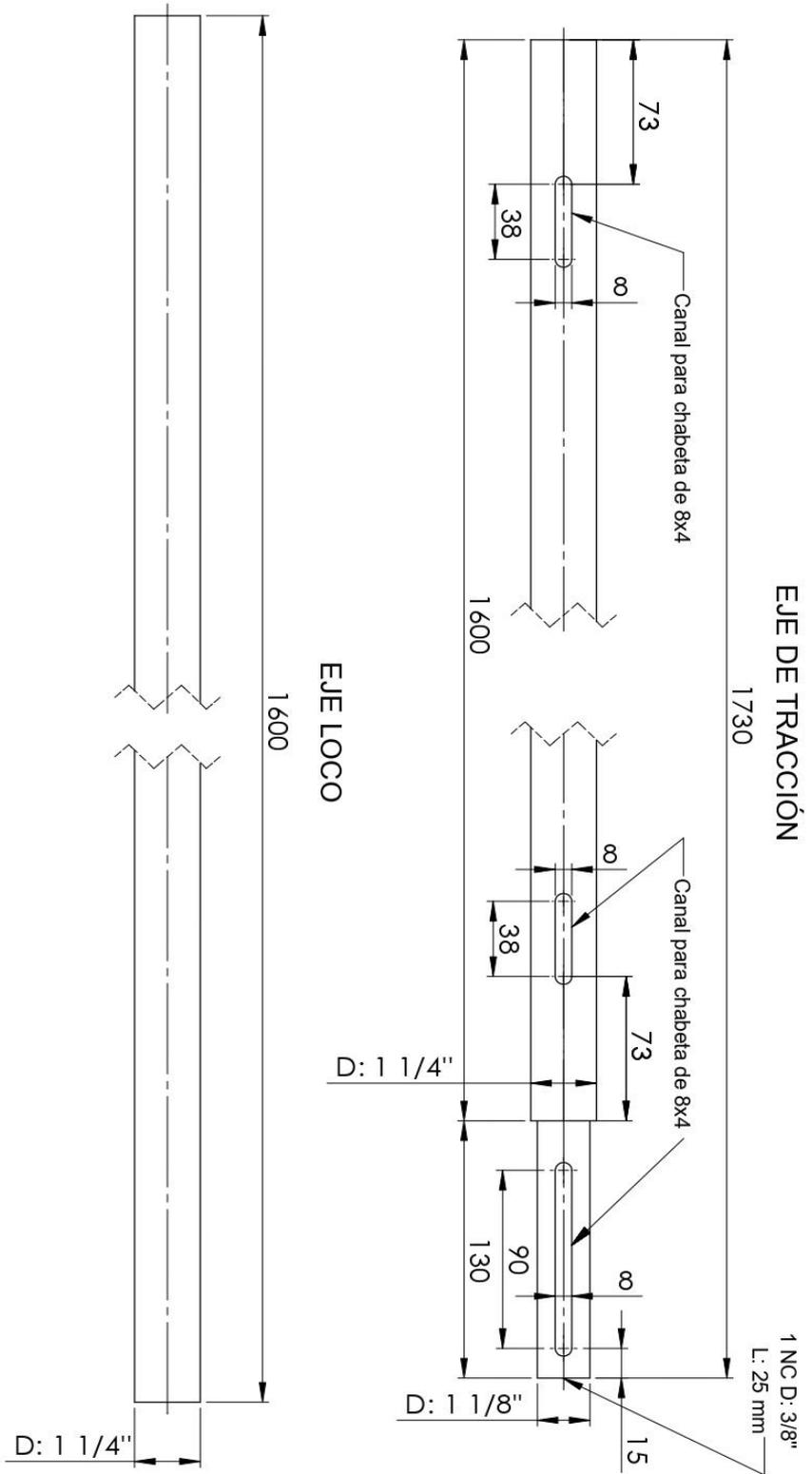
	Cliente:	AGUA SPLENDOR		<h1>SEOR S.A.</h1>
	Dibujado por:	Ing. Jefferson Mite	24/02/2020	
	Aprobado por:	Ing. Vicente Romero		
Escala: 1:35	DESPALETIZADOR PARA ENVASES DE VIDRIO			No. 14



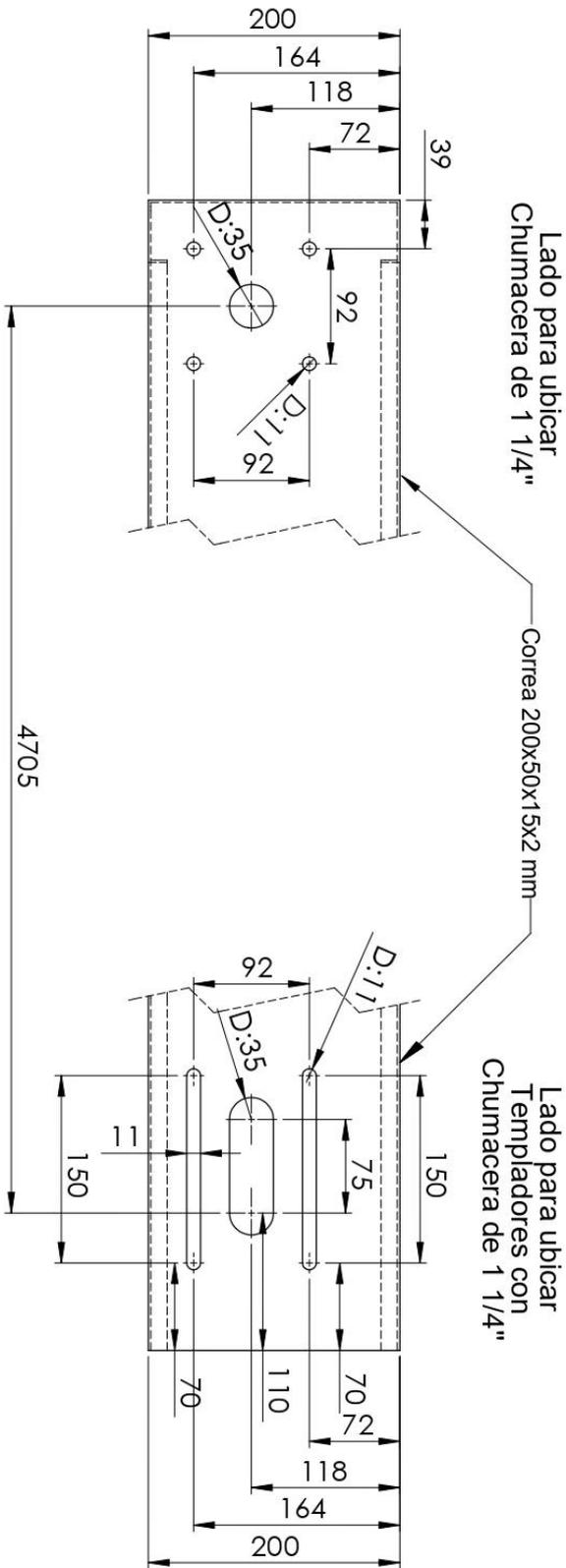




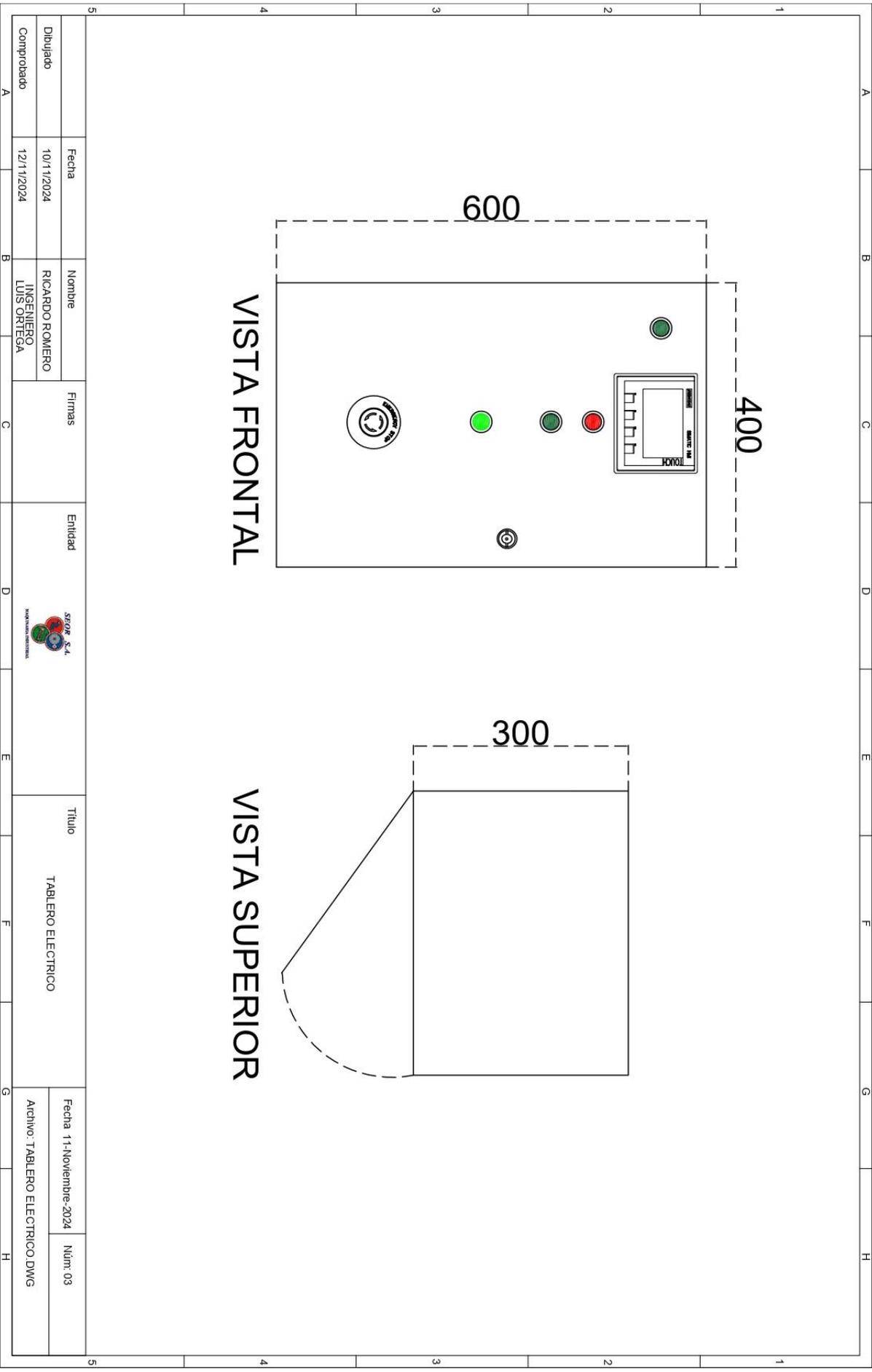
	Empresa: AGUA SPLENDOR	SEOR S.A.	
	Dibujado por: Ing. Jefferson Mite 15/11/2020 Aprobado por: Ing. Vicente Romero		
Escala:	DESPALETIZADOR PARA ENVASES DE VIDRIO UBICACIÓN DE CARRO TRANSPORTADOR DE ENVASES		No. 22



	Empresa:	AGUA SPLENDOR	SEOR S.A.
	Dibujado por:	Ing. Jefferson Mite 14/11/2020	
Escala:	Aprobado por:	Ing. Vicente Romero	DESPALETIZADOR PARA ENVASES DE VIDRIO UBICACIÓN DE CARRO TRANSPORTADOR DE ENVASES
	No.	20	



	Empresa:	AGUA SPLENDOR	<h1>SEOR S.A.</h1>
	Dibujado por:	Ing. Jefferson Mite	
Escala:	Aprobado por:	Ing. Vicente Romero	
DESPALETIZADOR PARA ENVASES DE VIDRIO UBICACIÓN DE CARRO TRANSPORTADOR DE ENVASES			No. 19

