Implementación y control de un prototipo funcional de sistema extractor de rollos automatizado adaptado a una cortadora rebobinadora: caso C.I. ARclad S.A

Valentina Mendoza Zamora

Trabajo de grado para optar al título de

INGENIERA MECATRÓNICA

DIRECTOR:

Fredy Alexander Marín García

CODIRECTOR:

Juan Camilo Tejada Orjuela

ASESOR:

Gustavo Andrés Moreno Hincapié

UNIVERSIDAD EIA
INGENIERIA MECATRÓNICA
ENVIGADO
09/12/2020

Eres esa luz que me guía cuando todo está oscuro, eres esa voz que me dice que puedo con todo, eres quién siempre creyó en mí, mi fe y mi roca, por eso a ti mi vida y todo lo que soy, te amo mami.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a ARclad S.A y todo su equipo, por permitirme ser parte de una compañía con un excelente desempeño y grandes valores. Así como permitirme desarrollar este proyecto, brindándome tanto los materiales como el espacio de trabajo.

A Alejandro González Villegas, por respaldarme al interior de la compañía para continuar con el proyecto en una situación tan coyuntural como lo ha sido la pandemia.

A Fredy Alexander Marín García por ser mi director de trabajo de grado en la empresa y siempre estar dispuesto a gestionar los cambios necesarios para obtener el resultado deseado.

A todo el equipo de mantenimiento de Rionegro de ARclad porque de ellos aprendí durante todo el proceso y trabajamos hombro a hombro para lograr que el proyecto fuera exitoso. Gracias especialmente a Daniel Hinestroza, D'schebe Morales, Juan Albeiro Lara, Juan Pablo Correa y Moisés Montoya.

A la universidad EIA, por una excelente formación que me permitió estar lista para afrontar los retos durante el proyecto.

A mi director al interior de la universidad, Juan Camilo Tejada Orjuela, por resolver mis inquietudes con la mayor disposición durante todo el proceso, a pesar de tener una agenda más apretada de lo usual como resultado de los desafíos de la pandemia. También, por aportar sus ideas y por el tiempo que invirtió.

A mi madre, Gilma Zamora Arciniegas, por apoyarme y guiarme de todas las maneras posibles no sólo para culminar mi proyecto de grado, sino durante toda mi vida en cada paso que he dado.

A mi abuelita, Estela Arciniegas González y a Gustavo Botero, por hacerme barra desde siempre, por creer en mí y hacérmelo saber cada día.

A ti, José, por acompañarme durante esta aventura, por los apapachos, las noches largas, por ser esa voz de aliento y por cada momento.

A mi familia de muchos apellidos por ayudarme a construirme, parte de lo que soy es gracias a que los tengo: Andrea, Karen Aley, Karen Lorena, Martín y Michael.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

CONTENIDO

pág.

INTRODUCCIÓN 12

1. PRELIMINARES 14

1.1 CONTEXTUALIZACIÓN Y ANTECEDENTES 14

1.2 Objetivos del proyecto 15

1.2.1 Objetivo General 15

1.2.2 Objetivos Específicos 15

1.3 Marco de referencia 16

1.3.1 Estado del arte 16

1.3.2 Sistemas neumáticos y automatización industrial 16

1.3.3 Método de cascada para diseño de sistemas neumáticos 17

1.3.4 Estándar y nomenclatura ANSI/ISA 18

1.3.5 Normas de seguridad de las máquinas 19

1.3.6 Marco legal 20

1.3.7 Cortadora rebobinadora TITAN SR6 20

1.3.8 Softwares de interés 21

2. ENFOQUE Y METODOLOGÍA 23

2.1 Diseño preliminar o conceptual. 23

2.1.1 Caracterización del cliente/usuario. 24

2.1.2 Identificación de necesidades y características de ingeniería. 24

2.1.3 Cálculos de las características de ingeniería 26

2.1.4 Arquitectura funcional del sistema. 27

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

2.2 Diseño básico 28
2.2.1 Generación y selección de conceptos 28
2.2.2 Estructura funcional o caja transparente 35
2.2.3 Diseño de configuración. 35
2.3 Diseño de detalle 36
2.3.1 Descripción del sistema 36
2.3.2 Variables del sistema 38
2.3.3 Elaboración del plano eléctrico 40
2.3.4 Elaboración del plano neumático 40
2.4 Fabricación y puesta a punto 43
2.4.1 Sistema mecánico 44
2.4.2 Sistema eléctrico y neumático 47
2.5 Pruebas de funcionamiento y análisis de resultados 50
2.5.1 Pruebas de funcionamiento 50
3. PRODUCTOS, RESULTADOS Y ENTREGABLES OBTENIDOS 55
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 56
5. REFERENCIAS 57

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

LISTA DE TABLAS

pág.

Tabla 1. Normas de seguridad de las máquinas pertinentes al proyecto (Schneider Electric España, S.A.U., 2011) 19

Tabla 2. Softwares del proyecto. 21

Tabla 3. Matriz de necesidades. 25

Tabla 4. Descripción subfunciones - Transportar rollo 29

Tabla 5. Alternativas solución por subfunciones- Transportar rollos. 30

Tabla 6. Alternativas solución por subfunciones- Activar medidas de seguridad. 33

Tabla 7. Entradas del sistema extractor de rollos. 38

Tabla 8. Salidas del sistema extractor de rollos. 39

Tabla 9. Actuadores del sistema, descripción y movimientos. 40

Tabla 10. Tabla de verdad para baliza. 48

Tabla 11. Resultados de las pruebas de funcionamiento con y sin sistema extractor de rollos. 51

Tabla 12. Comentarios finales, encuesta de percepción final. 53

Tabla 13. Entregables del proyecto. 55

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

LISTA DE FIGURAS

pág.

Figura 1. Cortadora titan SR6 de C.I ARclad S.A..... 21

Figura 2. Metodología Dieter & Schmidt 23

Figura 3. Mapa de empatía gerente de manufactura ARclad. 24

Figura 4. Diagrama de fuerzas de la estructura para el actuador que eleva el sistema.... 27

Figura 5. Arquitectura funcional del sistema. 28

Figura 6. Estructura inicial, sin capacidad para subir y bajar autónomamente. 29

Figura 7. a) sistema abrir/cerrar puerta b) bisagra del sistema abrir/cerrar puerta. 31

Figura 8. Matriz pugh alternativa solución movimiento brusco a) tapas b) puertas..... 32

Figura 9. Matriz de decisión para la función garantizar seguridad operario..... 33

Figura 10. Tipo de señales del sistema..... 35

Figura 11. Caja transparente sistema extractor de rollos. 35

Figura 12. Diagrama de flujo sistema extractor de rollos..... 37

Figura 13. Secuencia principal y división por grupos para Ladder. 41

Figura 14. a) Cilindros de elevación de sistema + sensores b) Componentes de accionamiento del sistema..... 42

Figura 15. Cilindros de giro, puerta y tapas, respectivamente + sensores. 42

Figura 16. Diagrama de conexiones eléctricas del sistema en Automation Studio. 43

Figura 17. Estructura inicial del sistema extractor sin eje acoplado..... 43

Figura 18. Sistema de guías del extractor de rollos en detalle. 44

Figura 19. Base del sistema extractor de rollos. 45

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Figura 20. Actuador que genera el giro del sistema. 46

Figura 21. a) Instalación puerta Titan SR6 b) Acople entre ejes. 46

Figura 22. Tablero de control Gin Pole. 47

Figura 23. Salidas de aire del tablero del Gin Pole. 48

Figura 24. Sistema extractor de rollos, implementación final. 49

Figura 25. Ensamble final del sistema extractor de rollos. 50

Figura 26. Esquema de trabajo Gin Pole + Titan SR6..... 51

Figura 27. Resultado gráfico "¿considera que el proyecto cumplió su objetivo final?", encuesta de percepciones finales. 52

Figura 28. Resultado gráfico "¿su opinión fue tomada en cuenta para el desarrollo del proyecto?", encuesta de percepciones finales. 53

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

LISTA DE ANEXOS

pág.

Anexo 1 – Planos eléctricos 61

Anexo 2 – Programación ladder en automation studio 67

Anexo 3 – Código ladder en Logosoft 69

Anexo 4 – Planos mecánicos sistema extractor de rollos 72

Anexo 5 – Encuesta final de percepción 94

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

RESUMEN

Este proyecto comprende la implementación y control de un sistema extractor de rollos o también denominado “Gin Pole”, aplicado a una cortadora rebobinadora Titan SR6 en la planta de producción de Rionegro de la empresa C.I ARclad S. A. Para ello, se hace uso de una metodología propia de los proyectos de ingeniería basada en el libro “Engineering Design” de Dieter y Smith; incluye la lectura de contexto, pasando por el diseño de detalle y llevando el proyecto hasta una etapa de implementación y seguimiento.

Pretende establecer una base estructurada para el desarrollo de innovaciones de ingeniería en la empresa y a su vez mejorar las condiciones de trabajo de los operarios, así como el desempeño de la máquina. En el proceso se hace uso de diversos softwares como Fusion 360 y Automation Studio para generar las simulaciones del sistema. De la misma forma se tiene en cuenta las normas, nomenclatura y estándares propios de la industria como ANSI/ISA, ISO e ICONTEC para la elaboración de los planos.

Como resultado final se obtiene un sistema completamente funcional integrado por componentes mecánicos, eléctricos, neumáticos y de control con su respectivo manual de operaciones, que incluye planos mecánicos, manual de ensamble, planos eléctricos, planos neumáticos, código de control, programas editables, descripción del sistema y análisis de resultados. Entre los elementos claves de la construcción del proyecto se encuentran el controlador lógico programable (PLC) Logo de Siemens desde donde se controla toda la operación. Para medir los resultados del proyecto cuantitativamente se comparan los tiempos promedio de extracción de rollos con y sin el sistema y de manera cualitativa se aplica una encuesta a todos las partes interesadas y beneficiadas directamente por el proyecto al interior de la organización.

Palabras clave: automatización, PLC, máquina, LOGO, rollos, neumática.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

ABSTRACT

This project includes the implementation and control of a roll extractor system or also called "Gin Pole", applied to a Titan SR6 slitter rewinder in the Rionegro production plant of the company C.I ARclad S. A. For this purpose, it uses an engineering project methodology based on the book "Engineering Design" by Dieter and Smith; it includes reading the context, going through the detail design, and taking the project to an implementation and follow-up stage.

It pretends to establish a structured base for the development of engineering innovations in the company and at the same time improve the working conditions of the operators, as well as the performance of the machine. In the process, various software such as Fusion 360 and Automation Studio are used to generate the system simulations. In the same way, it considers the norms, nomenclature, and standards of the industry such as ANSI/ISA, ISO and ICONTEC for the elaboration of the plans.

The result is a fully functional system integrated by mechanical, electrical, pneumatic and control components with their respective operations manual, which includes mechanical drawings, assembly manual, electrical drawings, pneumatic drawings, control code, editable programs, system description and analysis of results. Among the key elements of the project's construction is the Siemens Logo! programmable logic controller (PLC) from which the entire operation is controlled. To measure the project results quantitatively, the average time of extraction of rolls with and without the system is compared and in a qualitative way a survey is made to the project stakeholders within the organization.