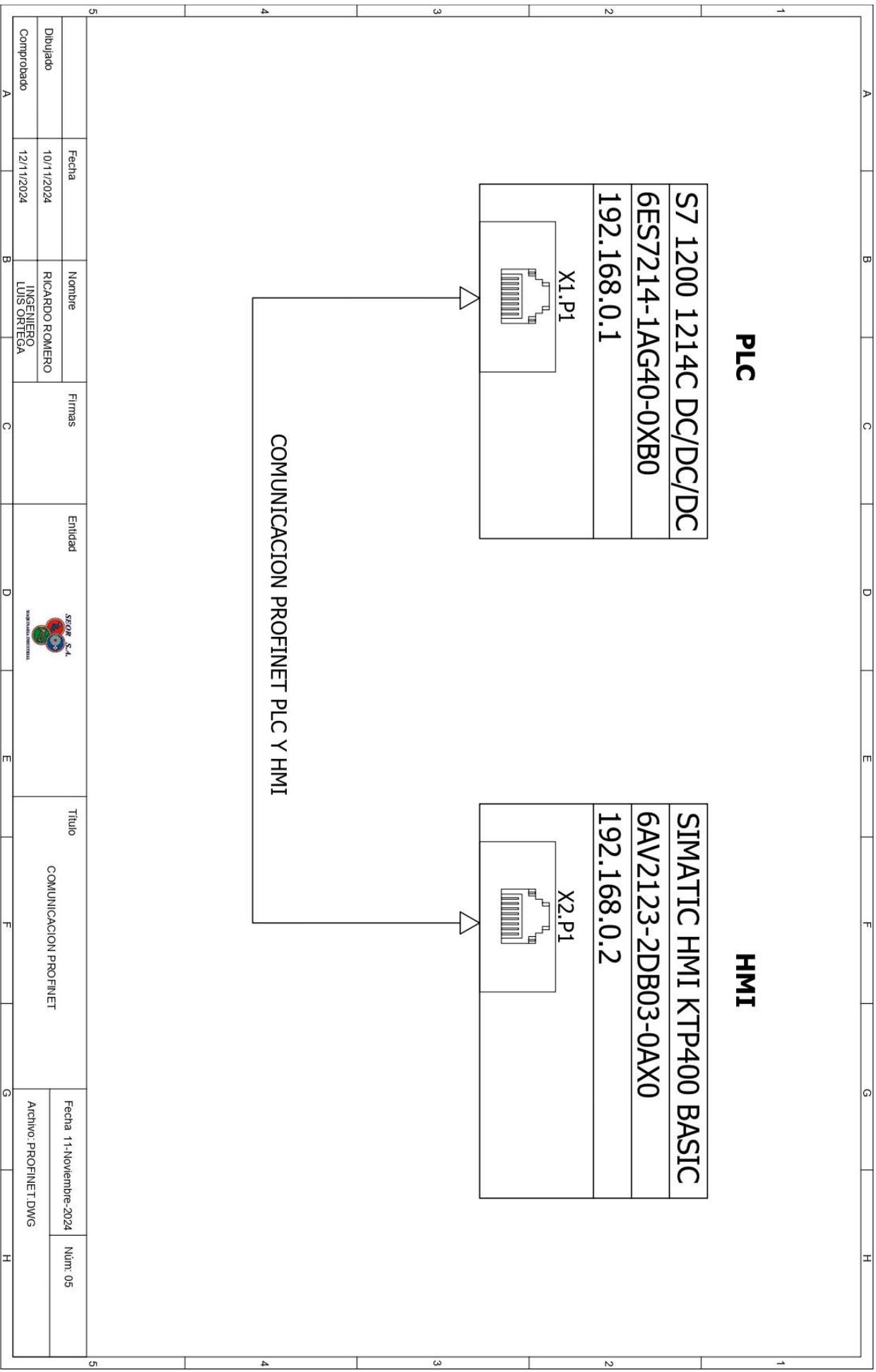


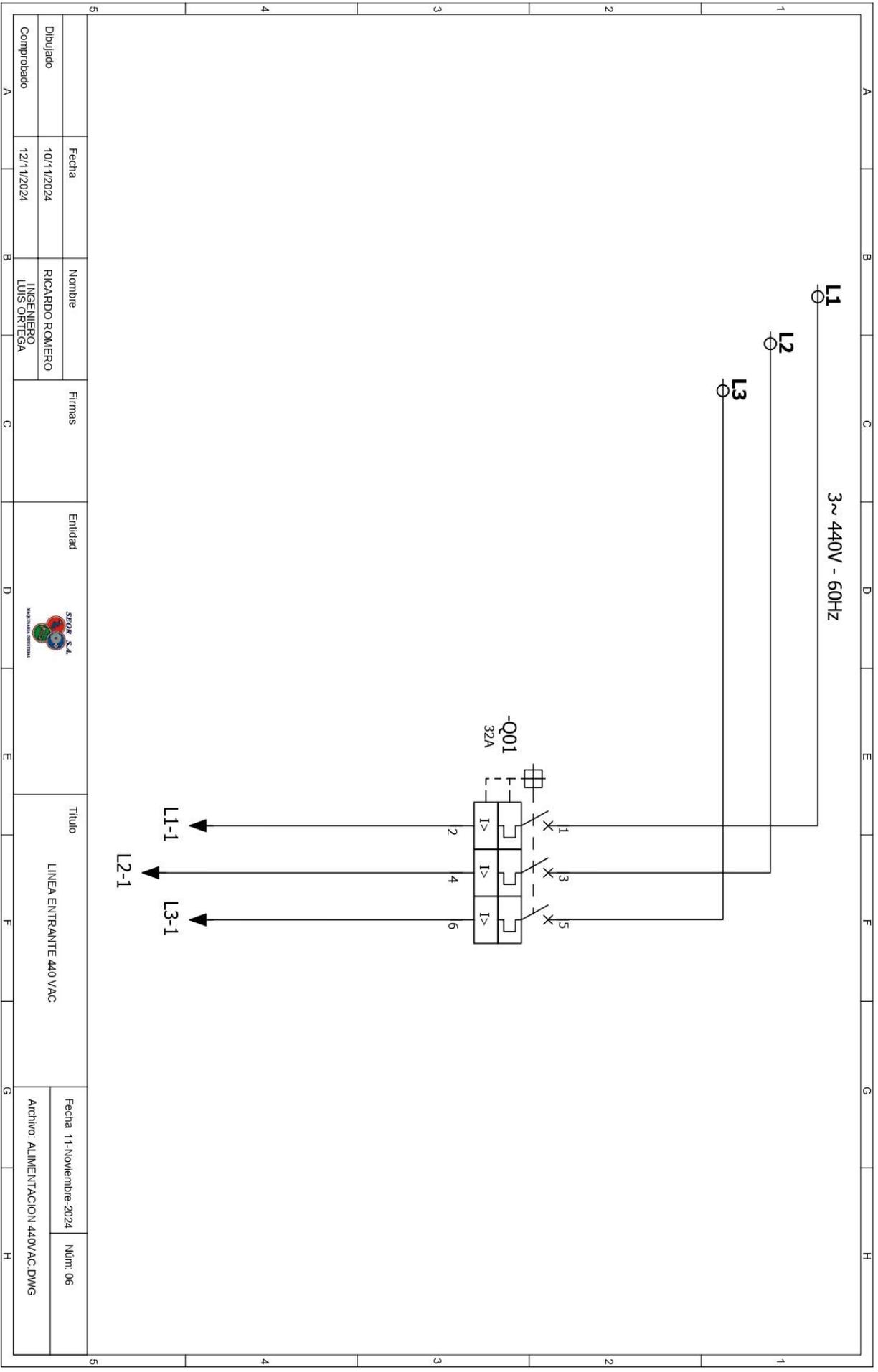
VISTA FRONTAL

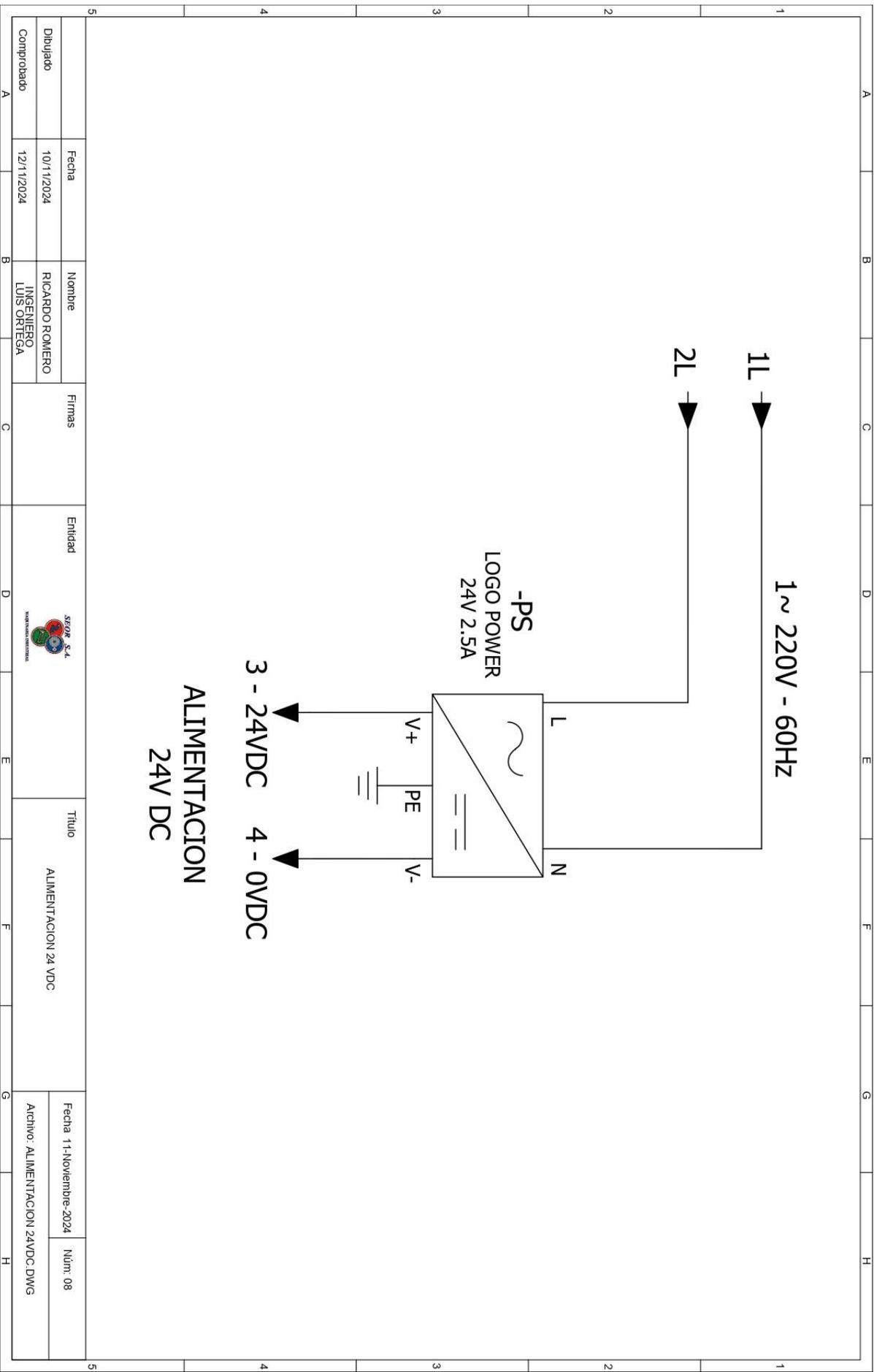
VISTA SUPERIOR

Comprobado		12/11/2024	Firmas		Entidad		Título		Fecha 11-Noviembre-2024		Num: 03		
Dibujado		10/11/2024	RICARDO ROMERO				TABLERO ELECTRICO		Archivo: TABLERO ELECTRICO.DWG				
A		B		C		D		E		F		G	
A		B		C		D		E		F		G	