Keywords: automation, PLC, machine, LOGO, rolls, pneumatics.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la mayoría de las grandes industrias hacen uso de la neumática y la automatización de procesos como herramientas claves para su funcionamiento. En Colombia a menudo este tipo de tecnologías es importada desde otros países y la labor dentro del país se reduce al ensamble de esta. Por otro lado, continuamente el mercado de la automatización industrial se actualiza; sus componentes, máquinas y en general su tecnología va dejando atrás las versiones anteriores de los mismos productos al tener, por ejemplo, mayor velocidad o un mejor diseño que favorece al usuario. Sin embargo, en muchas ocasiones las versiones previas, especialmente en el caso de maquinaria de plantas de producción continúan siendo funcionales y les queda un tiempo de vida relativamente largo por lo que la relación costo beneficio de reemplazarlas termina siendo muy baja.

Del contexto anterior, nacen iniciativas al interior de las empresas que buscan obtener mejores resultados con los elementos disponibles. A partir de este enfoque se realiza la implementación y control de un sistema extractor de rollos o Gin Pole aplicado a una cortadora rebobinadora Titan SR6 en la planta de producción de Rio Negro de la empresa C.I ARclad S. A.

Para lograr los objetivos planteados se realizan una serie de pasos. Inicialmente se contextualiza e identifican los parámetros y problemáticas del entorno de trabajo de la cortadora rebobinadora teniendo en cuenta los avances previos en el desarrollo del sistema extractor de rollos.

Posteriormente, se elabora el diseño preliminar o conceptual, que de acuerdo con Horvárth (2004), en el libro Ingeniería de Producto, es el proceso creativo de resolución de problemas, capacitado por el conocimiento humano, la creatividad y el razonamiento. Para el proyecto esto se traduce en conocer el funcionamiento y labor de producción de la cortadora rebobinadora Titan SR6, así como entender el punto de vista de los operarios y la manera en la que actualmente se trabaja.

Lo tercero corresponde a la lectura de contexto y el diseño básico, donde se recolecta información como parte del proceso de innovación. Como resultado final de este ítem se responde al “¿por qué?” del proyecto. Se accede a soluciones existentes y experiencias mediante una búsqueda del estado actual de la tecnología.

En el caso del diseño básico, este propone una solución integral al problema de diseño. En esta etapa se pasa de una arquitectura funcional a una arquitectura física. Incluye el desarrollo de ingeniería, modelos de prototipos, revisión de las especificaciones técnicas, especificaciones de productos, procesos y materiales.

Debido a que el sistema extractor de rollos ya pasó parcialmente por estas etapas mencionadas, en este caso se enfoca la lectura de contexto y el diseño básico a entender

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

el desarrollo del proyecto hasta el momento. Lo que incluye conocer la visión inicial del área de manufactura para el sistema, los inconvenientes que se han tenido hasta el momento, el funcionamiento mecánico en desarrollo (identificando los puntos críticos que lo hacen deficiente), revisión del cableado eléctrico y del código de control planteado, y la elaboración de la arquitectura funcional y arquitectura física.

La siguiente etapa comprende la generación, evaluación y selección de conceptos, lo que incluye la estructura funcional o caja transparente que permite relacionar las señales de entrada y salida. En esta sección se plantea cómo abordar los puntos críticos habituales en el diseño e implementación de un sistema industrial automatizado a través de una evaluación y selección de conceptos. Se realiza a partir de la matriz morfológica, que permite tomar una decisión utilizando el criterio del diseñador y la información disponible sobre cada alternativa, teniendo como prioridad el sistema de seguridad, incluyendo paro de emergencia, señalización y medidas para las posibles situaciones de riesgo de los operarios.

Luego, se elabora el diseño de detalle del sistema extractor de rollos de una cortadora rebobinadora teniendo como eje principal la seguridad en la interacción humano-robot. Comprende el diseño detallado de todos los componentes, para el proyecto este diseño se enfoca en el sistema eléctrico, mecánico, neumático, de control y el manual de ensamble. Los planos del sistema extractor de rollos se elaborarán en diferentes softwares, de acuerdo con las necesidades, los conocimientos previos y las herramientas disponibles. Para el caso de los planos eléctricos se utiliza Microsoft Visio. Los planos mecánicos se elaboran en el software Fusión 360 e incluyen el modelo de ensamble. Por parte de los planos neumáticos y de control estos dos están estrechamente relacionados, su elaboración se hace en el software Automation Studio, donde además de elaborar el plano neumático, teniendo en cuenta los sensores y cilindros actualmente implementados, se elabora el plano de control que permite simular todo el sistema. De manera que, al llevarlo al dispositivo real no se perjudique el sistema mecánico por posibles errores de programación.

El próximo paso corresponde a la programación del control del sistema extractor de rollos a través del PLC LOGO de Siemens. Lo que implica que a partir del plano neumático y de control se lleva el código de programación al software compatible con el PLC LOGO, que corresponde a LogoSoft. El lenguaje de programación de este corresponde a ladder. Previamente a las pruebas en el dispositivo físico se realizarán simulaciones para corroborar el correcto funcionamiento y de ahí se pasa a las pruebas en planta que requieren de la máquina disponible.

Se verifica la funcionalidad del sistema a partir de la experiencia de los colaboradores y los indicadores de producción de la cortadora rebobinadora. En cuánto el análisis cualitativo se hace una breve encuesta de satisfacción para conocer la opinión de los operarios en la Titan SR6 y para conocer la percepción de otros colaboradores afines pero que no trabajan directamente con el sistema extractor de rollos o la cortadora pero que se encuentran involucrados en el proyecto (stakeholders). Finalmente, se registran conclusiones y recomendaciones.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

1. PRELIMINARES

1.1 CONTEXTUALIZACIÓN Y ANTECEDENTES

La empresa Comercializadora Internacional de Productos Autoadhesivos ARclad S.A, por su sigla, C.I ARclad S.A. es una empresa altamente exportadora ubicada en Colombia. Se enfoca “en el desarrollo y la fabricación de materiales autoadhesivos, usados en el sector de las artes gráficas para la elaboración de etiquetas y vinilos para la comunicación gráfica, atendiendo los segmentos de Flexografía, Litografía, Serigrafía e Impresión Digital en Gran formato” (ARclad, 2016). La organización nace en 1980 con una planta productora ubicada en Rionegro (Antioquía) y como respuesta al crecimiento de la industria hace 15 años inaugura su segunda planta ubicada en Cartagena (Bolívar), la cual se especializa en la producción en línea. Adicionalmente, en la actualidad tiene canales propios de distribución en Centroamérica (Costa Rica, Guatemala, Honduras), Ecuador, México, Perú, Chile, República Dominicana y Brasil; así como distribuidores y representantes en los demás países de la Región Andina, Centro y Suramérica.

Sus procesos productivos van desde la obtención del adhesivo mediante la mezcla de sustancias químicas a través de operaciones de bombeo, pesado y filtrado; hasta la producción del material autoadhesivo que incluye siliconado, recubrimiento, laminado y corte en rollos o en hojas. El producto final es despachado para inventario, clientes nacionales o a las filiales para ser procesado y distribuido al cliente final.

Al ser una empresa productora hace uso de un número significativo de máquinas que se encargan de automatizar los procesos. A lo largo de los años con el fin de responder al crecimiento de la demanda, la organización ha adquirido nuevas máquinas con funciones mejoradas respecto a las primeras versiones que se tenían en la planta, lo que implica mejor desempeño y en algunos casos mayor comodidad para los operarios. Sin embargo, las máquinas más antiguas continúan en operación y reemplazarlas implicaría una alta inversión que no se justifica al evaluar la relación costo-beneficio. De lo anterior y como parte del proceso de mejora continua de la compañía, se plantean proyectos pertinentes a las necesidades del día a día en producción y que permitan obtener el mejor resultado con los elementos disponibles.

Este proyecto se centra en el caso de la cortadora rebobinadora TITAN SR6, ubicada en la planta de Rio Negro, la cual no cuenta con un sistema automatizado para extraer los rollos cortados. Por sus condiciones de funcionamiento, entre ellas la velocidad máxima de producción, la máquina había sido relevada dentro de la planta al corte de vinilos que no requieren cortes especializados. Las medidas que maneja la empresa en este material pueden variar desde 105 cm hasta 153 cm, alcanzando un peso aproximado de hasta 60 kg. Por lo anterior, los dos operarios de este puesto de trabajo empacan el rollo de la máquina en conjunto, a diferencia de la dinámica en máquinas modernas donde existe un sistema extractor de rollos automatizado que permite dividir las labores: un colaborador

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

empaca y paletiza el rollo recién cortado, mientras el otro puede iniciar un nuevo corte. Este último caso se puede evidenciar dentro de la planta en máquinas como la cortadora rebobinadora Ghezzi & Annoni RT 610/800 la cual tiene un desempeño mucho mayor y facilita al operario el proceso de extracción de rollos debido al sistema integrado para tal función.

Desde las funciones del practicante de manufactura se planteó el diseño e implementación del sistema extractor de rollos aplicado a la cortadora rebobinadora TITAN SR6, haciendo uso de los conocimientos técnicos en mecánica, instrumentación y automatización industrial propios del pregrado de ingeniería mecatrónica. Posteriormente se extendió el proyecto a la modalidad de trabajo de grado para garantizar la finalización y periodo de pruebas del sistema, un análisis completo de los resultados finales y un registro de ingeniería con la información de la máquina que permita dejar una base firme en la empresa para futuros desarrollos.

Al momento de recibir el proyecto como practicante de manufactura para el semestre 2020-1 se tenía una construcción mecánica inicial en proceso parcialmente funcional, que se elaboró con elementos recuperados del taller de ARclad. Adicionalmente, el cableado eléctrico del tablero de la máquina al PLC y una primera versión del código de control no implementable (software LOGO). Lo anterior implica que el diseño en este proyecto está limitado a variables iniciales. Entre las más significativas se encuentra un sistema mecánico orientado a uno de los dos ejes de la cortadora rebobinadora, el PLC LOGO de siemens como control del sistema extractor de rollos y los cilindros que determinan el movimiento de este.

1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.2.1 Objetivo General

Implementar un prototipo funcional de sistema extractor de rollos automatizado adaptado a una cortadora rebobinadora: caso C.I. ARclad S. A.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar los parámetros y problemáticas del entorno de trabajo de la cortadora rebobinadora teniendo en cuenta los avances previos en el desarrollo del sistema extractor de rollos.

- Elaborar el diseño de detalle del sistema extractor de rollos de la cortadora rebobinadora teniendo como eje principal la seguridad en la interacción humano-robot: planos mecánicos, eléctricos, neumáticos y de control.

- Programar el control del sistema extractor de rollos para su operación de acuerdo con los parámetros identificados.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- Comprobar funcionalidad del sistema extractor de rollos a partir de la experiencia de los colaboradores y los indicadores de producción de la cortadora rebobinadora.

1.3 MARCO DE REFERENCIA

1.3.1 Estado del arte

Como parte del proceso de recolección de información para la realización de este documento se consultaron varias investigaciones, patentes y trabajos de grados afines, entre los que se destacan:

- "Desarrollo de controlador basado en PLC para máquina de prensado neumático en planta de fabricación de cojinetes de motor", este documento informa sobre el análisis de las necesidades específicas de la planta de fabricación, los parámetros de construcción de los cojinetes de motor y a partir de este análisis presenta los diagramas de flujo de la secuencia a implementar, simulación y análisis de resultados donde se comprueba el correcto funcionamiento (Singha & Vermaa, 2018).