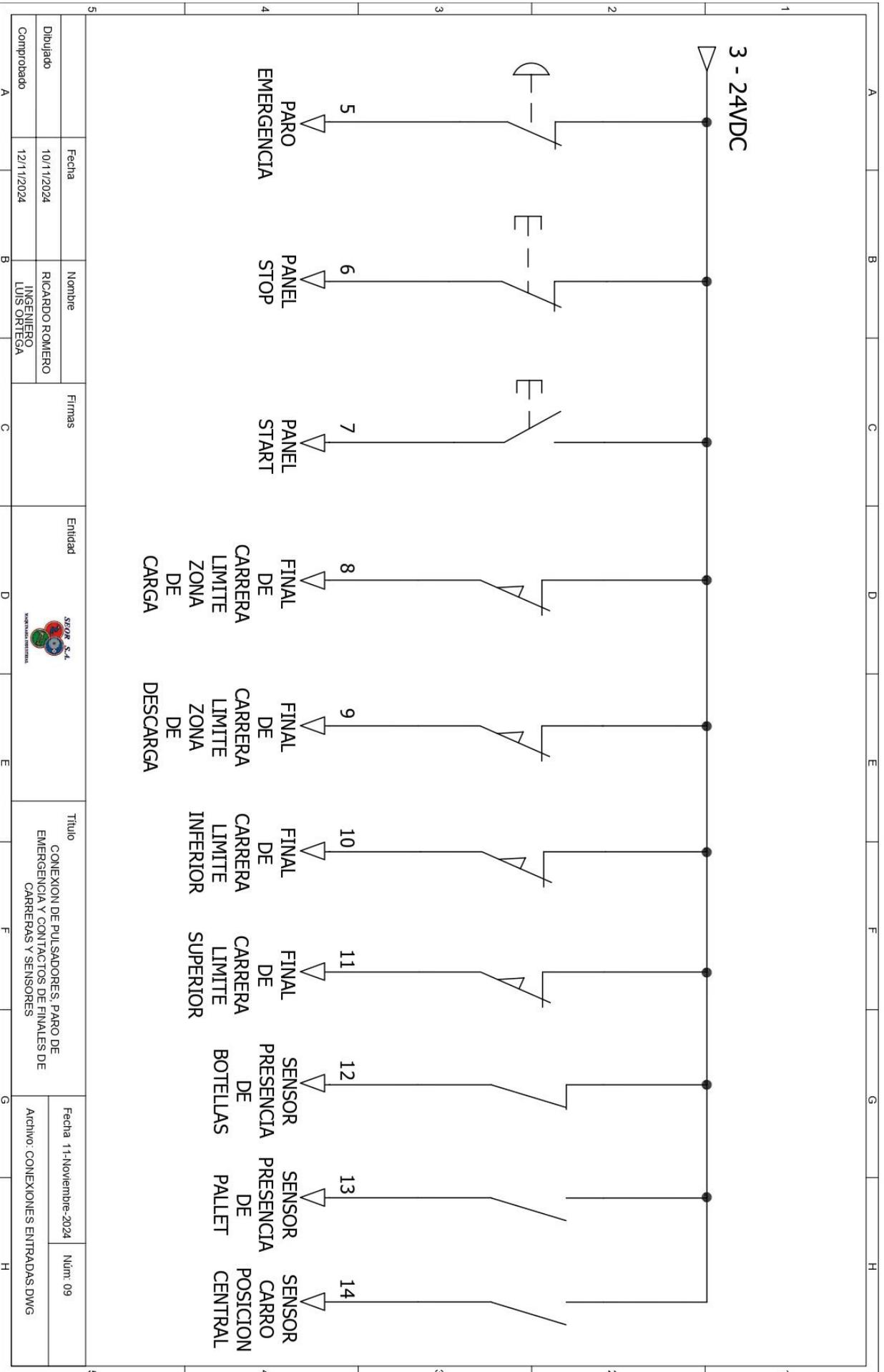




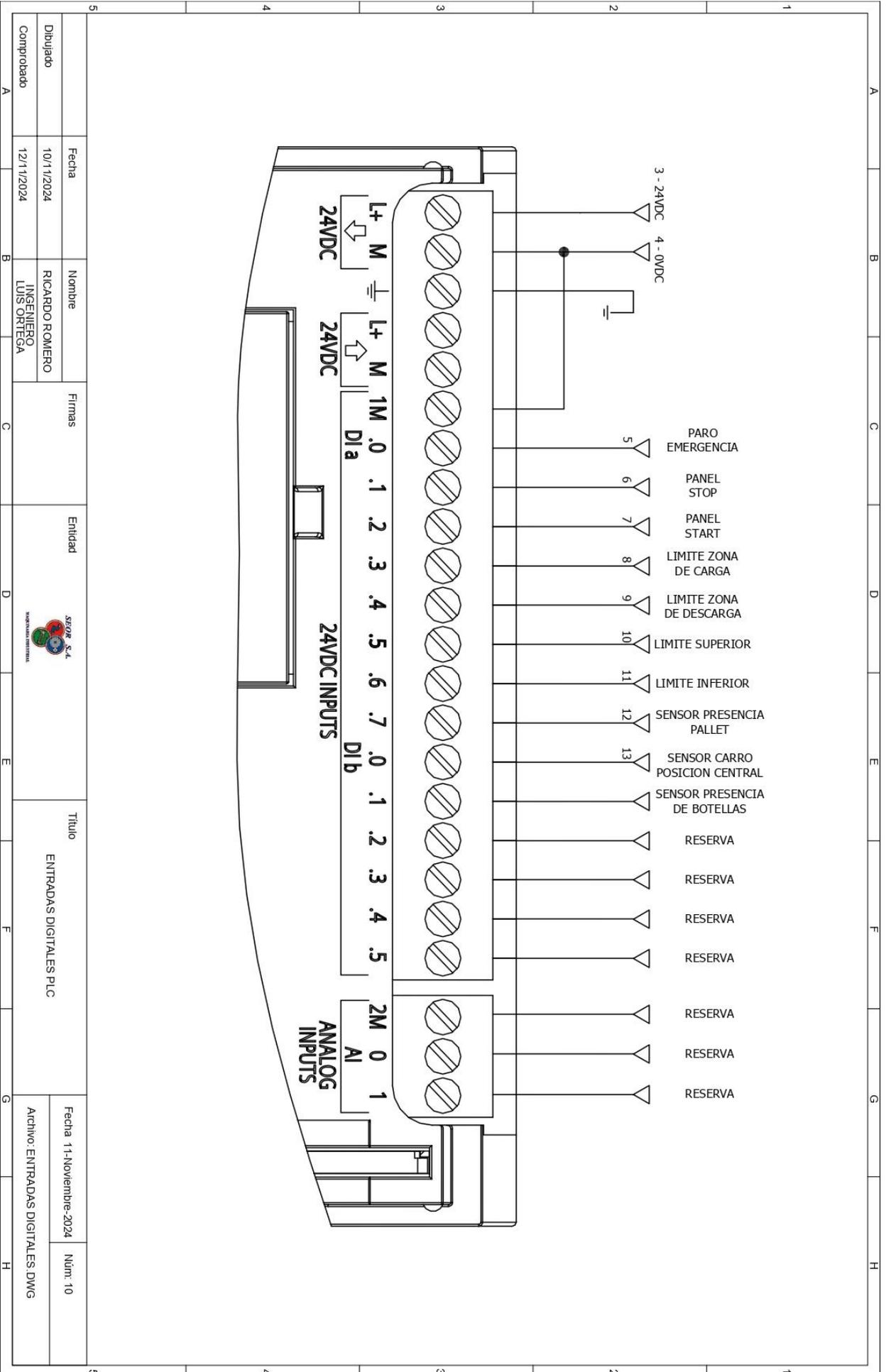




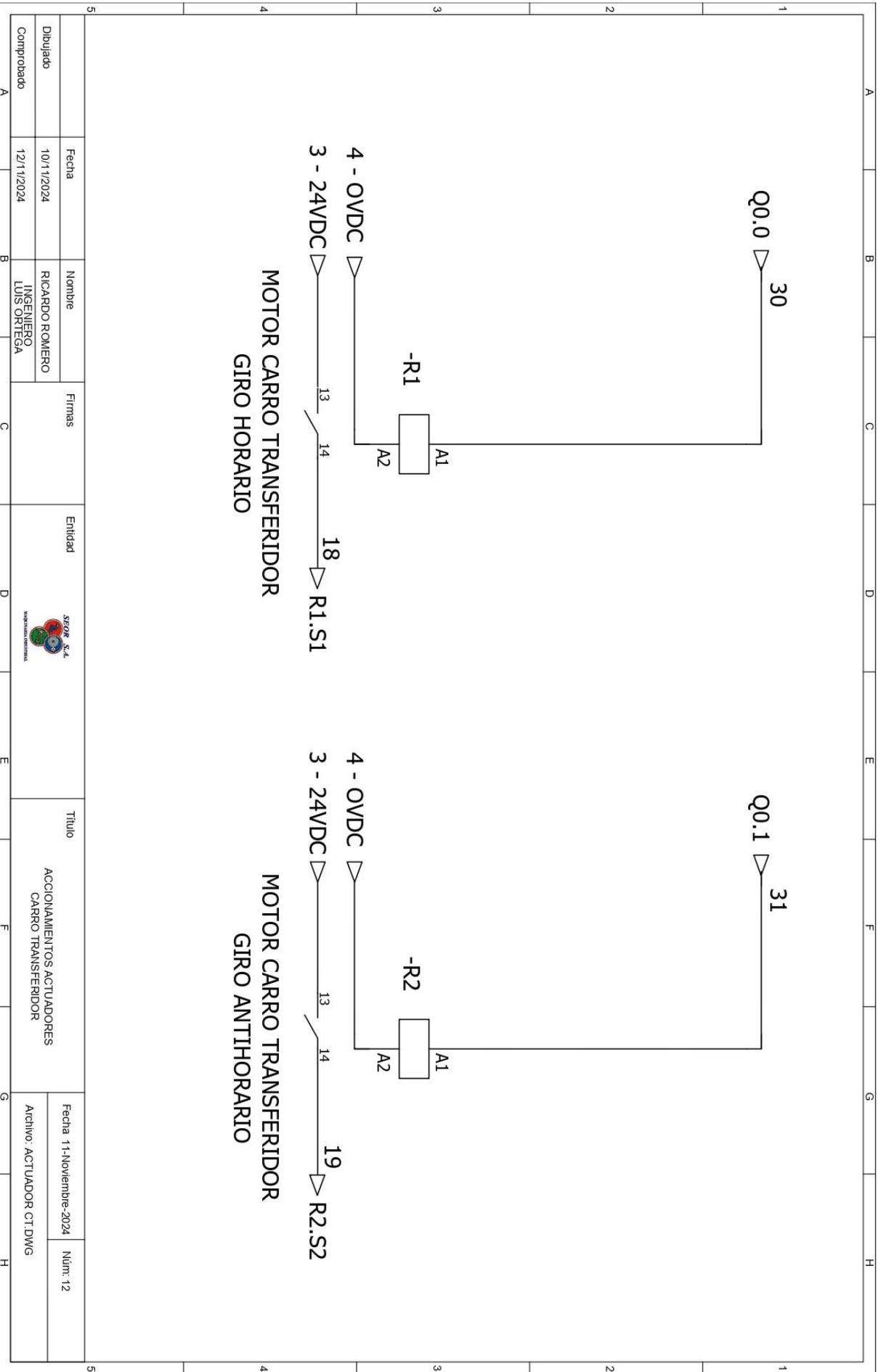
5		A		B		C		D		E		F		G		H		5	
Dibujado		Fecha		Nombre		Firmas		Entidad		Titulo		Fecha		Núm.					
Comprobado		10/11/2024		RICARDO ROMERO INGENIERO LUIS ORTEGA				SAPOR S.A. SOCIETAT ANONIMA		ALIMENTACION 24 VDC		11-NOVEMBRE-2024		08					
		12/11/2024										Archivo: ALIMENTACION 24VDC.DWG							
A		B		C		D		E		F		G		H					



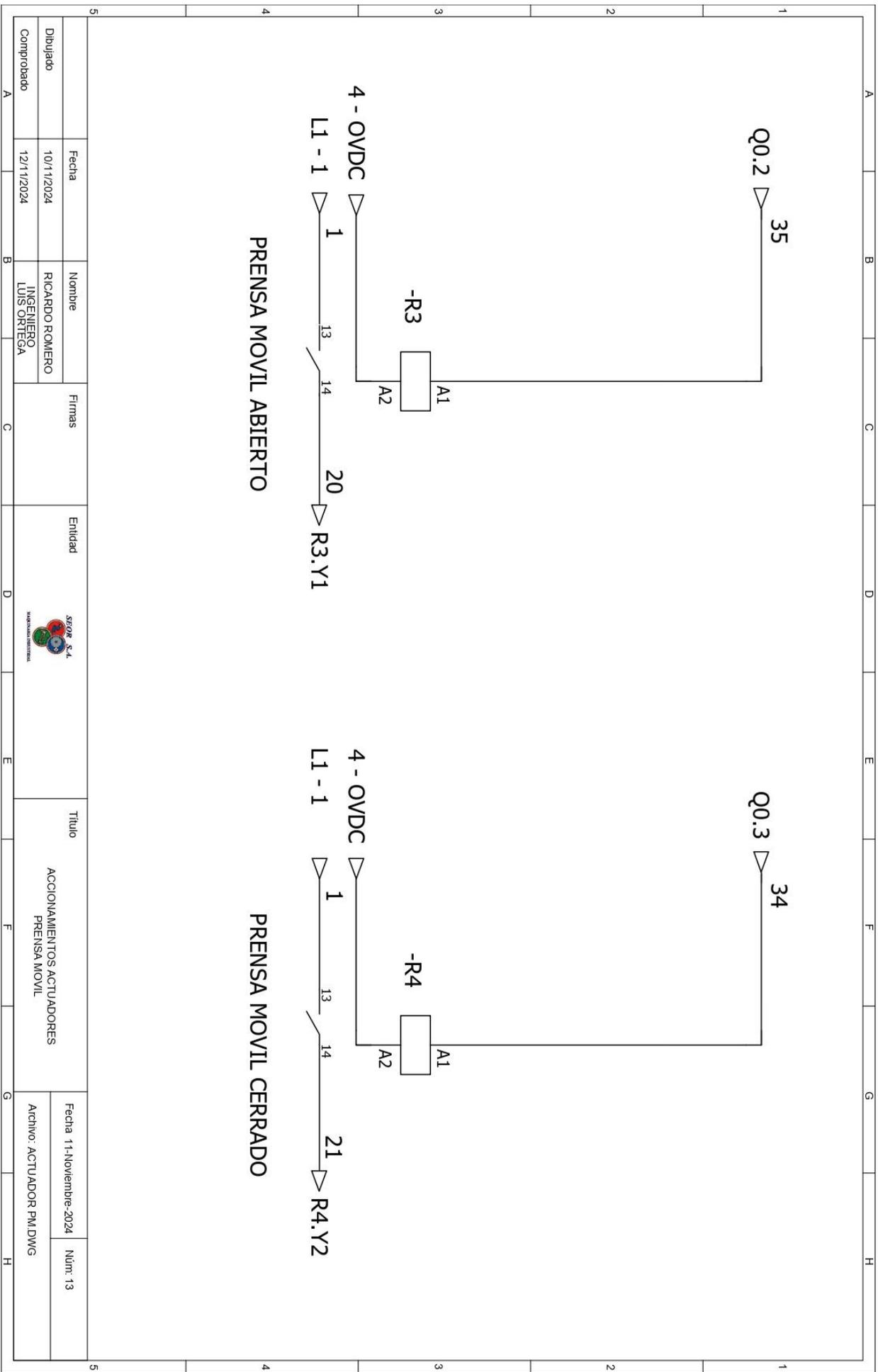
Dibujado		Fecha	Nombre	Firmas	Entidad	Título	Fecha 11-noviembre-2024	Núm: 09
Comprobado		12/11/2024	RICARDO ROMERO INGENIERO LUIS ORTEGA			CONEXION DE PULSADORES, PARO DE EMERGENCIA Y CONTACTOS DE FINALES DE CARRERAS Y SENSORES	Archivo: CONEXIONES ENTRADAS.DWG	

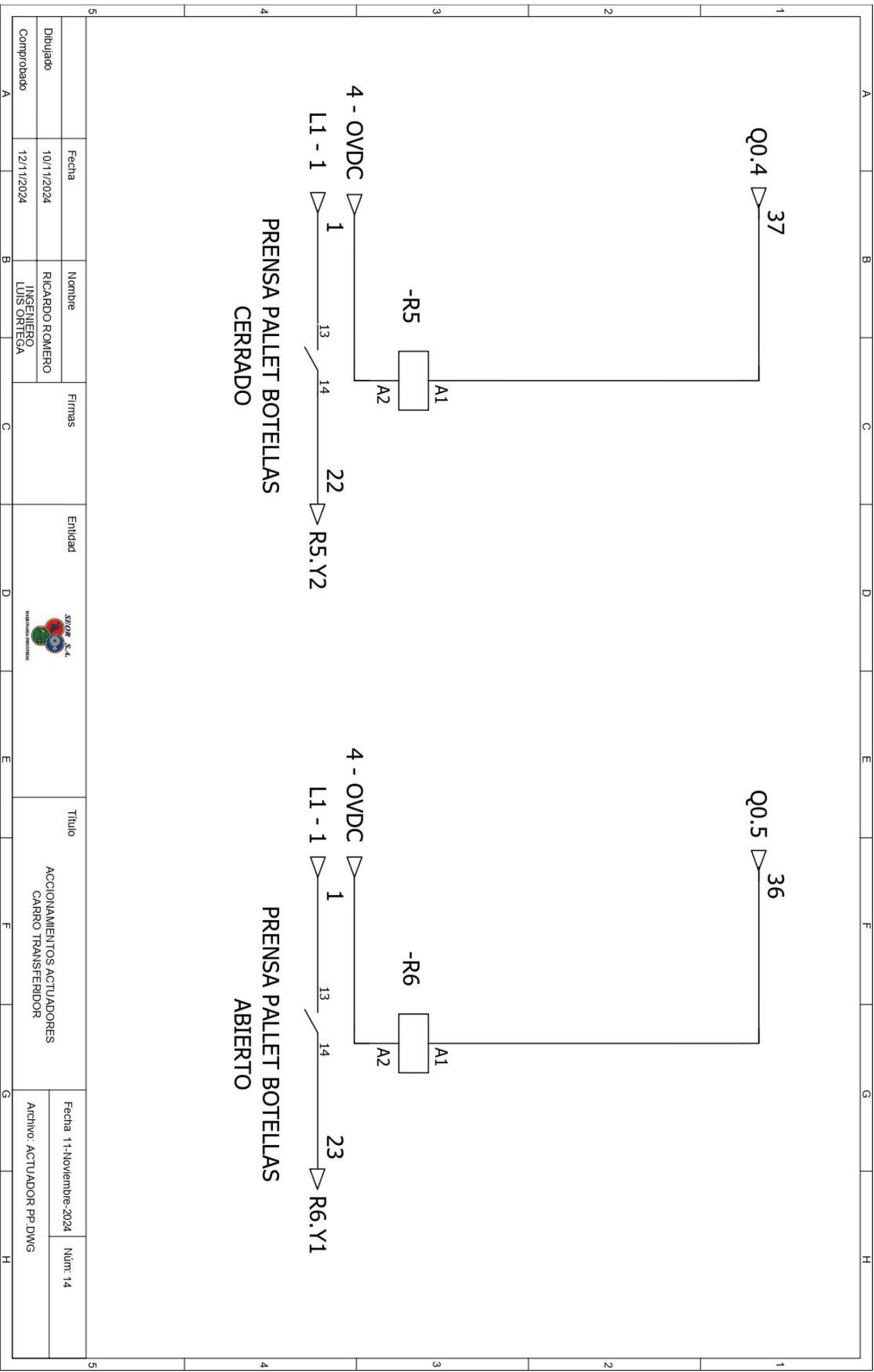


5		A		B		C		D		E		F		G		H	
5		A		B		C		D		E		F		G		H	
4		A		B		C		D		E		F		G		H	
3		A		B		C		D		E		F		G		H	
2		A		B		C		D		E		F		G		H	
1		A		B		C		D		E		F		G		H	
5		A		B		C		D		E		F		G		H	
4		A		B		C		D		E		F		G		H	
3		A		B		C		D		E		F		G		H	
2		A		B		C		D		E		F		G		H	
1		A		B		C		D		E		F		G		H	
5		A		B		C		D		E		F		G		H	
4		A		B		C		D		E		F		G		H	
3		A		B		C		D		E		F		G		H	
2		A		B		C		D		E		F		G		H	
1		A		B		C		D		E		F		G		H	
5		A		B		C		D		E		F		G		H	
4		A		B		C		D		E		F		G		H	
3		A		B		C		D		E		F		G		H	
2		A		B		C		D		E		F		G		H	
1		A		B		C		D		E		F		G		H	
5		A		B		C		D		E		F		G		H	
4		A		B		C		D		E		F		G		H	
3		A		B		C		D		E		F		G		H	
2		A		B		C		D		E		F		G		H	
1		A		B		C		D		E		F		G		H	
5		A		B		C		D		E		F		G		H	
4		A		B		C		D		E		F		G		H	
3		A		B		C		D		E		F		G		H	
2		A		B		C		D		E		F		G		H	
1		A		B		C		D		E		F		G		H	
5		A		B		C		D		E		F		G		H	
4		A		B		C		D		E		F		G		H	
3		A		B		C		D		E		F		G		H	
2		A		B		C		D		E		F		G		H	
1		A		B		C		D		E		F		G		H	
5		A		B		C		D		E		F		G		H	
4		A		B		C		D		E		F		G		H	
3		A		B		C		D		E		F		G		H	
2		A		B		C		D		E		F		G		H	
1		A		B		C		D		E		F		G		H	
5		A		B		C		D		E		F		G		H	
4		A		B		C		D		E		F		G		H	
3		A		B		C		D		E		F		G		H	
2		A		B		C		D		E		F		G		H	
1		A		B		C		D		E		F		G		H	
5		A		B		C		D		E		F		G		H	
4		A		B		C		D		E		F		G		H	
3		A		B		C		D		E		F		G		H	
2		A		B		C		D		E		F		G		H	
1		A		B		C		D		E		F		G		H	
5		A		B		C		D		E		F		G		H	
4		A		B		C		D		E		F		G		H	
3		A		B		C		D		E		F		G		H	
2		A		B		C		D		E		F		G		H	
1		A		B		C		D		E		F		G		H	
5		A		B		C		D		E		F		G		H	
4		A		B		C		D		E		F		G		H	
3		A		B		C		D		E		F		G		H	
2		A		B		C		D		E		F		G		H	
1		A		B		C		D		E		F		G		H	
5		A		B		C		D		E		F		G		H	
4		A		B		C		D		E		F		G		H	
3		A		B		C		D		E		F		G		H	
2		A		B		C		D		E		F		G		H	
1		A		B		C		D		E		F		G		H	
5		A		B		C		D		E		F		G		H	
4		A		B		C		D		E		F		G		H	
3		A		B		C		D		E		F		G		H	
2		A		B		C		D		E		F		G		H	
1		A		B		C		D		E		F		G		H	
5		A		B		C		D		E		F		G		H	
4		A		B		C		D		E		F		G		H	
3		A		B		C		D		E		F		G		H	
2		A		B		C		D		E		F		G		H	
1		A		B		C		D		E		F		G		H	
5		A		B		C		D		E		F		G		H	
4		A		B		C		D		E		F		G		H	
3		A		B		C		D		E		F		G		H	
2		A		B		C		D		E		F		G		H	
1		A		B		C		D		E		F		G		H	
5		A		B		C		D		E		F		G		H	
4		A		B		C		D		E		F		G		H	
3		A		B		C		D		E		F		G		H	
2		A		B		C		D		E		F		G		H	
1		A		B		C		D		E		F		G		H	
5		A		B		C		D		E		F		G		H	
4		A		B		C		D		E		F		G		H	
3		A		B		C		D		E		F		G		H	
2		A		B		C		D		E		F		G		H	
1		A		B		C		D		E		F		G		H	
5		A		B		C		D		E		F		G		H	
4		A		B		C		D		E		F		G		H	
3		A		B		C		D		E		F		G		H	
2		A		B		C		D		E		F		G		H	
1		A		B		C		D		E		F		G		H	
5		A		B		C		D		E		F		G		H	
4		A		B		C		D		E		F		G		H	
3		A		B		C		D		E		F		G		H	
2		A		B		C		D		E		F		G		H	
1		A		B		C		D		E		F		G		H	
5		A		B		C		D		E		F		G		H	
4		A		B		C		D		E		F		G		H	
3		A		B		C		D		E		F		G		H	
2		A		B		C		D		E		F		G		H	
1		A		B		C		D		E		F		G		H	
5		A		B		C		D		E		F		G		H	
4		A		B		C		D		E		F		G		H	
3		A		B		C		D		E		F		G		H	
2		A		B		C		D		E		F		G		H	
1		A		B		C		D		E		F		G		H	
5		A		B		C		D		E		F		G		H	
4		A		B		C		D		E		F		G		H	
3		A		B		C		D		E		F		G		H	
2		A		B		C		D		E		F		G		H	
1		A		B		C		D		E		F		G		H	
5		A		B		C		D		E		F		G		H	
4		A		B		C		D		E		F		G		H	
3		A		B		C		D		E		F		G		H	
2																	

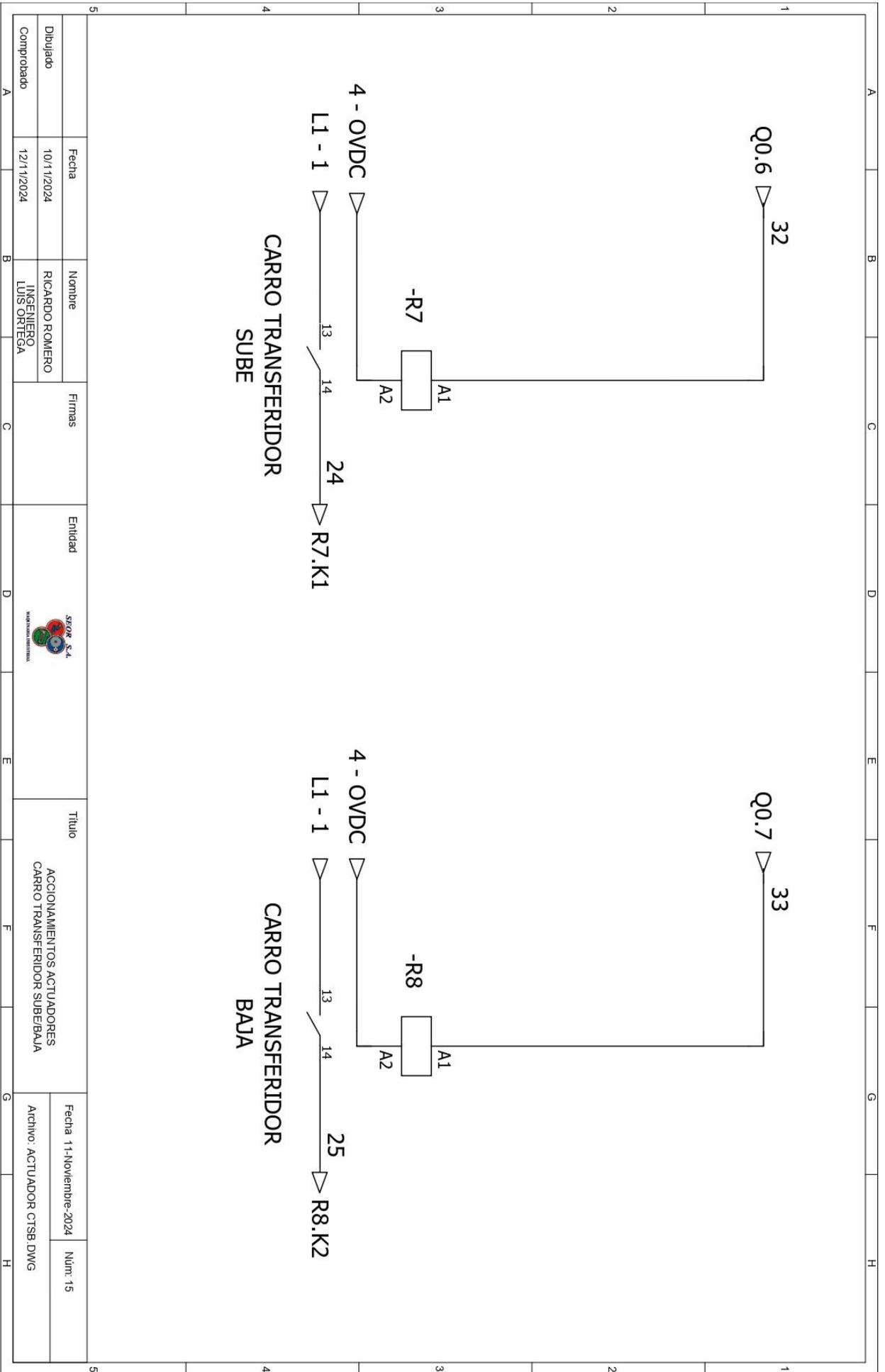


A		B		C		D		E		F		G		H	
5		4		3		2		1		5		4		3	
Comprobado		12/11/2024		INGENIERO LUIS ORTEGA		Firmas		Entidad		Título		Fecha 11-11-2024		Núm. 12	
Dibujado		10/11/2024		RICARDO ROMERO						ACCIONAMIENTOS ACTUADORES CARRO TRANSFERIDOR		Archivo: ACTUADOR CT.DWG			

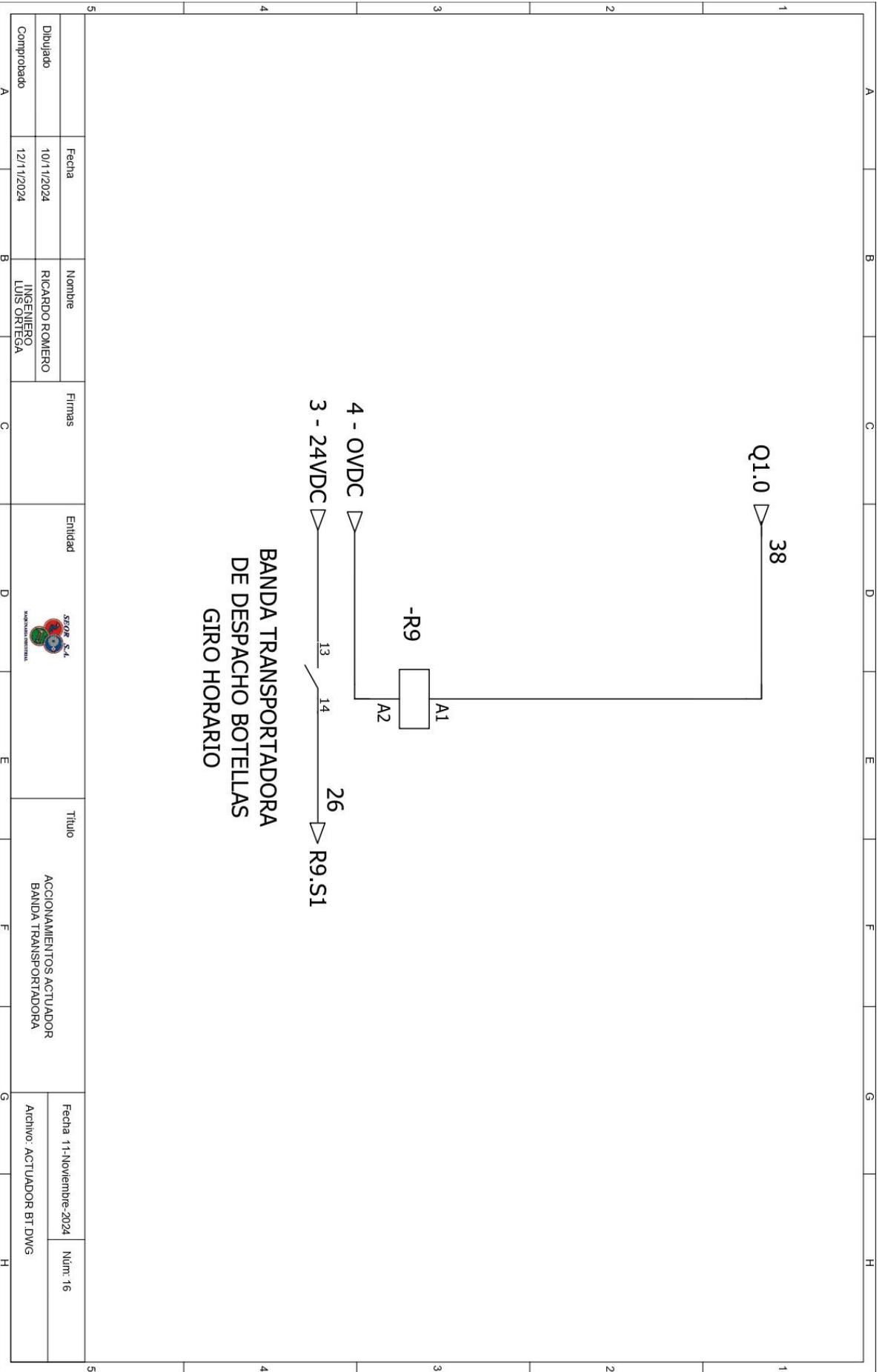




Comprobado		Fecha		Nombre		Firmas		Entidad		Titulo		Fecha 11-Noviembre-2024		Num: 14	
A		B		C		D		E		F		G		H	
10/1/2024		RICARDO ROMERO		INGENIERO LUIS ORTEGA		SEFOR S.A. 		ACCIONAMIENTOS ACTUADORES CARRO TRANSFERIDOR		11-Noviembre-2024		ACTUADOR PP.DWG			

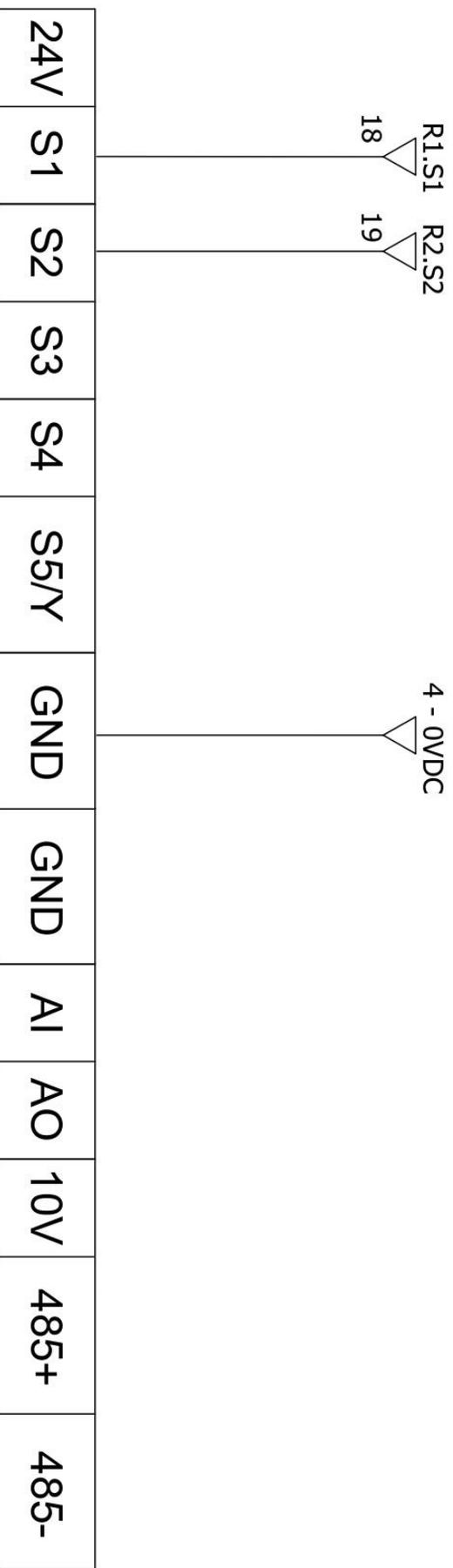


5		A		B		C		D		E		F		G		H		5	
Dibujado		Fecha		Nombre		Firmas		Entidad		Titulo		Fecha 11-Noviembre-2024		Núm. 15					
Comprobado		12/11/2024		RICARDO ROMERO INGENIERO LUIS ORTIGA						ACCIONAMIENTOS ACTUADORES CARRO TRANSFERIDOR SUBE/BAJA		Archivo: ACTUADOR CTSB.DWG							
A		B		C		D		E		F		G		H					



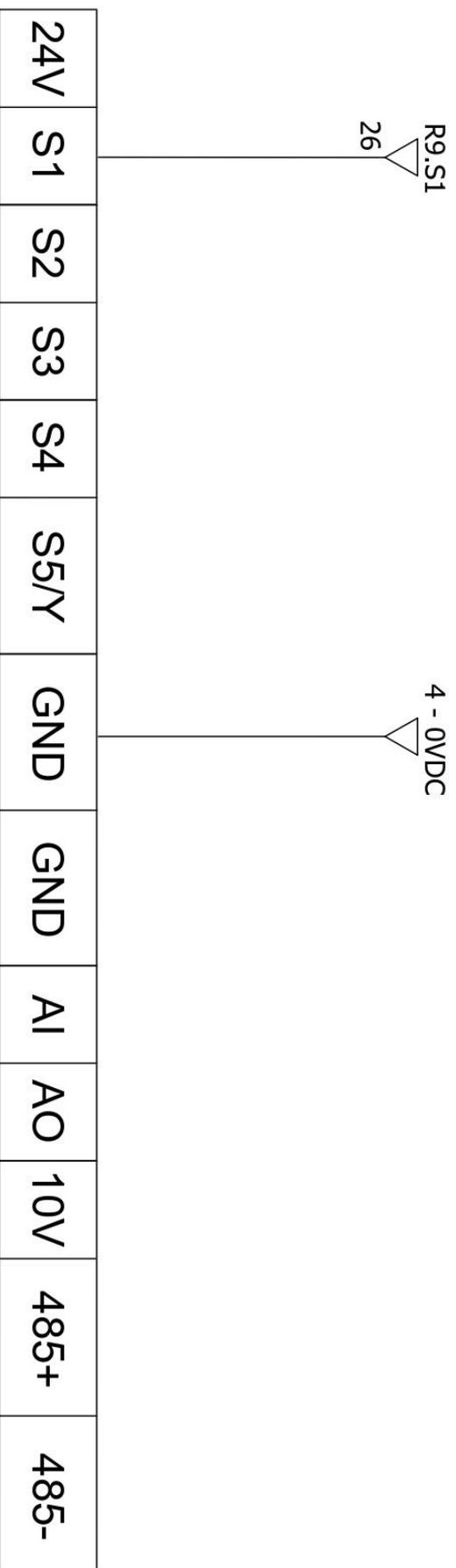
5		A		B		C		D		E		F		G		H		5	
Dibujado		Fecha		Nombre		Firmas		Entidad		Titulo		Fecha 11-Noviembre-2024		Núm: 16					
Comprobado		10/1/2024		RICARDO ROMERO INGENIERO						ACCIONAMIENTOS ACTUADOR BANDA TRANSPORTADORA		Archivo: ACTUADOR BT.DWG							
		12/1/2024		LUIS ORTEGA															
A		B		C		D		E		F		G		H					
1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	