- "Diseño de una máquina expendedora de alta tecnología" (Sibandaa, Munetsib, Mpofua, Murenaa, & Trimblea, 2020), a diferencia del artículo anterior en este trabajo se enfoca mayormente en el diseño mecánico. Adicionalmente, el control es por medio de Arduino y emplea componentes electrónicos. Inicialmente el documento expone diversas alternativas solución a partir del contexto del problema, luego, se explican los componentes finales, se muestra el diagrama de flujo de las funciones lógicas que presentará la máquina expendedora y finalmente, muestra parte del código y conclusiones.

- "Diseño de una descascarilladora de maíz automatizada para el caso de Zimbabwe", (Takawira-Nyakuchena & Mushiri, 2020). Esta investigación crea un diseño sostenible y económico de una descacarilladora a partir de las necesidades identificadas en los agricultores de Zimbabwe, país en vías de desarrollo. Hace uso del software de modelado 3D SoliEdge para comprobar la viabilidad del diseño a través de un análisis de tensión de Von Mises.

- "Diseño, fabricación y prueba de una máquina Beta Stirling para aplicaciones de refrigeración" (Djetel-Gothe, Bégot, Lanzetta, & Gavignet, 2020), presenta los resultados experimentales de un diseño detallado a partir de todas las variables implicadas en el funcionamiento de la máquina Beta Stirling.

1.3.2 Sistemas neumáticos y automatización industrial

La automatización industrial y los sistemas neumáticos han estado relacionados desde que se empezó a definir y ampliar ambos conceptos, el uso de estos en la industria permitió a

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

la humanidad incrementar su capacidad de producción e incluso la estandarización especializada de sus productos. Por un lado, “la neumática es la tecnología que utiliza aire comprimido, concretamente la energía acumulada en el gas presurizado, para activar mecanismos” (Eurotransis, 2016). La mayoría de las empresas manufactureras de todo el mundo cuenta con un sistema neumático para la ejecución de sus tareas diarias.

En cuanto a la automatización, históricamente su desarrollo ha tenido varios hitos que han permitido que esta área llegara a su avance actual, entre ellos se encuentra la invención del transistor en 1947, la primera máquina controlada por computador en 1959, el primer motor de corriente de jaula de ardilla trifásico que permitía la producción masiva en 1967, en 1968 el primer controlador lógico programable (PLC) y así muchos otros han sumado a la consolidación de esta rama como se conoce hoy en día (UME, 2015).

A medida que la automatización ha mutado en procesos más complejos en la industria su estrecha relación con la neumática no ha variado y es que si se reflexiona acerca de las ventajas que ofrece la neumática en primera instancia se encuentra que aprovecha el aire, que sin entrar en debates de fondo se encuentra en todas partes de planeta y es gratis. Pero las ventajas de los sistemas neumáticos para usos industriales van más allá ofreciendo seguridad sin necesidad de implementar medidas altamente especializadas lo que permite la interacción humano-máquina; es antideflagrante, es decir, no genera riesgo de chispas; permite múltiples aplicaciones al permitir movimientos lineales y rotacional y sus elementos de implementación y reparación están ampliamente estandarizados y disponibles en el mercado.

Constantemente la tecnología se reinventa para llegar a nuevos modos de operación, mejores condiciones laborales y mayor alcance; la globalización y la cuarta revolución industrial son otros conceptos claves que podemos mencionar en la actualidad en referencia a la evolución de las industrias. Sin embargo, la automatización y los sistemas neumáticos seguirán teniendo vigencia y múltiples aspectos por mejorar e investigar.

1.3.3 Método de cascada para diseño de sistemas neumáticos

En la industria mecatrónica, el diseño de sistemas neumático comprende diferentes técnicas que garantizan un adecuado funcionamiento, entre ellas se encuentra el método de cascada. De acuerdo a la guía de neumática de la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP, 2011) el método de cascada en sistemas neumáticos se utiliza para diseñar circuitos neumáticos o electroneumáticos de una forma metódica y eliminar con ello las condiciones de bloqueo que se presentan en el diagrama de funcionamiento, y que se producen cuando es necesario ordenar el movimiento del vástago de un cilindro mientras todavía persiste la orden del movimiento opuesto del mismo cilindro. Comprende los siguientes pasos para su implementación:

1. **Identificación de los elementos**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Se refiere a denotar cada uno de los elementos del sistema neumático que generan movimiento (cilindros y motores) con letras mayúsculas en orden alfabético (A, B, C).

2. **Identificación de los movimientos de trabajo**

Se realiza el diagrama espacio-fase para los movimientos de los elementos de trabajo tomando como referencia su posición inicial o de reposo y teniendo en cuenta lo siguiente:

- **Cilindros:** si su vástago sale se identifica con el signo más (+), por ejemplo 1A+, mientras que si su vástago entra se identifica con el signo (-), por ejemplo 1A-.

- **Motores:** la identificación de los motores se realiza según su giro, de forma que si su eje gira en sentido horario se identifica con el signo más (+), por ejemplo 2A+, y si su eje gira en sentido antihorario se identifica con el signo menos (-), por ejemplo 2A-.

3. **Relación fase secuencia**

A partir del diagrama espacio-fase se hace una relación escrita de los movimientos a la que se designa relación fase-secuencia. Seguidamente se escriben uno a continuación de otros separándolos por una coma, denominándose a esta disposición escritura abreviada. Si dos o más elementos de trabajo tienen un movimiento simultáneo, en la relación fase-secuencia de movimientos se indica uno sobre otro.

4. **Formación de grupos**

Se forma el primer grupo de la relación fase-secuencia de izquierda a derecha y antes de que aparezca una identificación del mismo cilindro repetida se coloca una línea vertical o inclinada (/) la cual indica un cambio de grupo. Los grupos se nombran con numeración arábiga. Las líneas de separación del principio y del final de la relación fase-secuencia son iguales, debe omitirse una de las dos.

5. **Válvulas conmutadoras**

El número de válvulas conmutadoras es igual al número de grupos menos uno. El tipo de válvula puede ser 4/2 o 5/2 vías de accionamiento neumático. Se suelen representar una debajo de la otra, es decir en forma de cascada. Otra alternativa, es el uso de una memoria por cada grupo identificado.

1.3.4 Estándar y nomenclatura ANSI/ISA

A lo largo de la historia del desarrollo industrial, no sólo de la fabricación de maquinaria sino de cualquier industria se han establecido múltiples formas de representar instrumentos de

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

medición y operaciones de control, con el fin de obtener mejores resultados y asegurar factores claves como calidad y seguridad. Es así como distintas organizaciones han unido esfuerzos para lograr estandarizarlos y de esta forma hacer de los desarrollos tecnológicos compatibles entre sí. Este proyecto hace uso de las normas con mayor difusión a nivel mundial y aquellas que en la actualidad estén aplicadas en la industria colombiana.

Por lo anterior, para el diseño, representación y simulación del sistema extractor de rollos desde el punto de vista de la instrumentación industrial y de la tecnología neumática, eléctrica y de control, se hace uso del estándar y la nomenclatura ANSI/ISA, organización pertinente para aplicaciones profesionales del área de automatización.

1.3.5 Normas de seguridad de las máquinas

Las normas europeas de seguridad que se manejan en Colombia se clasifican en tres tipos: normas básicas de seguridad (tipo A), normas de seguridad genéricas (tipo B) y normas de seguridad para máquinas (tipo C). De acuerdo con el manual de seguridad en máquinas de la empresa Schneider Electric (2011) las normas de tipo A aportan conceptos básicos, principios de diseño y aspectos generales que pueden aplicarse a todas las máquinas; las normas de tipo B tratan sobre un aspecto de la seguridad o un tipo de dispositivo de seguridad que puede utilizarse en una amplia gama de máquinas. [Por último,] las normas de tipo C son relativas a los requisitos de seguridad específicos para una máquina o un grupo de máquinas determinado. En la Tabla 1 se describen las normas que aplican para el desarrollo del sistema extractor de rollos.

Tabla 1. Normas de seguridad de las máquinas pertinentes al proyecto (Schneider Electric España, S.A.U., 2011)

Nombre	Tipo	Descripción
EN ISO 12100	A	Seguridad de las máquinas - Conceptos básicos, principios generales para el diseño
EN ISO 12100-2	A	Seguridad de las máquinas - Conceptos básicos, principios generales para el diseño. Parte 2: Principios técnicos.
EN ISO 14121-1	A	Seguridad de las máquinas. Evaluación del riesgo. Parte 1: Principios.
EN ISO 13850	B	Parada de emergencia - Principios de diseño.
EN IEC 62061	B	Seguridad funcional de sistemas de control electrónicos programables, electrónicos y eléctricos relativos a la seguridad.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

EN ISO 13849-1	B	Seguridad de maquinaria - Partes de los sistemas de mando relativos a la seguridad. Parte 1 Principios generales para el diseño
EN 619	C	Equipos y sistemas de manipulación continua - Requisitos de seguridad y EMC para equipos de manipulación mecánica de cargas de unidad.

1.3.6 Marco legal

El desarrollo de sistemas industriales implica una alta responsabilidad ética para garantizar la seguridad de las personas en el entorno. De allí que existan leyes que vigilan y obligan a los fabricantes a cumplir condiciones de seguridad adecuadas, en especial para aquella maquinaría industrial que requiere de la interacción humana directa.

A continuación, se enlista algunas normas, leyes y decretos que competen al desarrollo de este proyecto de acuerdo con la ley colombiana:

- Seguridad de las máquinas, requisitos antropométricos para el diseño de puestos de trabajo asociados a máquinas. Código: NTC 6301:2018. Equivalencia internacional: ISO 14738:2002 Cor 1:2003, ISO 14738:2002, ISO 14738:2002/Cor 2:2005 (ICONTEC, 2020).

- Estatuto de seguridad industrial, resolución Número 02400 de 1979 (mayo 22) por la cual se establecen algunas disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo. El Ministro de Trabajo y Seguridad Social En uso de sus facultades que le confiere el artículo 348 del Código Sustantivo del Trabajo, el Artículo 10 del Decreto No. 13 de enero 4 de 1967 y el Decreto No. 062 de enero 16 de 1976 (Ministerio de trabajo y seguridad social, 1979).

- Código eléctrico nacional o código NFPA 70, “es el punto de referencia para el diseño eléctrico seguro, la instalación y la inspección para proteger a las personas y la propiedad de los riesgos eléctricos” (NFPA, 2020).

- GTC 045, “guía técnica colombiana para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional” (ICONTEC, 2010).

1.3.7 Cortadora rebobinadora TITAN SR6

“Las cortadoras rebobinadoras cortan rollos grandes en otros más pequeños” (Galred Europe BV, s.f.), mientras el rollo inicial se desenrolla, a su vez es enrollado en otro eje y cortado por cuchillas. Para este proyecto se trabaja con la TITAN SR6 (ver Figura 1) la cual posee dos ejes y se especializa en películas y papel. De acuerdo con las especificaciones

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

técnicas disponibles por Universal Converting Equipment, su velocidad mecánica máxima es de 450 m/min y el tipo de corte es a través de cuchillas rotatorias (s.f.).

Figura 1. Cortadora titan SR6 de C.I ARclad S.A

1.3.8 Softwares de interés

Para el diseño e implementación del sistema extractor de rollos es necesario el uso de una serie de softwares de ingeniería que permiten desde la simulación de los diferentes subsistemas hasta el control de este. En la Tabla 2 se describe cada uno junto con su aplicación para el desarrollo del proyecto.

Tabla 2. Softwares del proyecto.

Software	Descripción	Función en el proyecto
Automation Studio	Programa de diseño y simulación de sistemas y máquina industriales, incluye componentes neumáticos, hidráulicos, eléctricos, de control (PLC), HMI y comunicaciones. Desarrollado por Famic Technologies Inc.	Diseño y simulación del sistema neumático, eléctrico y de control.
Fusion 360	Software CAD 3D, incluye diseño y simulación de componentes, desarrollado por Autodesk.	Elaboración del manual de ensamble del sistema.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Microsoft Visio	Software de diseño vectorial de Microsoft que incluye diagramas de flujo, diagramas eléctricos de ingeniería, planos de construcción, entre otros.	Elaboración del plano eléctrico del sistema para el manual del sistema.
LOGO software	Software del controlador lógico programable (PLC) LOGO desarrollado por Siemens para proyectos pequeños de automatización.	Control del sistema extractor de rollos.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

2. ENFOQUE Y METODOLOGÍA

Este proyecto está mayormente enfocado en la implementación por los antecedentes mencionados en la primera sección, sin embargo, para la etapa de diseño se adapta la metodología (Figura 2) planteada en el libro “Engineering Design” (Dieter & Schmidt, 2008).

Adicionalmente, a nivel general se plantea una metodología secuencial donde se ejecutan las actividades necesarias para el cumplimiento de cada uno de los objetivos en la manera que se plantearon inicialmente.

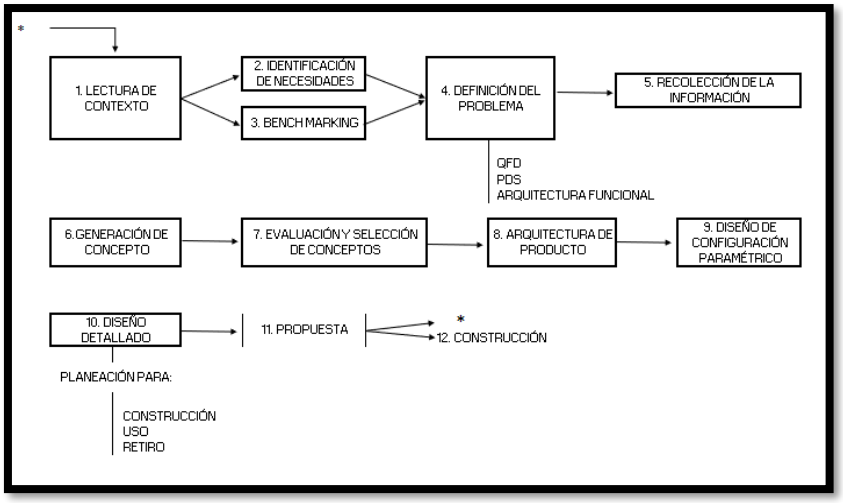


Figura 2. Metodología Dieter & Schmidt

2.1 DISEÑO PRELIMINAR O CONCEPTUAL.

Identificar los parámetros y problemáticas del entorno de trabajo de la cortadora rebobinadora teniendo en cuenta los avances previos en el desarrollo del sistema extractor de rollos.

Para este primer objetivo se ejecuta el diseño preliminar del sistema extractor de rollos. De acuerdo con Horvárth (2004), en el libro Ingeniería de Producto, desde un punto de vista metodológico, el diseño conceptual [o preliminar] es un proceso creativo de resolución de problemas, capacitado por el conocimiento humano, la creatividad y el razonamiento. También puede entenderse como un proceso cognitivo, en el que la generación de ideas, la externalización, la síntesis y la manipulación de entidades mentales, llamados conceptos de diseño, toman lugar en un breve proceso evolutivo. Para el proyecto esto se traduce en conocer el funcionamiento y labor de producción de la cortadora rebobinadora Titan SR6,

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

así como entender el punto de vista de los operarios y la manera en la que actualmente se trabaja.

2.1.1 Caracterización del cliente/usuario.

El cliente de este proyecto corresponde al gerente de manufactura, este se encuentra involucrado directamente y es la persona dentro de la compañía a la que se le hace entrega del extractor de rollos. Para generar una caracterización se hace uso del mapa de empatía (Figura 3), una herramienta propia de design thinking que tiene como objetivo permitir al diseñador analizar la perspectiva del cliente.

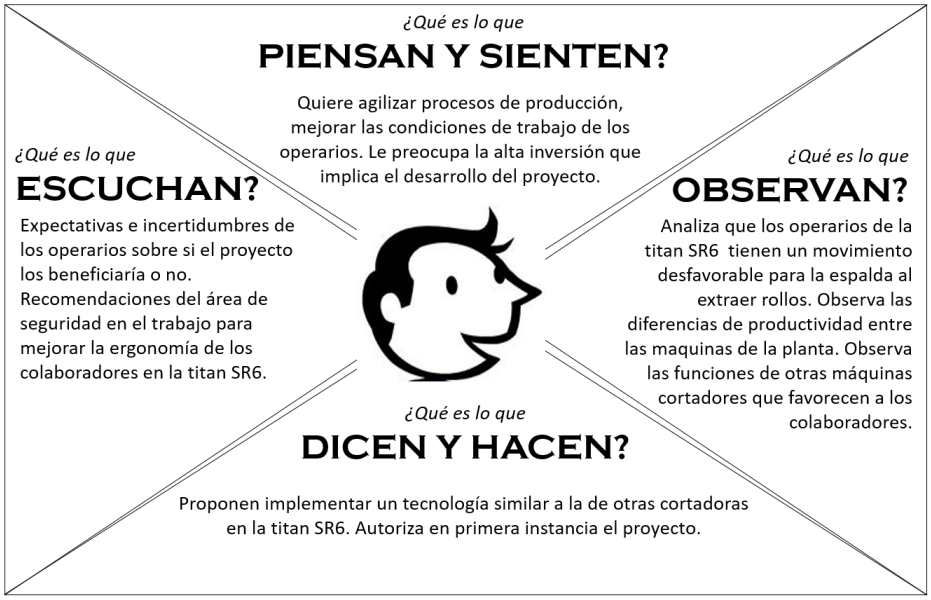


Figura 3. Mapa de empatía gerente de manufactura ARclad.

2.1.2 Identificación de necesidades y características de ingeniería.

De la caracterización del cliente y el análisis del proyecto se obtiene la siguiente descripción:

El Gin Pole o sistema extractor de rollos es una estructura fija que debe realizar una serie de movimientos con el fin de servir como máquina auxiliar para los operarios de la titan SR6. Busca favorecer la postura de los colaboradores, específicamente, que estos no

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

tengan que agacharse y cargar con el peso de los rollos al momento de extraerlos. Adicionalmente, tiene como objetivo que los operarios puedan dividir sus labores, es decir, mientras uno empaque el rollo extraído el otro pueda comenzar con un nuevo corte. Para su desarrollo se debe tener en cuenta la relación costo-beneficio y las condiciones normales de trabajo de manera que estas no se vean afectadas.

A partir de indagar con los operarios de la titan SR6 se consolidan los requerimientos finales para el diseño del sistema extractor de rollos en la matriz de necesidades (Tabla 3). La importancia asignada se rige por tres parámetros: básico (1), aquellos requerimientos esperados en el sistema; lineales (2), los requerimientos explícitos y, por ende, propios de este tipo de desarrollos; y atractivos, aquellos deseables. El criterio para la clasificación es del diseñador partiendo del análisis de contexto del proyecto. Se incluye la respectiva característica de ingeniería o requerimiento que implica y la unidad de medida de este aspecto. Más adelante esta información se tiene en cuenta para la selección de conceptos.

Tabla 3. Matriz de necesidades.

N°	Necesidad	Clasif.	Característica	Valor/Rango
1	Dimensiones máximas del espacio de trabajo.	1	Altura del sistema [altura min en posición de giro- altura máxima posición elevada]	[95cm - 140 cm]
			Largo del eje	211.5 cm
2	Bajo costo.	3	Costo	<$15.000.000 COP
3	Tener la fuerza suficiente para manipular los distintos tipos de rollos que se maneja en la máquina.	2	Peso máximo por cargar (por rollo)	80 kg
4	Disminuir tiempo total de extracción de rollo	3	Porcentaje del tiempo en segundos, de acuerdo con el tipo de rollo	-10%
5	Accionamiento neumático	2	Presión neumática promedio de la red de aire ARclad	100 psi
6	Debe ser segura.	1	Válvula de seguridad en caso de corte de energía o fallo de aire. Conexión con el paro de emergencia titan SR6	Binaria

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

7	Fácil de integrar a las funciones actuales de los operarios.	2	Facilidad de operación	Binaria
8	Repuestos disponibles.	2	Disponibilidad de acuerdo con proveedores ARclad	Binaria
9	Permitir la división de las labores de los operarios.	2	Define la secuencia final del sistema	Binaria
10	Control desde el tablero de la TITAN SR6.	3	Instalación y cableado de botones a caja de control sistema extractor.	Binaria
11	No alterar las funciones básicas de la TITAN SR6.	1	Aplica para programación de la funciones y espacio que ocupe	Binaria

Adicionalmente, los parámetros que ya están preestablecidos para el proyecto corresponden a:

- Tipo de control del sistema, correspondiente al PLC Logo de Siemens.
- Cilindros o actuadores principales del sistema con sus respectivos reguladores de flujo o caudal (uno por entrada): movimiento de subir/bajar, girar, abrir puerta y abrir/cerrar tapas.
- Movimientos o secuencia deseada.
- Sistema mecánico a grandes rasgos, es decir, no se permite un rediseño completo de este.

El análisis de las problemáticas que presenta el sistema se desarrolla en detalle en la siguiente sección, Diseño básico.

2.1.3 Cálculos de las características de ingeniería

De lo anterior, se elabora el cálculo de la capacidad de carga o fuerza del cilindro que eleva el sistema por ser el que representa un punto crítico del diseño al tener que soportar la mayor carga. El diagrama de fuerzas para el embolo de este se muestra en la Figura 4.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Figura 4. Diagrama de fuerzas de la estructura para el actuador que eleva el sistema.

En la Ecuación 1, se muestra el procedimiento resultante del diagrama de fuerzas. La carga total que el cilindro deberá soportar es entonces de 1863.9 N.