ENTRADAS Y SALIDAS DIGITALES Y ANALÓGICAS VARIADOR DE FRECUENCIA DE CARRO TRANSFERIDOR

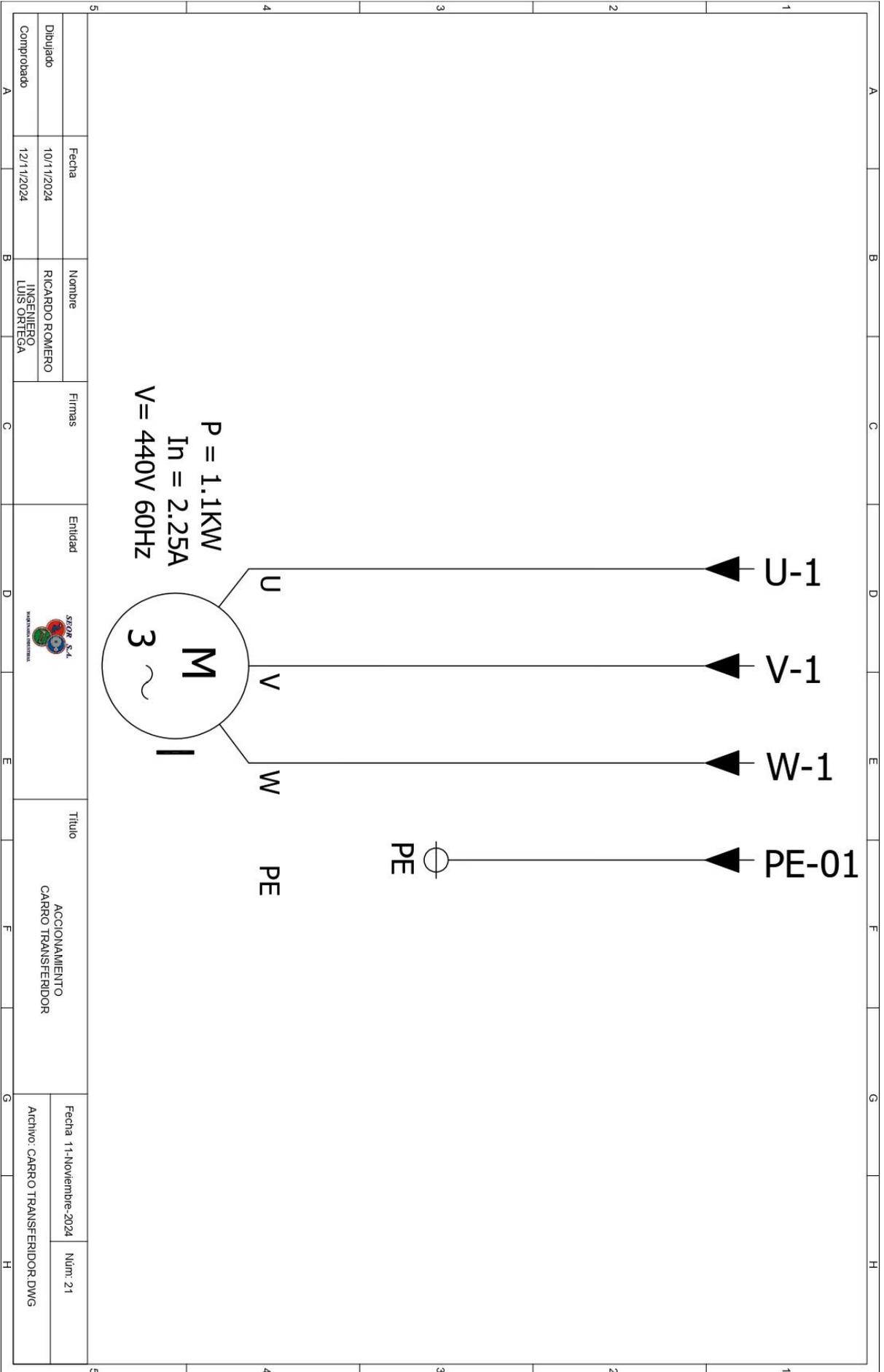


5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	H
5	4	3	2	1	A	B	C	D	E	F	G	

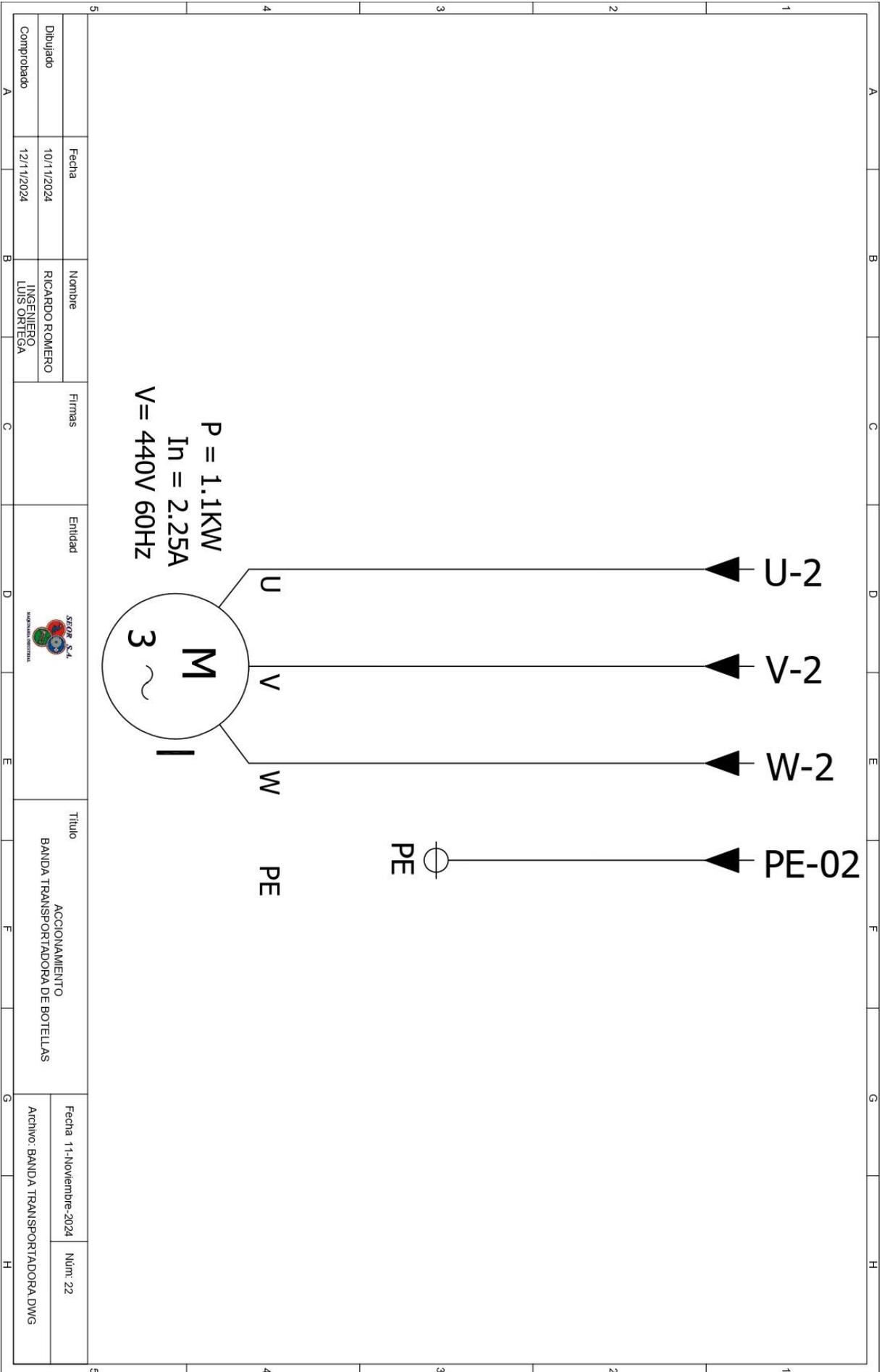
ENTRADAS Y SALIDAS DIGITALES Y ANALÓGICAS VARIADOR DE FRECUENCIA DE BANDA TRANSPORTADORA



	Fecha	Nombre	Firmas	Entidad	Título	Fecha	Núm.
Dibujado	10/11/2024	RICARDO ROMERO		 <small>SPQR S de RL</small> <small>INGENIERIA INDUSTRIAL</small>	ENTRADAS Y SALIDAS DIGITALES Y ANALÓGICAS VARIADOR DE FRECUENCIA 2 BANDA TRANSPORTADORA	11-Noviembre-2024	20
Comprobado	12/11/2024	INGENIERO LUIS ORTEGA				Archivo: ENTRADAS Y SALIDAS VFD2.DWG	

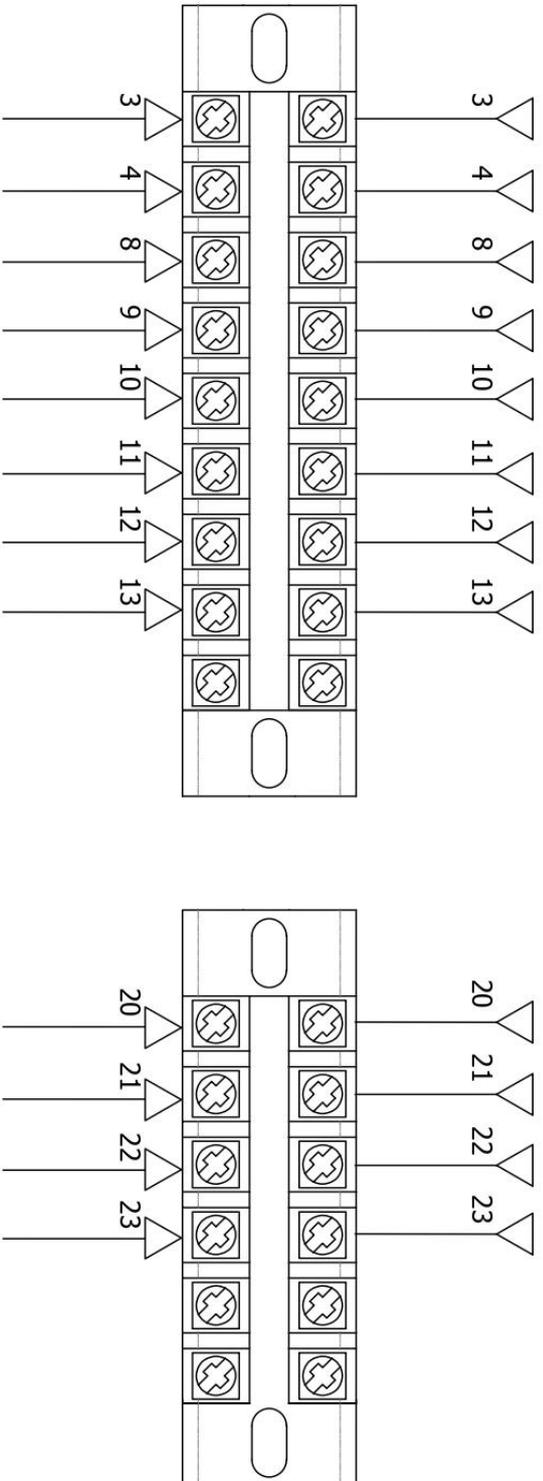


Dibujado		Fecha	Nombre	Firmas	Entidad	Titulo	Fecha	Num.
Comprobado		10/11/2024	RICARDO ROMERO		 SOROR S.A. INGENIEROS	ACCIONAMIENTO CARRO TRANSPORTADOR	11-Noviembre-2024	21
		12/11/2024	INGENIERO LUIS ORTEGA				Archivo: CARRO TRANSPORTADOR.DWG	



5		A		B		C		D		E		F		G		H	
Dibujado		Fecha		Nombre		Firmas		Entidad		Titulo		Fecha 11-Noviembre-2024		Núm: 22		5	
Comprobado		12/11/2024		RICARDO ROMERO INGENIERO LUIS ORTEGA				 SPOZ S-4 INDUSTRIAL ENTRENAMIENTO		BANDA TRANSPORTADORA DE BOTELLAS		Archivo: BANDA TRANSPORTADORA.DWG				4	
A		B		C		D		E		F		G		H		3	
1		2		3		4		5		1		2		3		4	

3	24VDC	12	Sensor Presencia de Botellas
4	0VDC	13	Sensor Presencia Pallet
8	Final de Carrera Zona Carga	20	Prensa Movil Abierto
9	Final de Carrera Zona Descarga	21	Prensa Movil Cerrado
10	Final de Carrera Limite Inferior	22	Prensa Pallet Cerrado
11	Final de Carrera Limite Superior	23	Prensa Pallet Abierto



A		B		C		D		E		F		G		H	
1		2		3		4		5		1		2		3	
5		4		3		2		1		5		4		3	
Fecha		Nombre		Firmas		Entidad		Titulo		Fecha		Num:			
10/1/2024		RICARDO ROMERO						BORNERAS AUXILIARES		11- Noviembre-2024		24			
Comprobado		12/1/2024		INGENIERO LUIS ORTIZ						Archivo: BORNERAS.DWG					
A		B		C		D		E		F		G		H	

5.3. Programación

Totally Integrated Automation Portal									
Proyecto_MI_Despaletizadora_V18 / PLC_Despaletizador_Botellas [CPU 1214C DC/DC/DC] / Program blocks DB_Etapas [DB6]									
DB_Etapas Properties									
General									
Name	DB_Etapas	Number	6	Type	DB				
Numbering	Automatic			Language	DB				
Information									
Title		Author		Comment					
Version	0.1	User-defined ID		Family					
DB_Etapas									
Name	Data type	Start value	Retain	Accessible from HMI/OPC UA/Web API	Write-able from HMI/OPC UA/Web API	Visible in engineering	Setpoint	Supervision	Comment
▼ Static									
Etapas 1	Bool	False	False	True	True	True	False		
Etapas 2	Bool	false	False	True	True	True	False		
Etapas 3	Bool	false	False	True	True	True	False		
Etapas 4	Bool	false	False	True	True	True	False		
Etapas 5 - Parte 1	Bool	false	False	True	True	True	False		
Etapas 5 - Parte 2	Bool	false	False	True	True	True	False		
Etapas 6	Bool	true	False	True	True	True	False		
Retorno de Ciclo	Bool	true	False	True	True	True	False		
Etapas 7	Bool	false	False	True	True	True	False		

Totally Integrated
Automation Portal

Proyecto_ML_Despaletizadora_V18 / PLC_Despaletizador_Botellas [CPU 1214C DC/DC/DC] / Program blocks

Etapa 1 [FC6]

Etapa 1 Properties

General

Name	Etapa 1	Number	6	Type	FC	Language	LAD
------	---------	--------	---	------	----	----------	-----

Numbering

Automatic

Information

Title	Etapa 1	Author		Comment	Se realiza ciclo de la Etapa 1 de la despaletizadora.	Family	
Version	0.1	User-defined ID					

Etapa 1

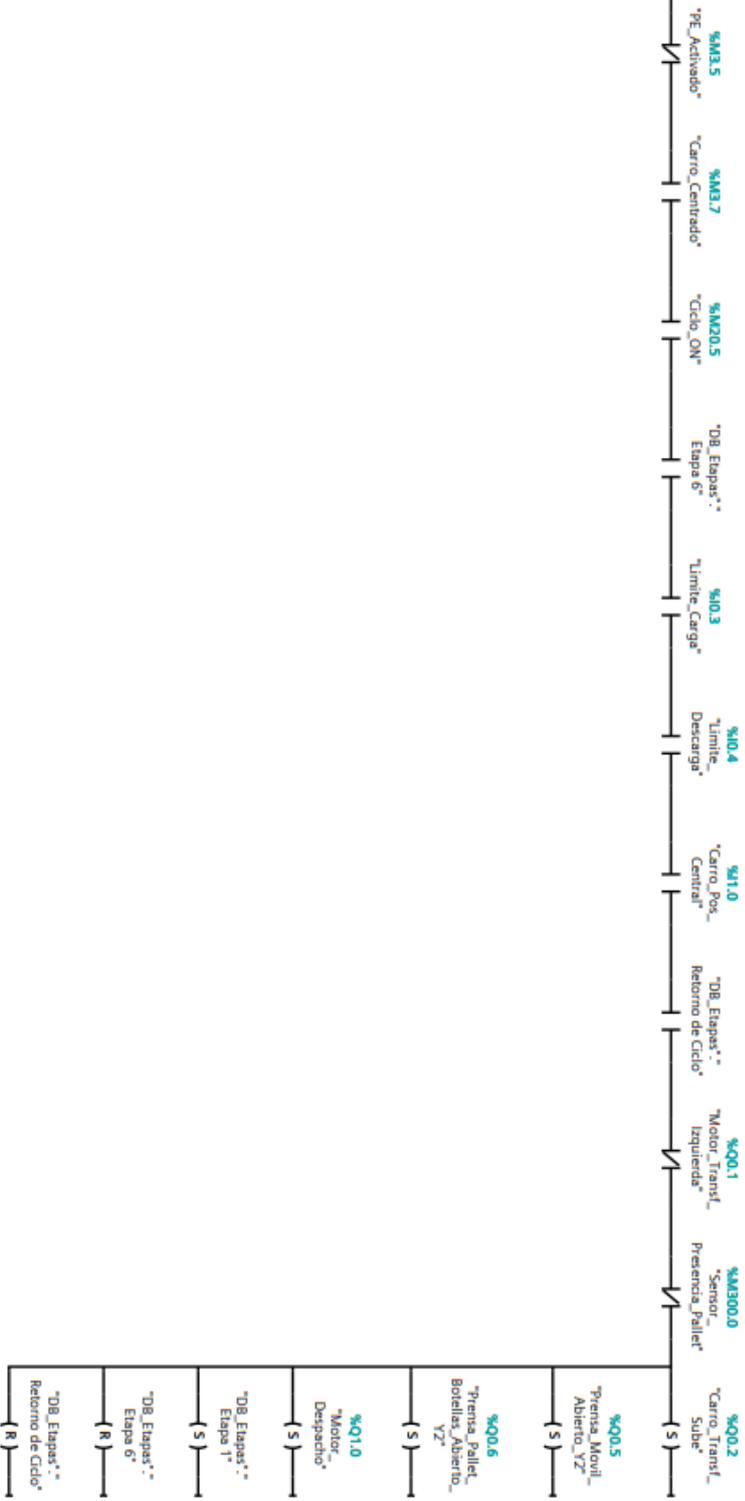
Name	Data type	Default value	Comment
Input			
Output			
InOut			
Temp			
Constant			
Return			
Etapa 1	Void		