Ecuación 1. Cálculo de la fuerza máxima del sistema.

$$F_T = F1 + F2 + F3$$

$$F_T = \ 981\ \text{N} + 98.1\ \text{N} + 784.8\ \text{N}$$

$$F_T = \ 1863.9\ \text{N}$$

2.1.4 Arquitectura funcional del sistema.

De la identificación de requerimientos y necesidades se plantea la arquitectura funcional del sistema (Figura 5), la forma en la que se relacionan estas funciones, así como las variables de entrada y salida de exponen de forma detallada en la caja transparente del sistema Figura 11), en la siguiente sección.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

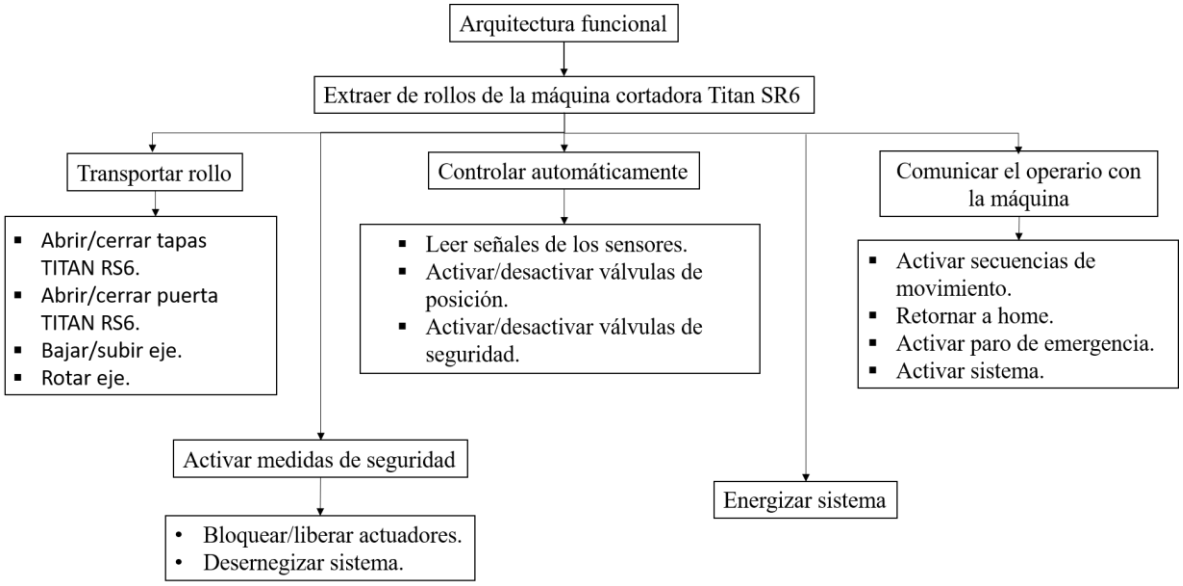


Figura 5. Arquitectura funcional del sistema.

2.2 DISEÑO BÁSICO

Esta etapa plantea cómo abordar los puntos críticos habituales en el diseño e implementación del sistema industrial automatizado de interés a través de la evaluación y selección de conceptos.

2.2.1 Generación y selección de conceptos

A partir de la arquitectura funcional (Figura 5) y por medio de un proceso de brainstorming se plantean alternativas solución que puedan responder adecuadamente a cada función del sistema. Al tratarse de un proyecto con un avance previo posee varias funciones predefinidas, correspondientes a: tipo de control (PLC Logo), estructura mecánica a grandes rasgos (Figura 6), cilindros o actuadores del sistema y movimientos del sistema. De lo anterior se tiene que más allá de realizar un planteamiento inicial, algunos casos requieran modificaciones para cumplir con su respectiva funcionalidad. Esto se describe o amplía en lo que resta de la sección.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Figura 6. Estructura inicial, sin capacidad para subir y bajar autónomamente.

Adicionalmente, con el fin de filtrar las ideas se implementa el método SCAMPER, que consiste en tomar las ideas planteadas y según corresponda: substituir, combinar, adaptar, modificar, plantear otros usos, eliminar y/o reorganizar. Lo resultados finales de este proceso, también se registra en esta sección a través de una serie de tablas.

Cabe mencionar que hasta el momento el proyecto no tenía ningún documento escrito relacionado; es decir, que no estaba siendo ejecutado siguiendo un diseño previo, no tiene ningún tipo de plano o descripción y tampoco tiene una propuesta inicial escrita que permita conocer los objetivos que se plantearon.

Para la selección de conceptos, según corresponda se aplica matriz de selección o matriz de pugh para registrar las decisiones tomadas para el sistema. Estas son herramientas que permiten tomar una decisión sobre los conceptos generados utilizando el criterio del diseñador y la información disponible sobre cada alternativa de la generación de conceptos, teniendo como referencia la matriz de necesidades del punto anterior y dándole prioridad al sistema de seguridad.

En relación con cada una de las funciones identificadas, se tiene que:

Transportar rollo: la Tabla 4 incluye los parámetros establecidos previamente (solución actual y descripción) y las labores pendientes con los que se recibe la máquina en el caso de cada una de las subfunciones del transporte del rollo. Así mismo la Tabla 5 se plantean las alternativas solución.

Tabla 4. Descripción subfunciones - Transportar rollo

Subfunción	Solución actual	Descripción	Pendiente
Abrir/cerrar tapas titan SR6	1 cilindro monoestable + 1 final de carrera	El cilindro se fijó en la puerta con un sistema mecánico que permite	El sistema no está permitiendo abrir una de las tapas y estas golpean

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

		abrir ambas tapas al tiempo.	muy fuerte la puerta al cerrarse.
Abrir/cerrar puerta titan SR6	1 cilindro biestable + 2 finales de carrera	Cilindro fijo a la máquina con un eje de libertad en Z que le permite abrir la puerta.	El movimiento es muy brusco y golpea la máquina.
Bajar/subir eje	1 cilindro biestable + 2 finales de carrera	Cilindro fijo en la estructura levanta la base que sostiene al eje.	El sistema no logra hacer ni el movimiento de subida, ni el de bajada.
Rotar eje	1 cilindro biestable + 2 finales de carrera	Cilindro con un grado de libertad en la base de este. Vástago sujeto a la base de la estructura de manera que al extenderse y retraerse permite realizar el giro.	La posición actual del cilindro bloquea parte de las funciones de la máquina y los ejes no se alinean.

Tabla 5. Alternativas solución por subfunciones- Transportar rollos.

N°	Pendiente	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
1	El sistema no está permitiendo abrir una de las tapas y estas golpean muy fuerte la puerta al cerrarse.	Cambiar la posición del cilindro para que pueda ejercer una fuerza mejor distribuida en ambas tapas.	Cambiar el sistema de accionamiento de las tapas.	Pulir las bisagras de las tapas para que el rodamiento que permite el movimiento pueda desplazarse adecuadamente.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

2	El movimiento es muy brusco y golpea la máquina.	Disminuir la velocidad del cilindro que acciona la puerta por medio de los reguladores de flujo.	Instalar una capa de corcho para amortiguar el golpe en la zona de impacto.	Instalar una capa de caucho para amortiguar el golpe en la zona de impacto.
3	El sistema no logra hacer ni el movimiento de subida, ni el de bajada.	Instalar dos soportes a cada lado que sirvan como guía del movimiento.	Cambiar el cilindro actual por uno con mayor fuerza.	Instalar un segundo cilindro que pueda compensar la fuerza necesaria y equilibrar el sistema.
4	La posición actual del cilindro bloquea parte de las funciones de la máquina.	Cambiar la posición del cilindro y por ende la lógica de programación.	NA	NA

Para la subfunción abrir/cerrar tapas de la titan SR6, se elige pulir la bisagra (Figura 7, b) antes de intentar, por ejemplo, cambiar todo el sistema (Figura 7, a), puesto que en la actualidad el mecanismo es funcional y otra alternativa requeriría una mayor inversión de tiempo y dinero.

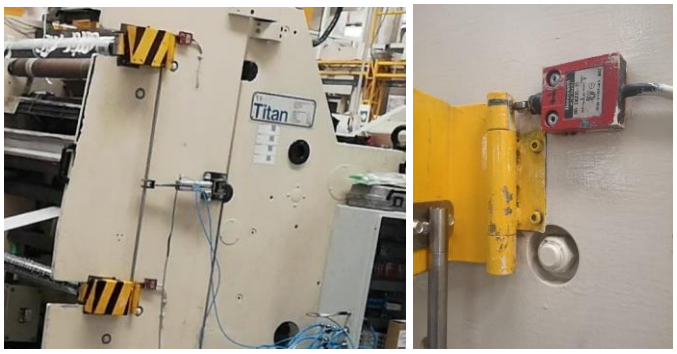


Figura 7. a) sistema abrir/cerrar puerta b) bisagra del sistema abrir/cerrar puerta.

Para el segundo pendiente, el movimiento brusco al cerrar de tapas y puertas, en la Figura 8 a) se hace matriz pugh de las tapas, y en la figura b) se hace la matriz para la puerta. De lo anterior se concluye que en el caso de las tapas la mejor alternativa es el corcho porque tiene una capa autoadhesiva que facilita la instalación, no afecta el funcionamiento de la Titan ni la velocidad del sistema.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

En el caso de la puerta tanto el caucho como el corcho no permiten que la titan detecte que la puerta está cerrada, por lo que no son viables y se opta por sacrificar velocidad en el cierre de esta. Para ello se hace uso de reguladores de flujo en cada entrada del cilindro.

	Alternativas		
	1	2	3
Criterio	Disminuir velocidad	Corcho	Caucho
Disponibilidad	ref	0	0
Funcionalidad	ref	1	-1
Costo	ref	0	0
Total	ref	1	-1

	Alternativas		
	1	2	3
Criterio	Disminuir velocidad	Corcho	Caucho
Disponibilidad	ref	0	0
Funcionalidad	ref	-1	-1
Costo	ref	0	0
Total	ref	-1	-1

Figura 8. Matriz pugh alternativa solución movimiento brusco a) tapas b) puertas.

Por otro lado, para solucionar el movimiento de subida y bajada son muchas las modificaciones que se ejecutan, puesto que el diseño inicial de la máquina no tiene la robustez necesaria para mantener en equilibrio al sistema. Se instalan guías adicionales para la estructura y un sistema de riel con rodamientos que apoye al cilindro en la ejecución de la secuencia, de esta forma se logra que la estructura pueda autónomamente realizar el movimiento en la mayoría de los casos. No obstante, esto no se logra para el caso de los rollos de mayor peso en la máquina (aproximadamente 80 kg).

De las características de ingeniería, se concluyó que la fuerza requerida para el cilindro que eleva el sistema debe ser de este 1863.9 N. Este valor al encontrarse al límite del valor teórico para el cilindro seleccionado DNS-63-320-PPV-A, correspondiente a 1870 N a una presión de aproximadamente 80 Psi en las condiciones de temperatura ambiente (Festo, 2018) termina por ser insuficiente.

De ahí que se opte por adicionar un cilindro para garantizar la fuerza necesaria, que, además, de soportar la estructura en sí debe vencer la fricción generada por la inevitable inclinación del sistema. Aunque el manejo de la secuencia en paralelo de los cilindros puede generar un movimiento de bajada irregular, esta es la elección puesto que la estructura mecánica no tiene espacio para un cilindro más robusto.