Network 1 : Ciclo Automatico - Etapa 1

ETAPA 1

--	--	--	--

Totally Integrated
Automation Portal



Totally Integrated
Automation Portal

Proyecto_MI_Despaletizadora_V18 / PLC_Despaletizador_Botellas [CPU 1214C DC/DC/DC] / Program blocks
Centrar Carro Transferidor de Botellas [FC5]

Centrar Carro Transferidor de Botellas Properties

General

Name	Centrar Carro Transferidor de Botellas	Number	5	Type	FC	Language	LAD
Numbering	Automatic						

Information

Title	Centrar Carro Transferidor de Botellas	Author		Comment	Esta funcion permite centrar el carro transferidor de botellas, sin importar la ubicacion en la que se encuentre.	Family	
Version	0.1	User-defined ID					

Centrar Carro Transferidor de Botellas

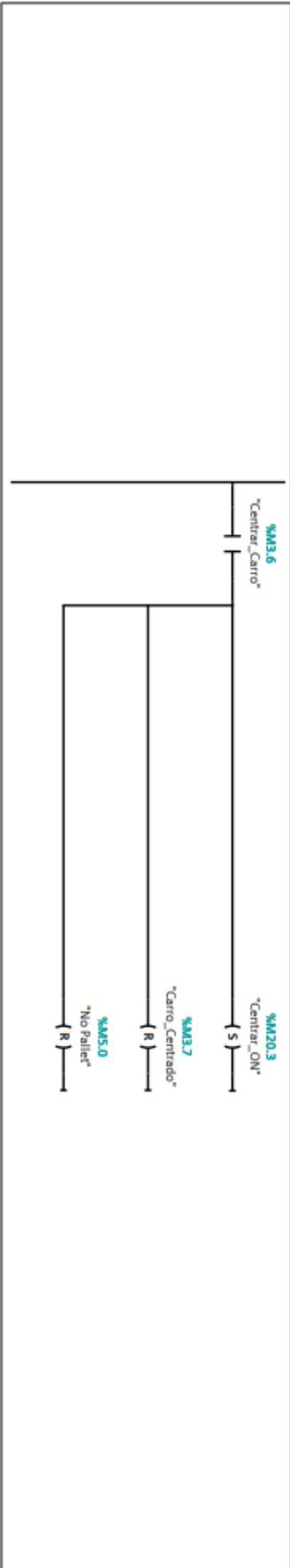
Name	Data type	Default value	Comment
Input			
Output			
InOut			
Temp			
Constant			
Return			
Centrar Carro Transferidor de Botellas	Void		

Network 1 : Confirmacion desde HMI para centrar el Carro Transferidor

Se envia confirmacion para centrar el carro transferidor.

--	--	--

Totally Integrated
Automation Portal

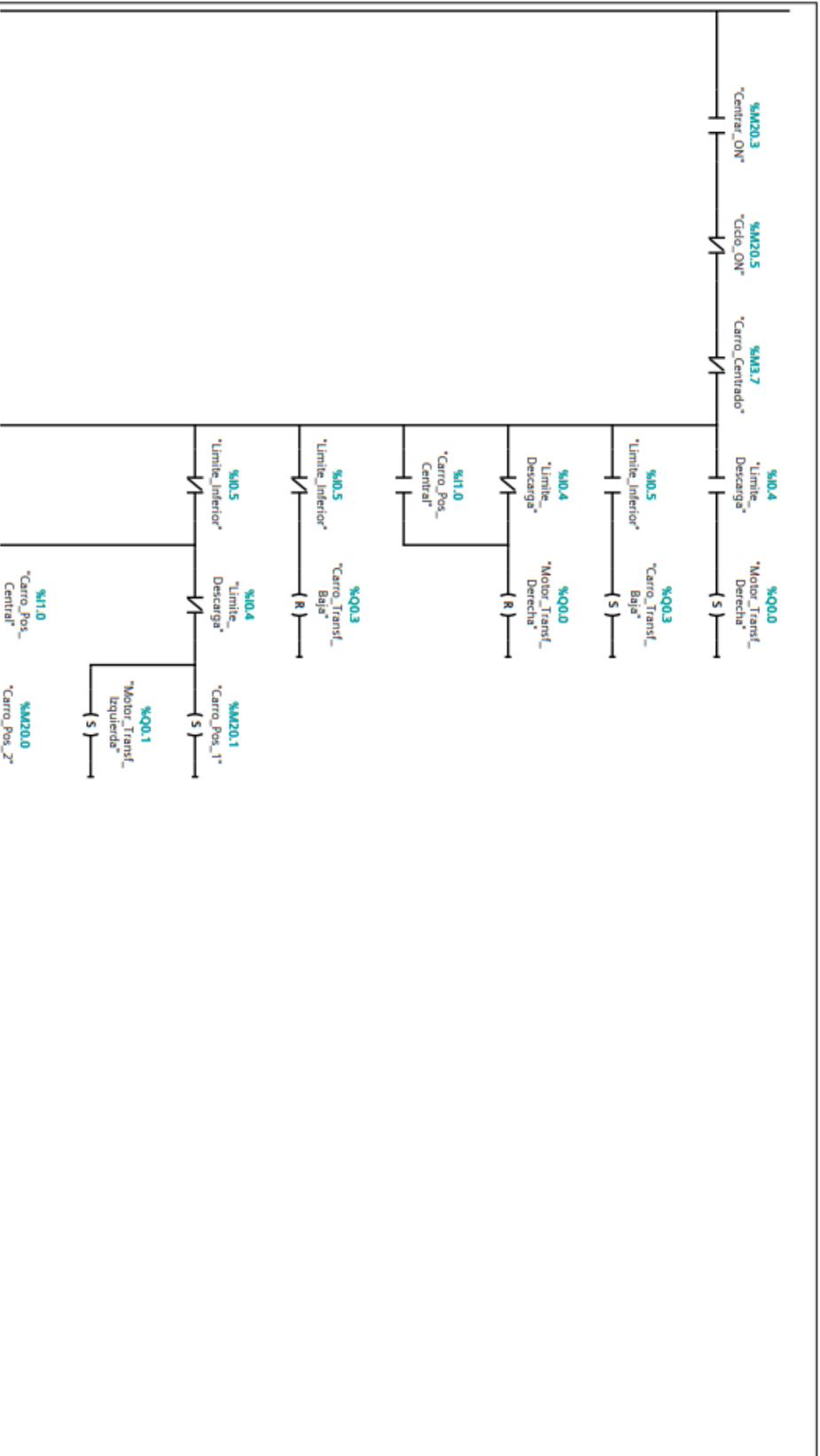


Network 2: Ubicar Carro Transferidor en el Centro

Se ubica el carro transferidor de botellas en el centro del sistema para luego poder arrancar ciclo.

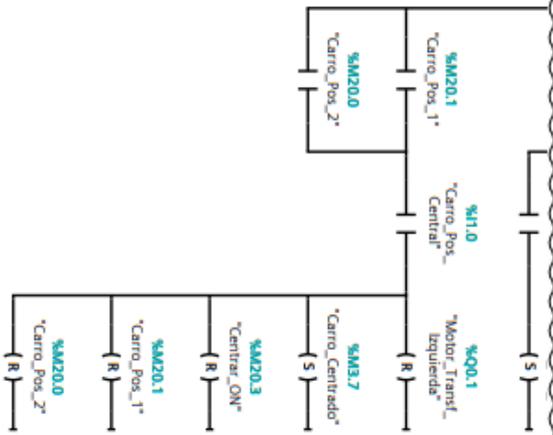
--	--	--

Network 2: Ubicar Carro Transferidor en el Centro (1.1 / 2.1)



Network 2: Ubicar Carro Transferidor en el Centro (2.1 / 2.1)

1.1 (Page1 - 3)



Totally Integrated
Automation Portal

Proyecto_MI_Despaletizadora_V18 / PLC_Despaletizador_Botellas [CPU 1214C DC/DC/DC] / Program blocks
Etapa 2 [FC7]

Etapa 2 Properties

General

Name Etapa 2 Number 7 Type FC Language LAD

Numbering Automatic

Information

Title Etapa 2 Author User-defined ID Comment Se realiza el ciclo de la etapa 2 de la despaletizadora. Family

Version 0.1

Etapa 2

Name	Data type	Default value	Comment
Input			
Output			
InOut			
Temp			
Constant			
Return			

Input

Output

InOut

Temp

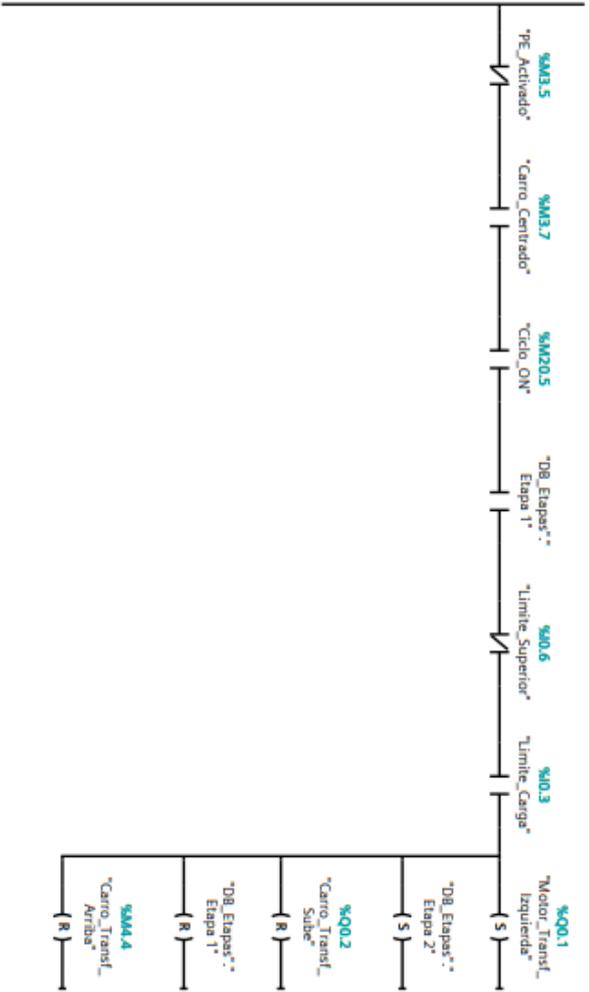
Constant

Return

Network 1 : ETAPA 2

Etapa 2 Void

--	--	--



--	--	--

Proyecto_ML_Despaletizadora_V18 / PLC_Despaletizador_Botellas [CPU 1214C DC/DC/DC] / Program blocks
Etapa 3 [FC8]

Etapa 3 Properties

General

Name Number Type Language

Numbering

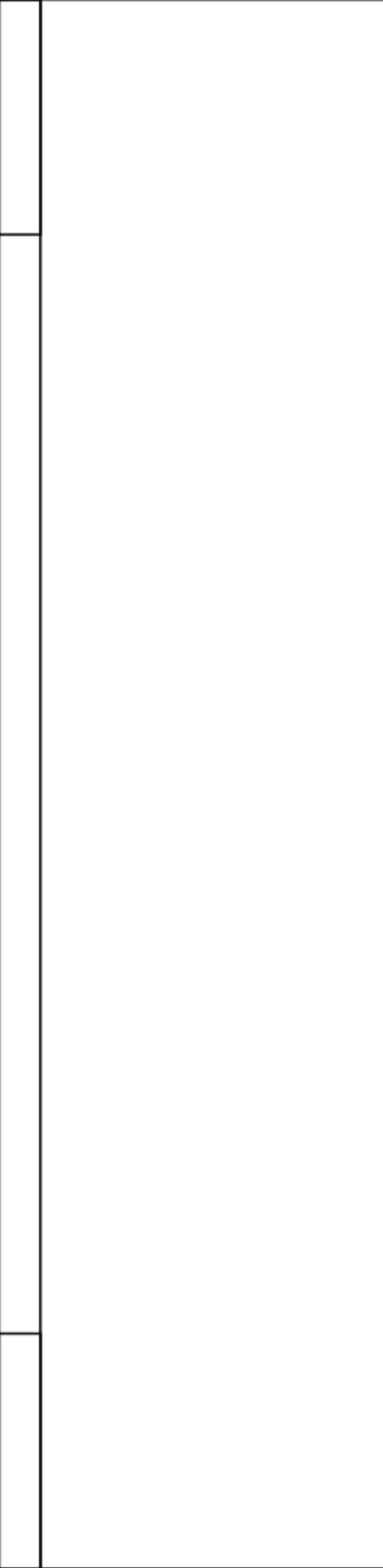
Information

Title Author Comment

Version User-defined ID

Etapa 3	Name	Data type	Default value	Comment
	Input			
	Output			
	InOut			
	Temp			
	Constant			
	Return			
	Etapa 3	Void		

Network 1 : ETAPA 3



Projecto_M1_Despaletizadora_V18 / PLC_Despaletizador_Botellas [CPU 1214C DC/DC/DC] / Program blocks
Etapa 4 [FC9]

Etapa 4 Properties

General

Name Number Type Language

Numbering

Information

Title Author Comment

Version User-defined ID

Etapa 4			
Name	Data type	Default value	Comment
Input			
Output			
InOut			
Temp			
Constant			
Return			
Etapa 4	Void		

Network 1 : ETAPA 4

--	--

Totally Integrated
Automation Portal

Proyecto_ML_Despaletizadora_V18 / PLC_Despaletizador_Botellas [CPU 1214C DC/DC/DC] / Program blocks

Etapa 5 - Parte 1 [FC10]

Etapa 5 - Parte 1 Properties

General

Name Etapa 5 - Parte 1 Number 10 Type FC Language LAD

Numbering

Automatic

Information

Title Etapa 5 Parte 1 Author User-defined ID Comment Family

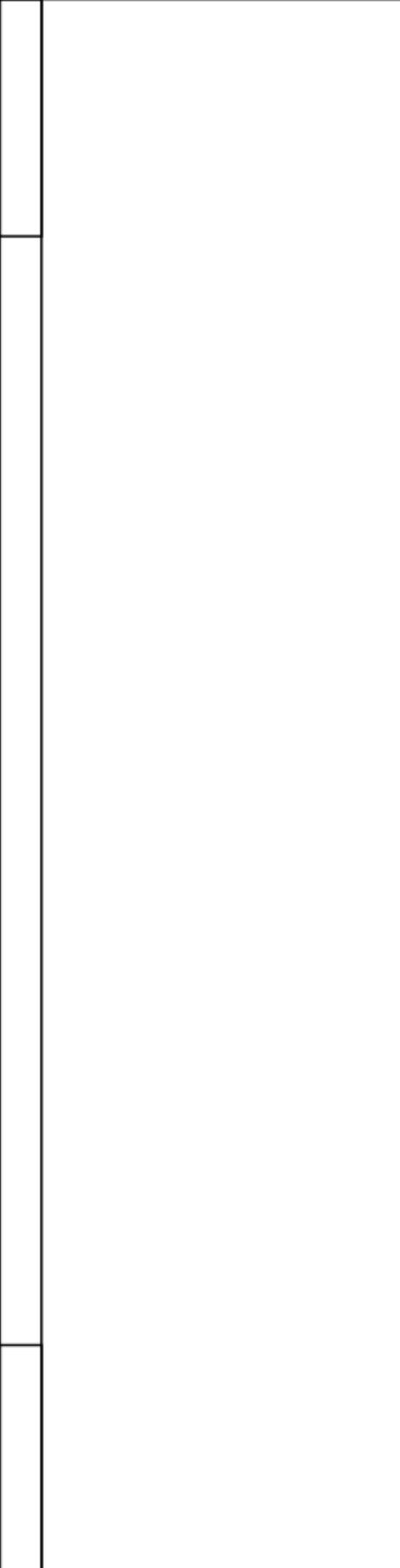
Version

0.1

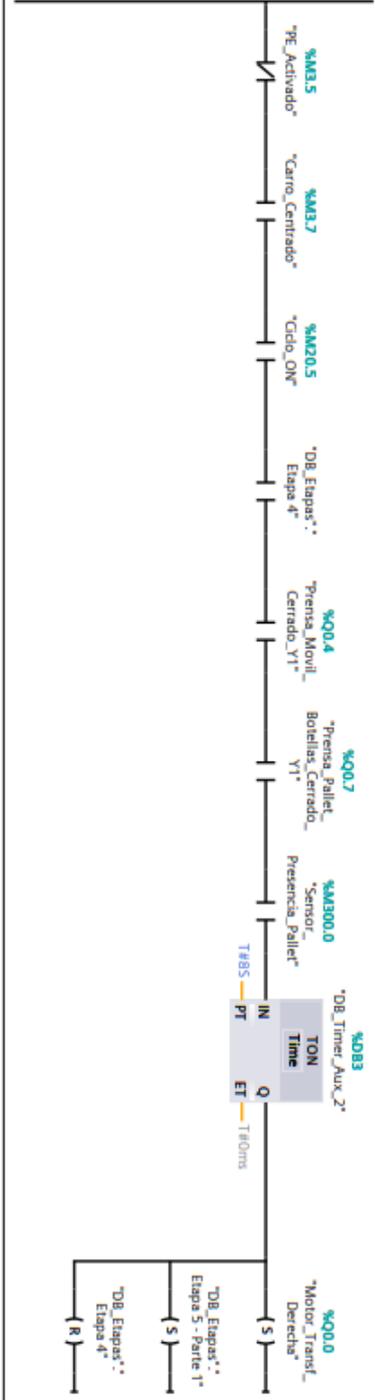
Etapa 5 - Parte 1

Name	Data type	Default value	Comment
Input			
Output			
InOut			
Temp			
Constant			
Return			
Etapa 5 - Parte 1	Void		

Network 1 : ETAPA 5 - PARTE 1

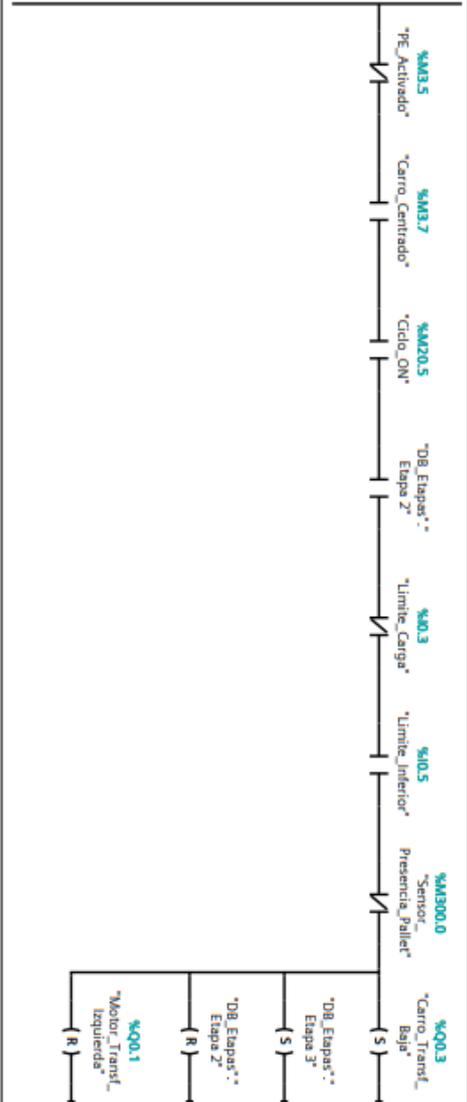


Totally Integrated
Automation Portal



--	--

Totally Integrated
Automation Portal



--	--

Totally Integrated
Automation Portal

Proyecto_MI_Despaletizadora_V18 / PLC_Despaletizador_Botellas [CPU 1214C DC/DC/DC] / Program blocks

Etapa 5 - Parte 2 [FC11]

Etapa 5 - Parte 2 Properties

General

Name Etapa 5 - Parte 2 Number 11 Type FC Language LAD

Numbering

Automatic

Information

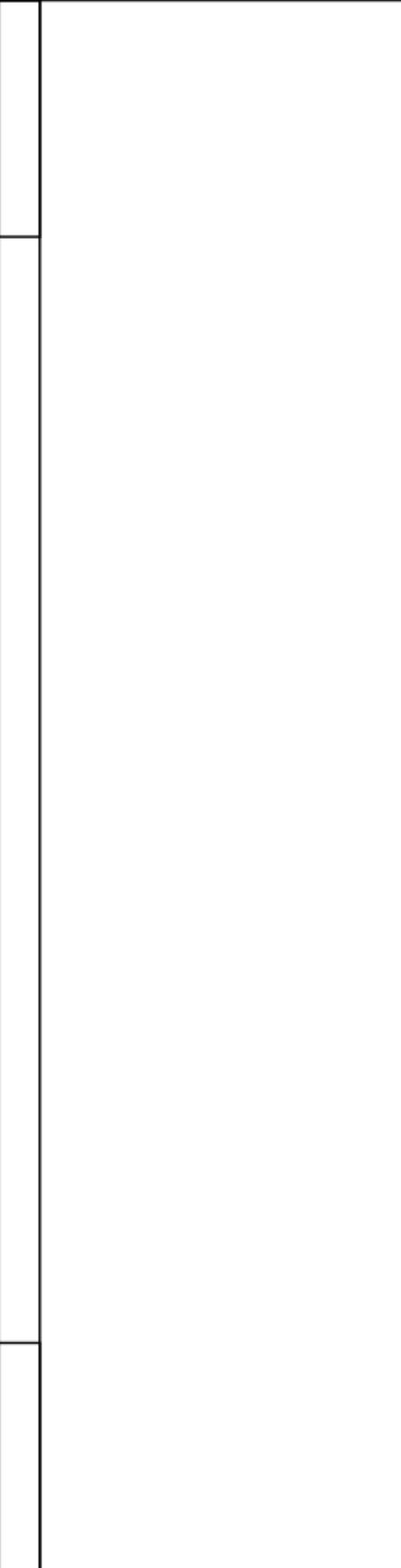
Title Etapa 5 Parte 2 Author User-defined ID Comment Family

Version 0.1

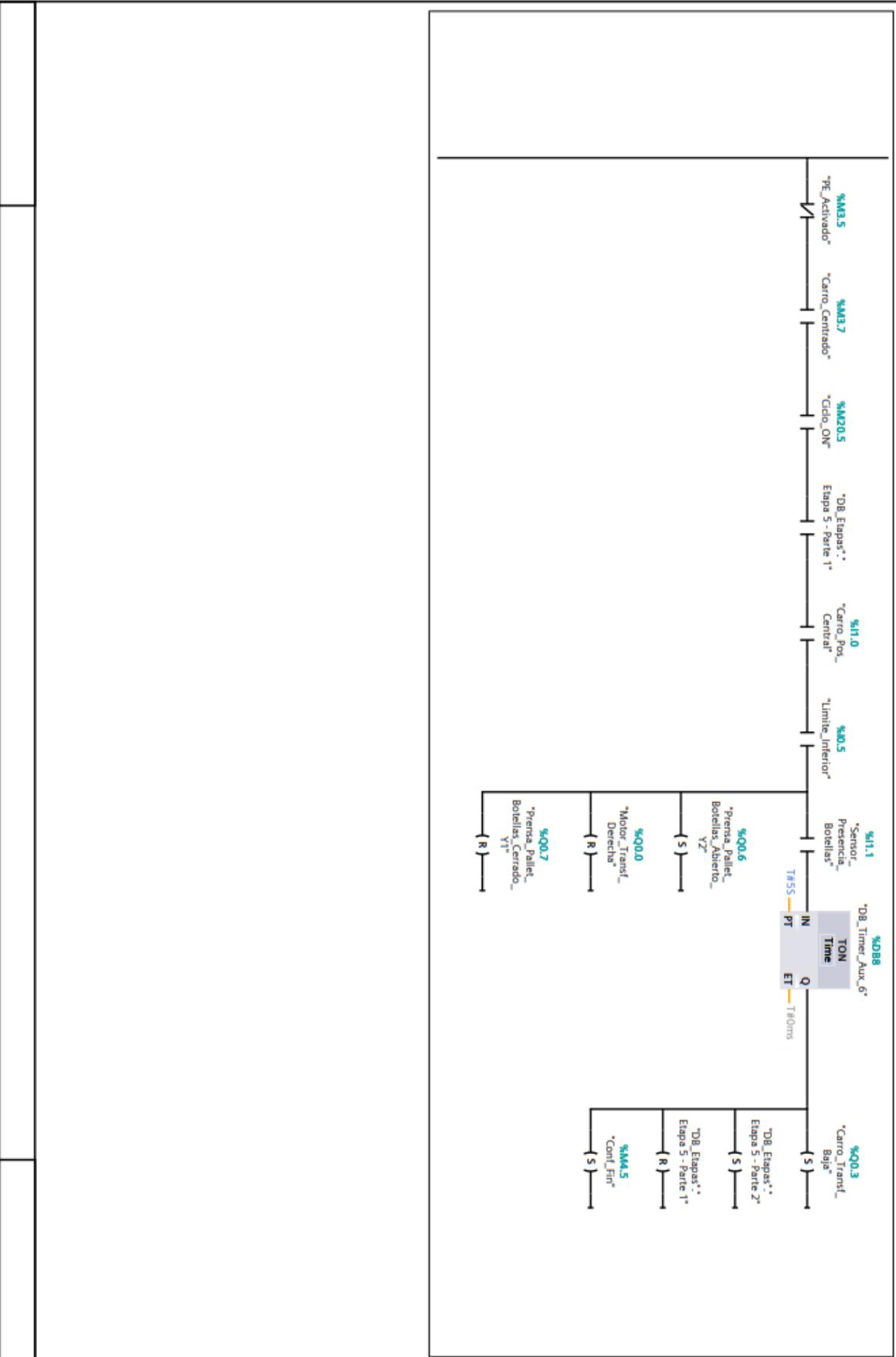
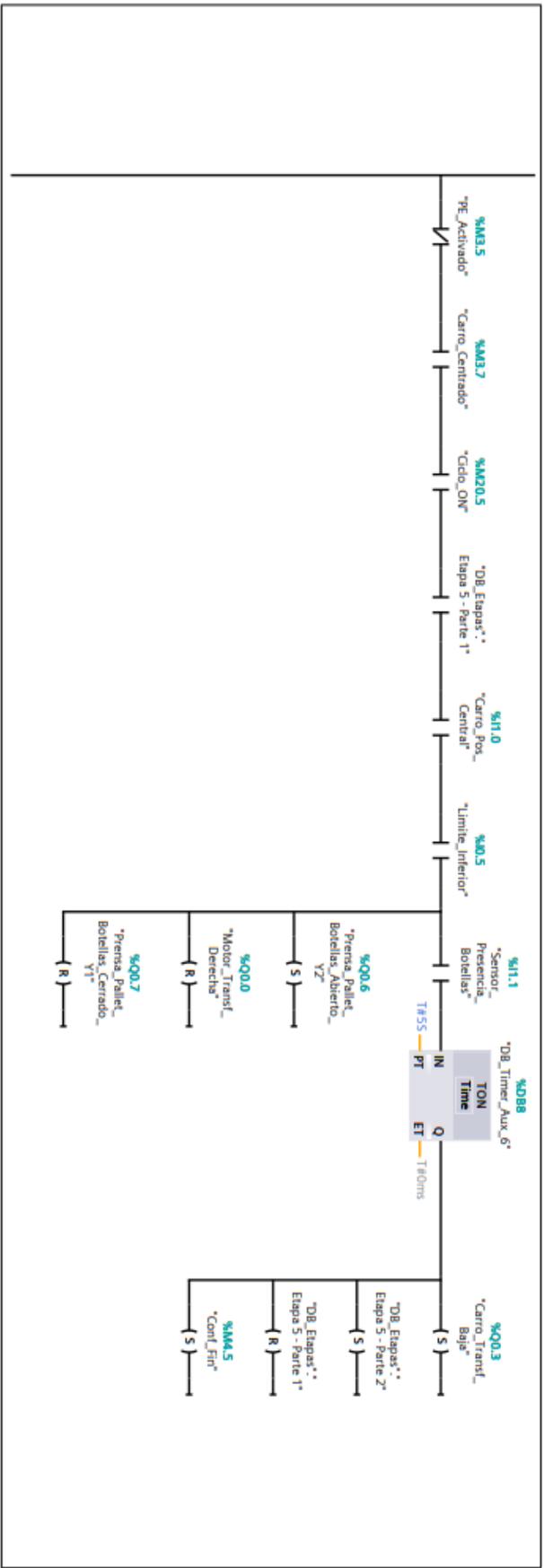
Etapa 5 - Parte 2

Name	Data type	Default value	Comment
Input			
Output			
InOut			
Temp			
Constant			
Return			
Etapa 5 - Parte 2	Void		

Network 1 : ETAPA 5 - PARTE 2



Totally Integrated
Automation Portal



Totally Integrated
Automation Portal

Proyecto_MI_Despaletizadora_V18 / PLC_Despaletizador_Botellas [CPU 1214C DC/DC/DC] / Program blocks
Etapa 6 [FC12]

Etapa 6 Properties

General

Name Number Type Language

Numbering

Information

Title Author Comment

Version User-defined ID

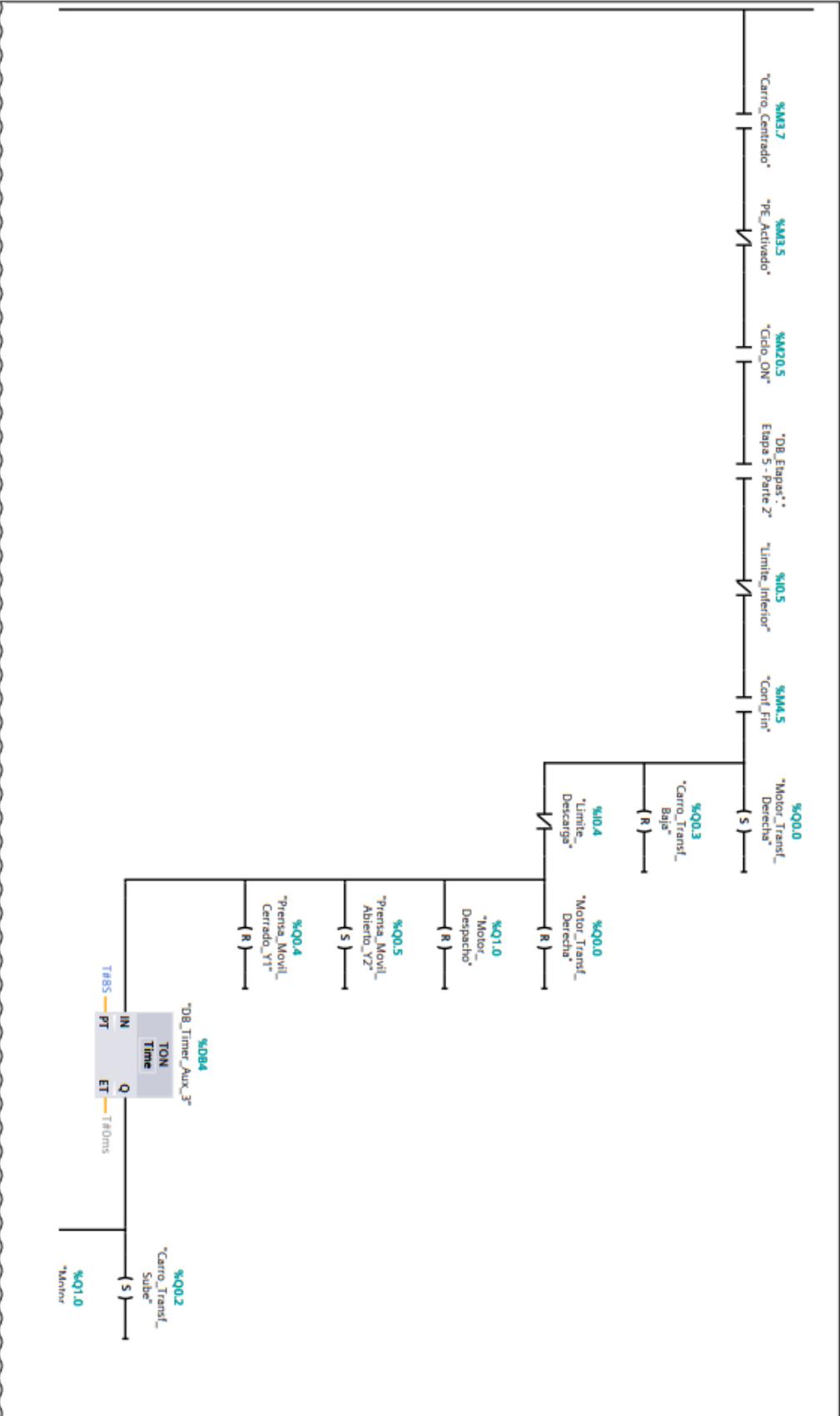
Family

Etapa 6			
Name	Data type	Default value	Comment
Input			
Output			
InOut			
Temp			
Constant			
Return			
Etapa 6	Void		