En cuanto al último pendiente, el actuador que permite el giro del sistema, así como toda la base de la estructura son reinstalados para poder cumplir con las funciones y alinearse al eje de la titan correctamente. Se identificó que los ejes de la titan y el gin pole una vez se acoplan con peso, se flectan, lo que ocasiona un choque con la ranura de la puerta. Para solucionar esto fue necesario bajar la puerta de la titan y maquinar la ranura lo que le da mayor tolerancia al sistema.

Activar medidas de seguridad: en este aspecto la máquina no tiene ningún tipo de diseño o implementación. En la Tabla 6 se describen las alternativas solución obtenidas del proceso completo de SCAMPER.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 6. Alternativas solución por subfunciones- Activar medidas de seguridad.

Subfunción	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Bloquear/ liberar actuadores	Regulador de caudal con válvula antirretorno pilotada.	Válvula hidráulica contrabalance.	Cambiar válvula de accionamiento por una 5/3.
Desernegizar sistema	Corte de energía directo desde la TITAN SR6.	Conexión en paralelo al paro de emergencia de la TITAN SR6.	
Garantizar seguridad operario	Válvula de tres vías con evacuación de la presión residual.	Delimitar zona de trabajo.	Detector de movimiento (sensor ultrasonido).

En la Figura 9 se muestra la matriz de decisión con los criterios para la compra de los elementos de seguridad necesarios para el bloqueo del actuador que sube y baja, puesto que es el que representa un punto crítico en la seguridad en caso de un paro de emergencia o de un corte de energía. Las tres alternativas garantizan que en cualquier caso el actuador sea capaz de mantener su posición, es decir, de bloquearse y no ceder repentinamente. No obstante, es la primera alternativa, regulador de caudal con válvula antirretorno piloteada, la más adecuada al tener ventaja en términos de costos, y compatibilidad con el sistema actual.

		Alternativas					
		1		2		3	
		Regulador de caudal con válvula antiretorno piloteada.		Válvula hidraúlica contrabalance		Cambiar válvula de accionamiento a 5/3	
Criterios	**PESO**	**CALIF.**	**POND.**	**CALIF.**	**POND.**	**CALIF.**	**POND.**
Costo de los materiales	0.2	5	1	2	0.4	4	0.8
Compatibilidad	0.2	5	1	1	0.2	5	1
Seguridad del sistema	0.3	4	1.2	5	1.5	4	1.2
Repuestos disponibles	0.1	3	0.3	3	0.3	3	0.3
Durabilidad	0.2	4	0.8	5	1	4	0.8
Total	1		**4.3**		**3.4**		**4.1**

Figura 9. Matriz de decisión para la función garantizar seguridad operario.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Adicionalmente a las funciones de seguridad se identificó que los operarios requieren poder abrir y cerrar la puerta desde el tablero de control. La razón es que en ocasiones no se usará el Gin Pole y si se intenta abrir la puerta manualmente, el residuo de aire que queda en la cámara del cilindro obstruirá el movimiento. Es así como se determina integrar en el sistema de control una secuencia alterna a la principal que permita abrir y cerrar la puerta utilizando el touch del sistema de control de la TITAN SR6, ya que es la forma en que actualmente proceden los operarios para poder quitar el seguro de la puerta.

En el segundo punto, se opta por conectar el paro de emergencia en paralelo al del resto de la máquina. Esto considerando que la titan tiene al menos cinco pulsadores para el paro de emergencia distribuidos por la máquina y con los que los operarios ya se encuentran familiarizados. Para hacer efectiva esta alternativa se realiza el respectivo cableado y se tiene en cuenta para la programación del control del sistema (Anexo 3 – Código ladder en Logosoft

Respecto al punto final, se descarta la instalación de sensores ultrasónicos por el tipo de trabajo directo que se tendrá con la máquina y también se descarta la válvula de tres posiciones porque a través del programa de control se suple su función. Lo que sí se incluye dentro de las medidas de seguridad es una apropiada señalización del sistema tanto del interior del tablero de control como del exterior de la máquina, es decir, la adecuada demarcación.

Controlar automáticamente: como se había mencionado previamente, al momento de iniciar el proyecto, se había elegido el controlador lógico programable LOGO! marca Siemens por razones de costo y porque este cuenta con las características adecuadas para respondes a las necesidades del proyecto. Además, este cuenta con un módulo de expansión para tener mayor número de entradas y salidas. Requiere de la elaboración del código de programación del sistema que incluya las variables de seguridad y las de ejecución de la secuencia del Gin Pole.

Energizar sistema: este ítem cuenta con dos componentes; el primero es la conexión de alimentación del sistema extractor que proviene directamente desde la TITAN SR6 y la segunda, el encendido del PLC, por ende, del sistema desde el tablero de operaciones propio. No es necesario aplicar ninguna configuración adicional.

Comunicar con el operario: los botones para la ejecución de las tareas del sistema se encuentran instalados en el tablero central de la TITAN SR6, sin embargo, no están marcados de manera que se puedan identificar cada uno, por lo este que sería el paso adicional necesario.

Por otro lado, respecto a la secuencia alterna que se implementará para abrir y cerrar la puerta es necesario cablear la señal desde el touch de la TITAN SR6 hasta el PLC.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

2.2.2 Estructura funcional o caja transparente

Se describe la arquitectura funcional del sistema en términos de las señales de entrada y salida del sistema (Figura 11 y Figura 10).

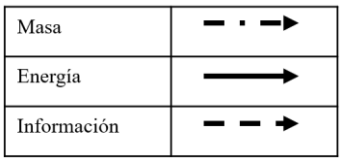


Figura 10. Tipo de señales del sistema.

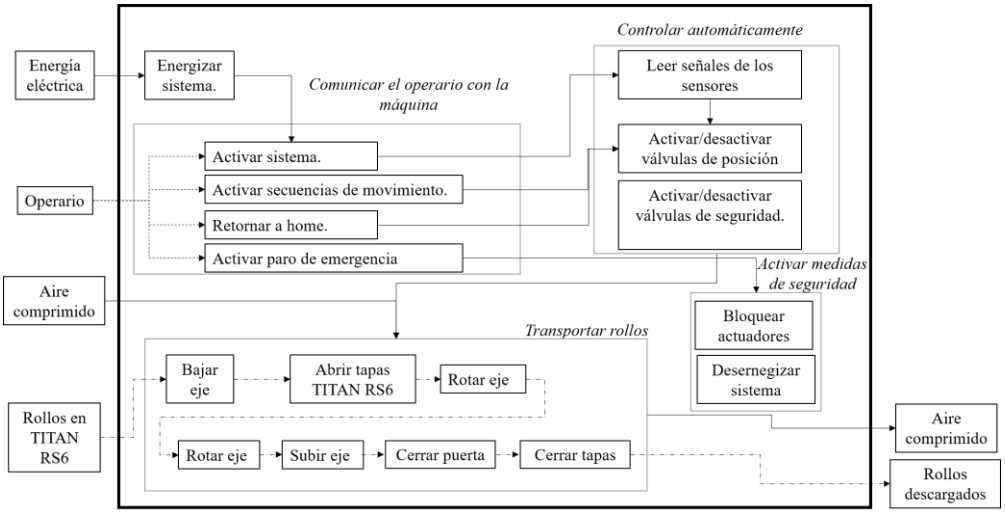


Figura 11. Caja transparente sistema extractor de rollos.

2.2.3 Diseño de configuración.

A partir de la experiencia empresarial se identificó que durante la ejecución del proyecto las modificaciones mecánicas van sobre la marcha por lo que se traslada la ejecución de planos y CAD al desarrollo general del proyecto como parte de la entrega de manual de ensamble y especificaciones.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

2.3 DISEÑO DE DETALLE

Elaborar el diseño de detalle del sistema extractor de rollos de la cortadora rebobinadora teniendo como eje principal la seguridad en la interacción humano-robot: planos mecánicos, eléctricos, neumáticos y de control.

2.3.1 Descripción del sistema

El sistema extractor de rollos (Gin Pole) es una herramienta auxiliar a la máquina cortadora de rollos TITAN SR6, por ende, no debe afectar sus funciones originales. En la Figura 12 se muestra el diagrama de flujo del funcionamiento del sistema.

- **Condiciones de funcionamiento:** paros de emergencia desactivados y TITAN SR6 detenida (sin operar).

- **Posición inicial del sistema:** puerta cerrada, tapas cerradas, eje en posición de empaque (arriba y afuera).

- **Pulsador RESET/HOME:** lleva el sistema a posición inicial en cualquier momento de la secuencia principal o alterna. Es requisito para iniciar ambas secuencias.

- **Secuencia principal**

  Una vez la TITAN SR6 está detenida el operario debe presionar el pulsador RESET (para activar GIN POLE), luego el pulsador 1, este ejecuta las siguientes funciones, en el respectivo orden: bajar eje, abrir tapas, girar eje (adentro), abre puerta. Cuando el eje se encuentre totalmente acoplado (adentro) el operario debe quitar el bloqueo de la puerta desde el botón táctil "ABRIR PUERTA". En este momento el operario ya puede sacar el rollo del eje de la TITAN al eje del Gin Pole y presionar el pulsador 2, el cual lleva el eje a posición de empaque, es decir, saca el eje y luego lo sube. De esta manera, el operario auxiliar puede realizar el proceso de empaque mientras el operario principal puede insertar un nuevo core en la TITAN y pasar a presionar el pulsador tres, el cuál cierra la puerta y las tapas.

- **Secuencia auxiliar**

  Con el fin de poder manipular la puerta se plantea esta secuencia auxiliar. Si el gin pole no está en marcha, pero de igual forma la TITAN está detenida, el operario puede presionar RESET y luego presionar desde el touch de la máquina “ABRIR PUERTA”, lo que activa exclusivamente el actuador correspondiente. Para volver a cerrar la puerta se debe presionar RESET. Esta secuencia permite trabajar con la máquina en otras aplicaciones.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