Network 1 : ETAPA 6

--	--

Network 1 : ETAPA 6 (1.1/2.1)



Totally Integrated
Automation Portal

Proyecto_MI_Despaletizadora_V18 / PLC_Despaletizador_Botellas [CPU 1214C DC/DC/DC] / Program blocks
Etapa 7 [FC13]

Etapa 7 Properties

General

Name Number Type Language

Numbering

Information

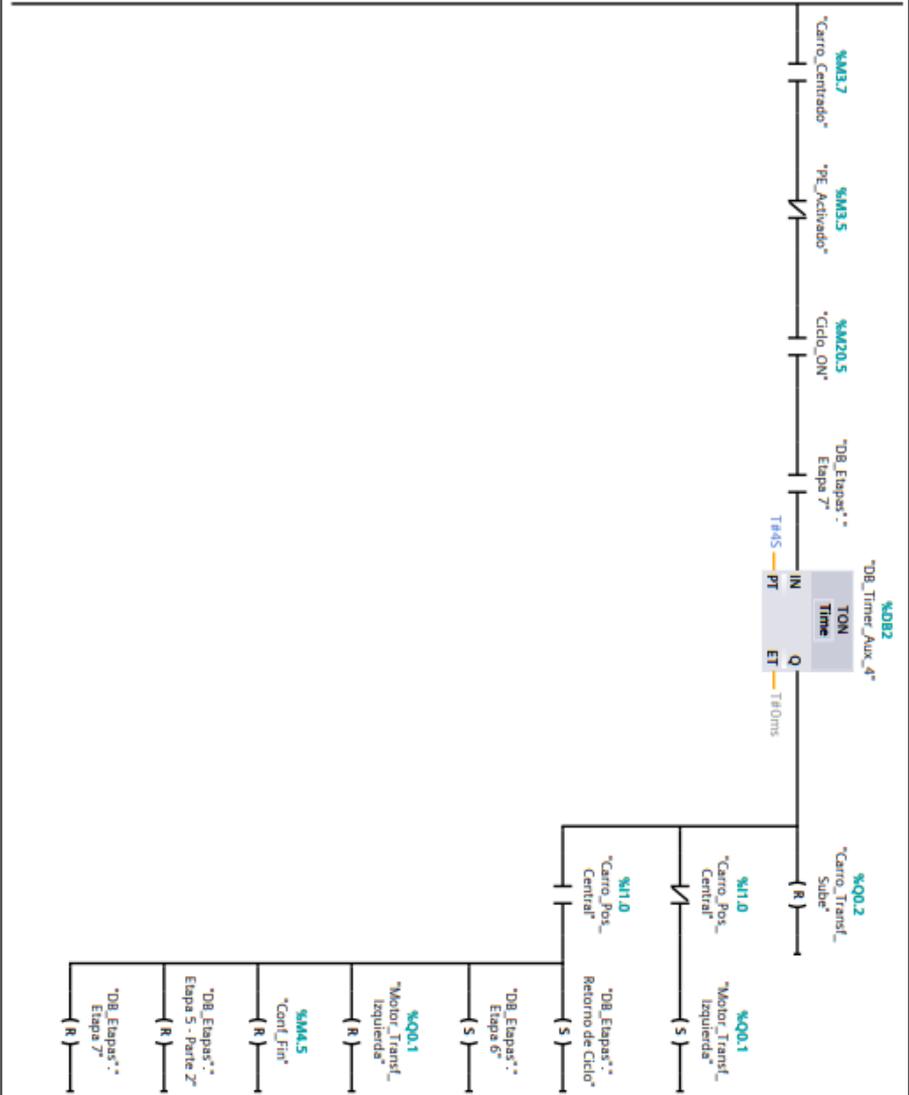
Title Author Comment

Version User-defined ID

Etapa 7			
Name	Data type	Default value	Comment
Input			
Output			
InOut			
Temp			
Constant			
Return			
Etapa 7	Void		

Network 1 : ETAPA 7

--	--



--	--

Totally Integrated
Automation Portal

Proyecto_ML_Despaletizadora_V18 / PLC_Despaletizador_Botellas [CPU 1214C DC/DC/DC] / Program blocks

Modo Automatico [FC2]

Modo Automatico Properties

General					
Name	Modo Automatico	Number	2	Type	FC
Numbering	Automatic			Language	LAD
Information					
Title	Modo Automatico	Author		Comment	El Modo Automatico se activa, unicamente cuando el Modo Manual se encuentra Desactivado desde el HMI.
Version	0.1	User-defined ID		Family	

Modo Automatico			
Name	Data type	Default value	Comment
Input			
Output			
InOut			
Temp			
Constant			
Return			
Modo Automatico	Void		

Network 1 : Confirmacion de calibracion de sensor de presencia de pallet de botellas

Se debe forzar al operador a calibrar la altura del sensor de presencia de pallet correspondiente a la botella que se vaya a despaletizar, caso contrario no arrancara la maquina.

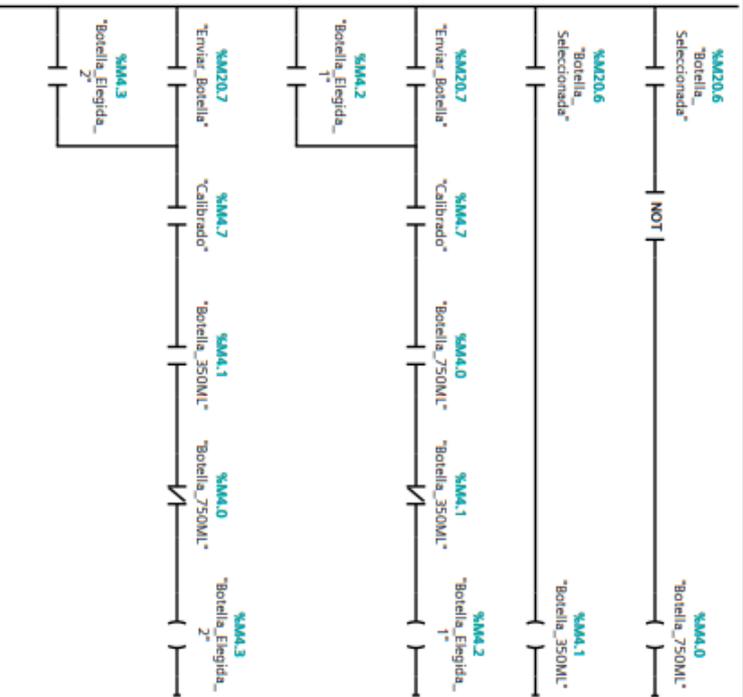
--	--	--

Totally Integrated
Automation Portal



Network 2 : Selección de Botellas para la regulación de Sensor de Presencia de Pallet de Botellas

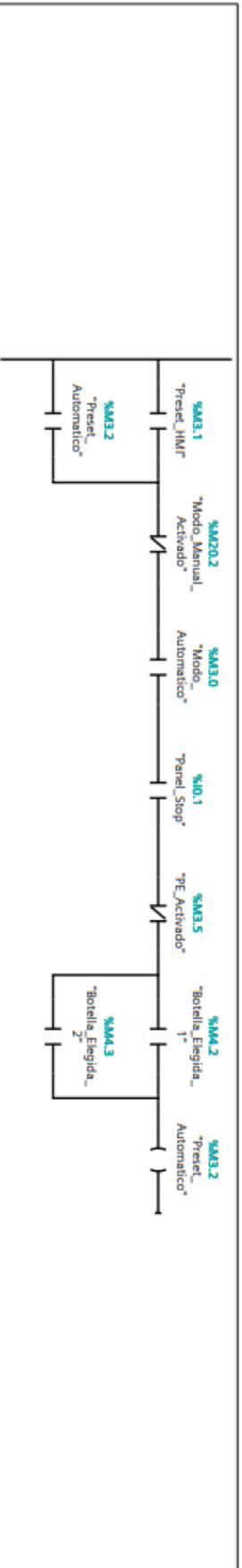
Se obliga al usuario a seleccionar el tamaño de la botella para poder recordarle regular la posición del sensor de presencia de pallet de botellas.



Totally Integrated Automation Portal

Network 3 : Pre confirmacion de Ciclo en Automatico

Pre set para arranque de modo automatico.



Network 4 : Ubicar Carro Transferidor en el Centro

Se ubica el carro transferidor de botellas en el centro del sistema para luego poder arrancar ciclo.



Network 5 : Ciclo de Despaletizado y Reinicio de Etapas

Se activa ciclo de despaletizado en la maquina, en caso de un paro de emergencia, no disponibilidad de pallet o arranque de ciclo, se reinicia el ciclo de automatico a estado inicial.

--	--

Totally Integrated Automation Portal

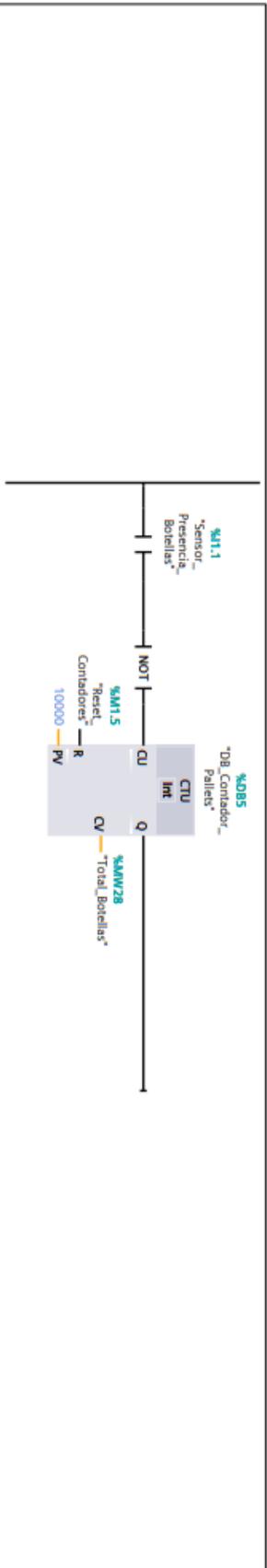
Network 6 : Reinicio de Etapas

Se reinician las etapas a su estado inicial para poder reiniciar el ciclo sin ningun problema.



Network 7 : Total de Botellas

Contabilizacion del total de botellas despaletizadas durante el ciclo.



--	--

Totally Integrated Automation Portal	
--------------------------------------	--

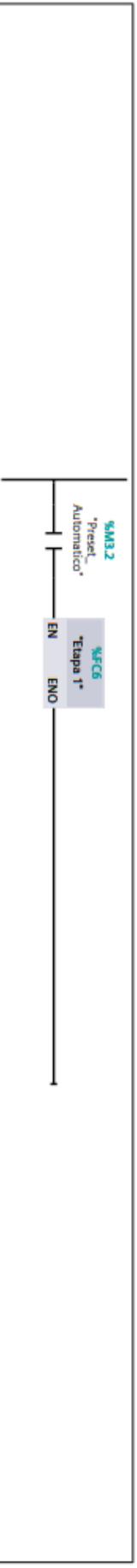
Proyecto_ML_Despaletizadora_V18 / PLC_Despaletizador_Botellas [CPU 1214C DC/DC/DC] / Program blocks
Ciclo Automatico [FC4]

Ciclo Automatico Properties					
General					
Name	Ciclo Automatico	Number	4	Type	FC
Numbering	Automatic				Language LAD
Information					
Title	Ciclo de Despaletizado de Botellas de Vidrio	Author		Comment	Se confirma el ciclo de des-paletizado una vez el carro este ubicado en el centro.
Version	0.1	User-defined ID			Family

Ciclo Automatico			
Name	Data Type	Default value	Comment
Input			
Output			
InOut			
Temp			
Constant			
Return			
Ciclo Automatico	Void		

Network 1 : Etapa 1 : Ubicar el Carro Transferidor en la Parte Superior

Se ubica el carro transferidor en la parte superior iniciando desde la posición central y se asegura que las prensas eten abiertas.



Network 2 : Etapa 2 : Ubicacion de Carro Transferidor en Zona de Carga

Se ubica el carro transferidor en la zona de carga.

--	--

Totally Integrated Automation Portal



Network 3 : Etapa 3 : Posicionamiento de Carro Transferidor en la ubicacion del pallet de botellas

El carro transferidor se posiciona en la ubicacion del pallet de botellas.



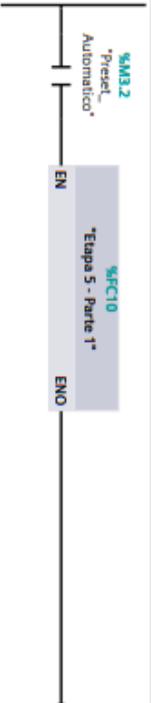
Network 4 : Etapa 4 : Recoleccion de Botellas

Se confirma la recoleccion de las botellas con las prensas una vez el sensor muestre presencia de pallet.



Network 5 : Etapa 5 : Ubicacion de carro transferidor en Zona de Descarga - PARTE 1

Se ubica el carro transferidor en la zona de descarga con las botellas.



Network 6 : Etapa 5 : Ubicacion de carro transferidor en Zona de Descarga - PARTE 2

Una vez, ubicado el carro transferidor, baja con las botellas ubicandose en la banda transportadora.

--	--

<p>Totally Integrated Automation Portal</p>		
<p>Network 7 : Etapa 6 : Despaletizado de botellas en la Zona de Descarga</p> <p>Se dejan las botellas en la zona de descarga (Banda Transportadora) y se abren las prensas, posterior a esto se enciende la banda para el proceso de despacho, asegurándose que este el carro en una posición lejana a la banda posterior al despaletizado de las mismas.</p>		
<p>Network 8 : Etapa 7 : Re ubicacion de carro transferidor de botellas hacia la posicion central</p> <p>El carro transferidor de botellas sube y se reubica en la posicion inicial.</p>		

5.4. Manual de Operaciones

MANUAL DE OPERACIÓN

6. Bibliografía

- [1] BARDHALO, «BARDHALO,» 7 de enero de 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.bardahlindustria.com/historia-maquinaria-industrial-1/>. [Último acceso: 24 de enero de 2025].
- [2] P. Aldabaldetrecu, «Interempresas,» 1 de febrero de 2002. [En línea]. Disponible en: <https://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/1435-Evolucion-tecnica-de-la-maquina-herramienta-Resena-historica.html>. [Último acceso: 24 de enero de 2025].
- [3] N. P. Pintado, 2018. [En línea]. Disponible en: https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/2003/1/TL_PazPintadoNatali.pdf. [Último acceso: 24 de enero de 2025].
- [4] «IRONTECH,» 2010. [En línea]. Disponible en: <https://irontech-group.com/es/que-es-un-hmi-el-significado-y-la-importancia-del-human-machine-interface/#:~:text=El%20HMI%20permite%20al%20operador,seg%C3%BAAn%20las%20necesidades%20del%20proceso>. [Último acceso: 24 de enero de 2025].
- [5] IBM, 2001. [En línea]. Disponible en: <https://www.ibm.com/mx-es/topics/condition-monitoring>. [Último acceso: 24 de enero de 2025].
- [6] FORTRA, 2015. [En línea]. Disponible en: <https://www.fortra.com/es/recursos/guias/automatizacion-de-procesos-5-principales-beneficios-en-empresas>. [Último acceso: 24 de enero de 2025].
- [7] Siemens, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://support.industry.siemens.com>. [Último acceso: 24 de enero de 2025].
- [8] INVT, 2010. [En línea]. Disponible en: <https://www.invtcz.cz/data/product/product-file/4-file-2063187141.pdf>. [Último acceso: 24 de enero de 2025].
- [9] INVT, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.invtcz.cz/data/product/product-file/4-file-2063187141.pdf>. [Último acceso: 24 de enero de 2025].