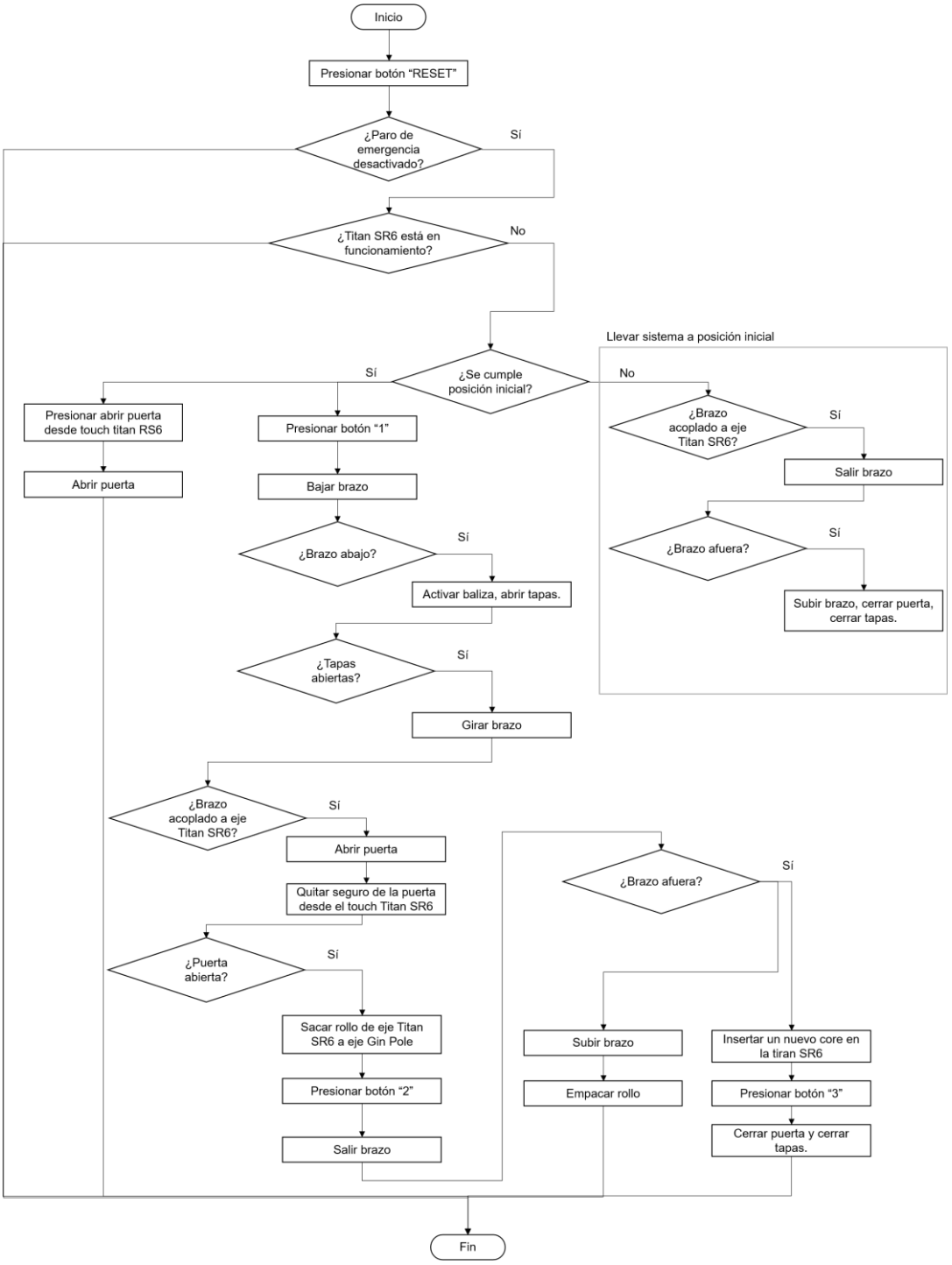


Figura 12. Diagrama de flujo sistema extractor de rollos.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

2.3.2 Variables del sistema

Para la elaboración de los planos eléctricos, neumáticos y de control se hace uso de las variables descritas en la Tabla 7 y Tabla 8.

Tabla 7. Entradas del sistema extractor de rollos.

#	Nombre	Descripción
I1	Pulsador 1	Activa el inicio de la secuencia principal. Requiere que el sistema se encuentre en posición inicial y que previamente se presione el botón RESET. Ejecuta las siguientes funciones, en el respectivo orden: bajar eje, abrir tapas, girar eje (adentro), abre puerta. Una vez el eje se encuentre adentro el operario debe desbloquear de la puerta desde el botón táctil "ABRIR PUERTA".
I2	FC tapas abiertas	Final de carrera que indica tapas abiertas.
I3	FC brazo adentro	Final de carrera que indica que el brazo se encuentra alineado con el eje de la máquina (adentro).
I4	Paro de emergencia	Señal de paro de emergencia desde el control principal de la TITAN SR6.
I5	FC puerta abierta	Final de carrera que indica puerta abierta.
I6	Pulsador 2	Activa la segunda parte de la secuencia principal. Requiere que el sistema halla pasado por la primera parte de la secuencia. El operario lo presiona una vez ha sacado el rollo hacia el eje del Gin Pole. Ejecuta las siguientes funciones, en el respectivo orden: girar eje (afuera) y subir eje. Una vez el eje se encuentre arriba, el operario auxiliar puede comenzar con el empaque del rollo y el operario principal puede ingresar un nuevo core a la máquina.
I7	FC brazo afuera	Final de carrera que indica que el brazo se encuentra en posición para empaque (afuera).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

I8	Pulsador 3	Activa la tercera parte de la secuencia principal. Requiere que el sistema halla pasado por la primera y la segunda parte de la secuencia. Ejecuta las siguientes funciones, en el respectivo orden: cerrar puerta y cerrar tapas. Para este punto el sistema ha vuelto a la posición inicial.
I9	FC puerta cerrada	Final de carrera que indica puerta cerrada.
I10	FC eje arriba	Final de carrera que indica que el eje está en la posición para empacar rollos (arriba).
I11	FC eje abajo	Final de carrera que indica que el eje está en la posición para ejecutar la mayoría de la secuencia (abajo).
I12	Máquina RUN/OFF	Indica si la TITAN SR6 está en funcionamiento o no. De esto depende que se pueda activar el Gin Pole.
I13	Pulsador RESET/HOME	Hace que el sistema vuelva a la posición inicial: puerta cerrada, tapas cerradas, eje afuera y eje arriba. Se puede activar en cualquier momento de la secuencia.
I14	Abrir puerta SCREEN	Señal generada desde la pantalla del control central de la TITAN SR6 para desbloquear la puerta y que pueda ser abierta. Ejecuta una secuencia alterna a la principal, sólo abre la puerta. Para cerrar nuevamente la puerta se debe presionar el botón RESET.

Tabla 8. Salidas del sistema extractor de rollos.

#	Nombre	Descripción
Q1	Tapas abiertas	Activa electroválvula para abrir tapas.
Q2	Brazo adentro	Activa electroválvula para llevar el eje del Gin Pole para alinearse con el eje de la máquina (adentro).
Q3	Puerta cerrada	Activa electroválvula para cerrar puerta.
Q4	Puerta abierta	Activa electroválvula para abrir puerta.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Q5	Brazo afuera	Activa electroválvula para llevar el eje del Gin Pole a la posición de empaque (afuera).
Q6	Subir brazo	Activa electroválvula para subir el eje.
Q7	Bajar brazo	Activa electroválvula para bajar el eje.
Q8	Disponible	Salida disponible.

2.3.3 Elaboración del plano eléctrico

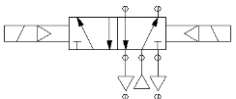
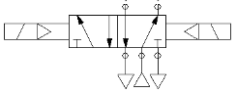
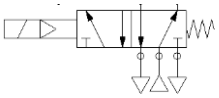
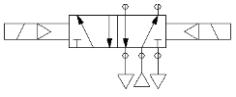
Se hace uso del software Microsoft Visio para describir las conexiones eléctricas del sistema extractor de rollos. Incluye las conexiones desde el control principal de la TITAN SR6 hasta el PLC LOGO! y el módulo de expansión, y desde esto hasta los componentes del Gin Pole (Anexo 1 – Planos eléctricos

).

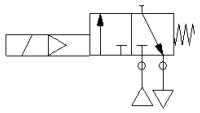
2.3.4 Elaboración del plano neumático

Como se describió en el marco teórico del proyecto, se hace uso del método cascada para plantear el control del sistema. En la Tabla 9 se identifican los actuadores del sistema y sus respectivos movimientos.

Tabla 9. Actuadores del sistema, descripción y movimientos.

Actuador	Tipo	Símbolo	Descripción
A	Electroválvula biestable 5/2.		Subir (+) /bajar (-) eje.
B	Electroválvula biestable 5/2.		Brazo adentro (-) /afuera (+).
C	Electroválvula monoestable 5/2, retorno por muelle mecánico.		Tapas abiertas (+) /cerradas (-).
D	Electroválvula biestable 5/2.		Abrir (-) /cerrar (+) puertas.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

E	Electroválvula monoestable 3/2, retorno por muelle mecánico, normalmente cerrada.		Válvulas de seguridad, cilindro para subir eje. Desbloqueado (+) /bloqueado (-).

En la Figura 13 se identifica la secuencia principal y los grupos del sistema que se tienen en cuenta para simular el control en el software Automation Studio y para previamente implementarlos.

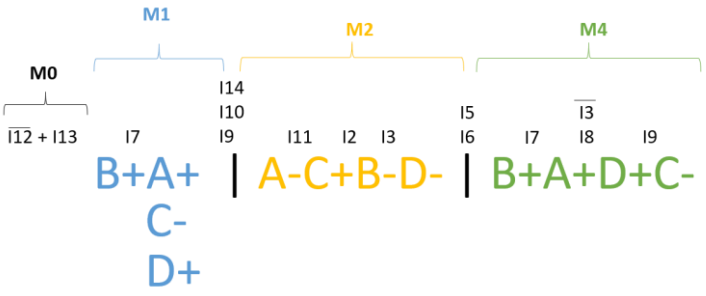


Figura 13. Secuencia principal y división por grupos para Ladder.

En la Figura 14 y Figura 15 se visualizan los actuadores del Gin Pole con sus respectivos finales de carrera y conexiones neumáticas. En la Figura 16 se presenta el diagrama eléctrico correspondiente y el control se encuentra en el Anexo 2 – Programación ladder en automation studio

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

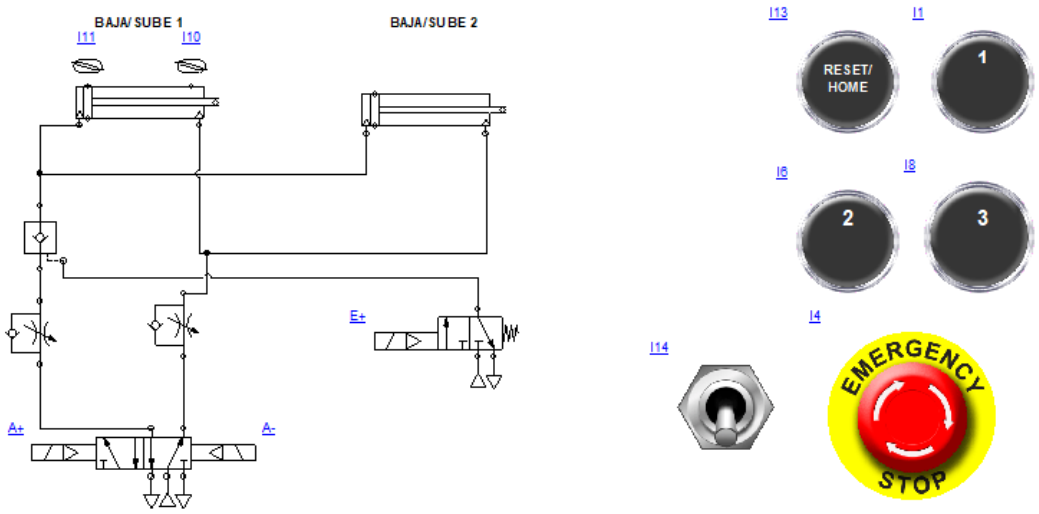


Figura 14. a) Cilindros de elevación de sistema + sensores b) Componentes de accionamiento del sistema.

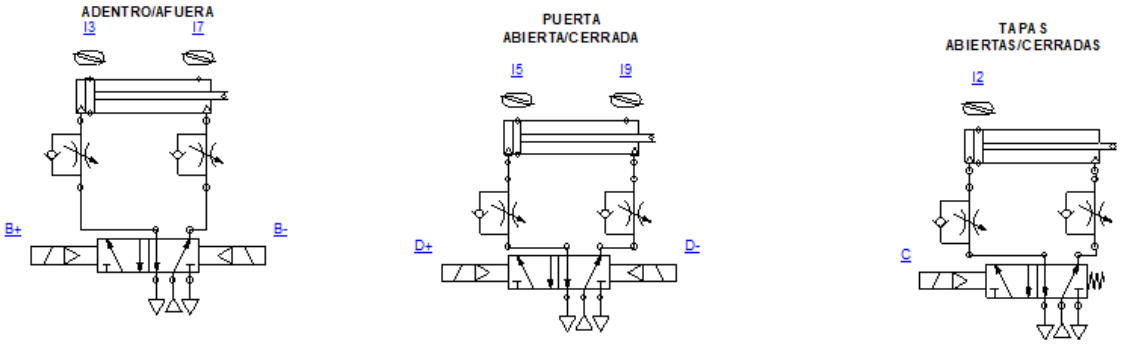


Figura 15. Cilindros de giro, puerta y tapas, respectivamente + sensores.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

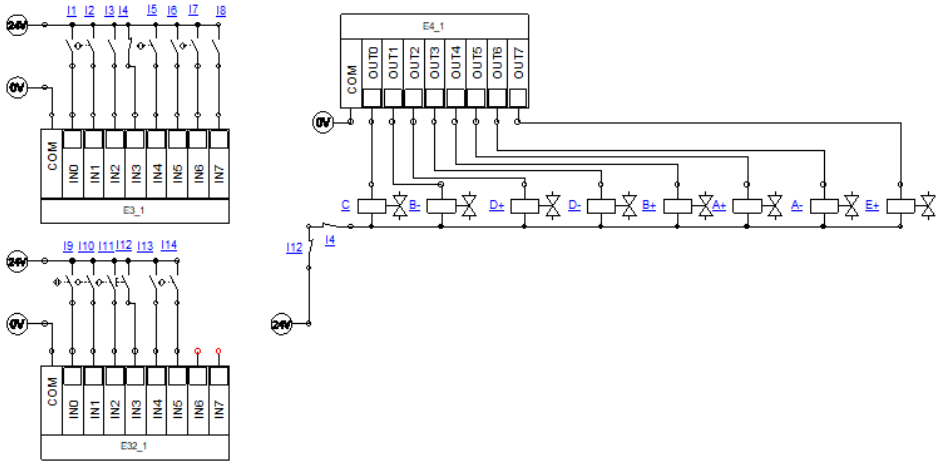


Figura 16. Diagrama de conexiones eléctricas del sistema en Automation Studio.

2.4 FABRICACIÓN Y PUESTA A PUNTO

El proceso de fabricación y puesta a punto de la estructura fue la fase más extensa de todo el proyecto puesto que requería la coordinación de distintos grupos como lo son operarios, taller mecánico, área de matenimiento de la empresa y adicionalmente estuvo acompañada de las restricciones de la pandemia. En esta sección se le da prioridad a las acciones puntuales y modificaciones sobre la estructura de la máquina. En la Figura 17 se muestra la estructura inicial del Gin Pole.

Figura 17. Estructura inicial del sistema extractor sin eje acoplado.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

2.4.1 Sistema mecánico

Las modificaciones mecánicas para que realmente el sistema tuviera la capacidad de subir y bajar adecuadamente con el peso de sí mismo y de los rollos incluyó la instalación de dos barras a manera de guías en la parte de atrás del sistema (inicialmente solo se contaba con dos en la parte de adelante); un sistema auxiliar adicional (ver Figura 18) conformado por un guía soldada a cada lado de la base, cuatro platinas, cuatro rodamientos y un pasador. Las platinas se fabricaron con una ranura en la parte superior que permite fijarlas por medio de tres tornillos a la lámina o base móvil que realiza el movimiento vertical del gin pole, esto en conjunto con un pasador en la parte inferior de las misma garantiza que las platinas se mantengan paralelas durante el recorrido y que se puedan ajustar más o menos holgadas de manera que se beneficie el movimiento final. Los rodamientos son los que articulan este sistema guía y se encuentra instalados en la parte interior de las platinas a la altura del pasador (para más detalle ver Anexo 4 – Planos mecánicos sistema extractor de rollos

). Posteriormente, con el fin de vencer la fuerza de rozamiento, generada por la guías al intentar flectarse por el peso del sistema más los vinilos, se instaló un segundo cilindro al cuál se le recortó la cámara de aire de manera que ambos cilindros quedaran de la misma capacidad y de esta forma pudieran trabajar sincronicamente sin necesidad de instalar un mecánismo adicional. Estas modificaciones no fueron todas planificadas y ejecutadas al mismo tiempo puesto que fue el resultado de una construcción secuencial, por esta razón implicó entre cuatro y cinco visitas al taller.

Figura 18. Sistema de guías del extractor de rollos en detalle.

En este mismo contexto se reinstaló o fijó al suelo todo el sistema en tres ocasiones por razones de alineación entre el eje de la Titan SR6 y el Gin Pole y para efectos de nivelación,

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

esto útlimo porque los esparragos iniciales habían sido recortados para efecto del funcionamiento de giro de la máquina a tal punto que no permitian este proceso de manera correcta. Adicionalmente, para este punto se instalaron cuatro prisioneros de manera que pudiera ser más sencillo ajustar la base (ver Figura 19).

Figura 19. Base del sistema extractor de rollos.

El actuador que se encarga del movimiento giratorio (Figura 20) fue reinstalado a petición de los operarios ya que el espacio entre la estructura base y la Titan debe permanecer libre en caso de que se tenga que utilizar otra estructura auxiliar de la máquina cortadora que permite aprovechar el eje superior de la misma. A este actuador se le instaló un tope mecánico en el vástago para que al momento de alinearse los ejes de ambas máquinas este no genere una fuerza adicional ya que flectaba el sistema e impedia que se pudiera extraer los rollos facilmente.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Figura 20. Actuador que genera el giro del sistema.

Otras modificaciones se aplicaron en el acople del sistema extractor para permitir un movimiento suave de entrada y de salida, en general esta pieza se simplificó y maquinó. El eje en su totalidad también sufrió modificaciones, fue reducido el largo y maquinada una de la caras, esto con el fin de permitir que la puerta de la Titan abriera sin golpearse contra el mismo. También fue necesario desacoplar la puerta y maquinarla para que se pudiera generar adecuadamente este movimiento (Figura 21). La nivelación de la máquina implicó tener en cuenta la flexión que se genera entre ambos ejes una vez el soporte de la puerta se retira para abrirla.

Figura 21. a) Instalación puerta Titan SR6 b) Acople entre ejes.

Como detalles finales se organizó todo el cableado y las mangueras, para ello se construyó e instaló un canaleta de aluminio que pudiera ser resistente de manera que garantizara la seguridad de los operarios y los componentes.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

2.4.2 Sistema eléctrico y neumático

En terminos electricos se cableó desde la Titan hasta el tablero de operaciones del Gin Pole la señal que libera la puerta de manera que se pudiera programar la secuencia alterna que permite abrir y cerrar cuando no se esté utilizando el sistema extractor de rollos (Figura 22).

Se adicionó la válvula 3/2 normalmente cerrada que controla las válvula antirretorno piloteada que se instalaron en el actuador que controla que suba y baje el sistema. Esta es una medida de seguridad frente a un paro de emergencia o corte de energía en el momento que el sistema esté desendiendo que asegura que el cilindro se bloqueé en vez de caer subitamente.

Se reinstalaron los finales de carrera y algunos fueron reemplazados pues no correspondian a la camisa del cilindro haciendo que su instalación quedara de manera regular y por ende el sistema fuera vulnerable a fallas.

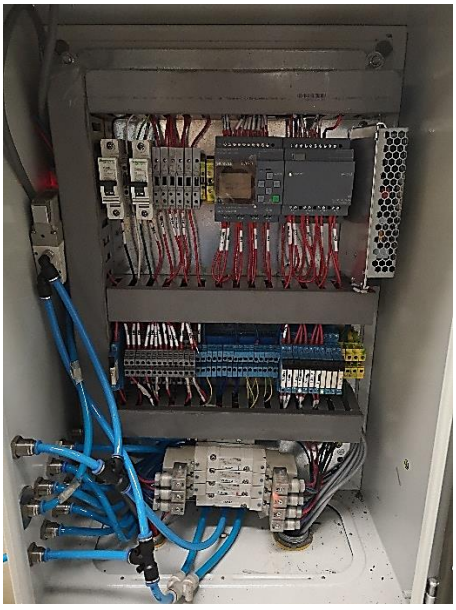


Figura 22. Tablero de control Gin Pole.

Para efectos adicionales de seguridad se instaló una baliza cuya función es la de alertar sobre el giro de la máquina, por razones de tiempo de entrega de componentes este es el único elemento que no queda en funcionamiento puesto que no se encontraban disponibles los materiales. Debido a que no se tienen más salidas disponibles en el Logo, se propone programar la baliza a tráves de lógica cableada (Tabla 10), lo que daría la función $F=Q_7Q_2\overline{Q_4}+Q_7Q_4\overline{Q_2}$. Sin embargo, si se tiene en cuenta el espacio disponible dentro del tablero de control, se opta por dejar como recomendación principal que la baliza se encuentre activada, al menos luminicamente, durante todo el funcionamiento del sistema

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

extractor una vez está en su posición más baja, lo que sería un solo relé correspondiente a Q7 negado. Esta solución reduce los costos y se acopla mejor a la condiciones finales del sistema. Para modificaciones futuras se puede tener en cuenta adaptar la lógica completa.

Tabla 10. Tabla de verdad para baliza.

N	Q7	Q2	Q4	F
1	1	1	0	1
2	1	1	1	0
3	1	0	1	1
4	0	0	0	0

Para garantizar la fuerza de operación del sistema se instaló una línea auxiliar de aire que llegara de manera directa desde la red principal, pasando por dentro de la Titan hasta el tablero del gin pole. Cabe mencionar que en el caso de los racores de salida del tablero (Figura 23) la clave que se manejó fue que la fila superior correspondiera a la activación de la posición totalmente retraída de los actuadores y la parte inferior activa la posición completamente extendida.

Figura 23. Salidas de aire del tablero del Gin Pole.

En la Figura 24 se muestra el sistema extractor de rollos en su presentación final, específicamente en la posición inicial.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Figura 24. Sistema extractor de rollos, implementación final.

Programar el control del sistema extractor de rollos para su operación De acuerdo con los parámetros identificados.

A partir del plano neumático y de control se llevó el código de programación al software compatible con el PLC LOGO, que corresponde a LogoSoft (Anexo 3 – Código ladder en Logosoft

). Este tuvo varias modificaciones que se identificaron en los ensayos de la máquina e incluso durante las pruebas finales.

Una vez se obtuvo la mayor parte del sistema mecánico en óptimas condiciones de trabajo se simularon cada una de las piezas en software Fusion 360 y a partir de ellas el respectivo ensamble (ver Figura 25), así como los planos (Anexo 4 – Planos mecánicos sistema extractor de rollos

ANEXO 4 – PLANOS MECÁNICOS SISTEMA EXTRACTOR DE ROLLOS

).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

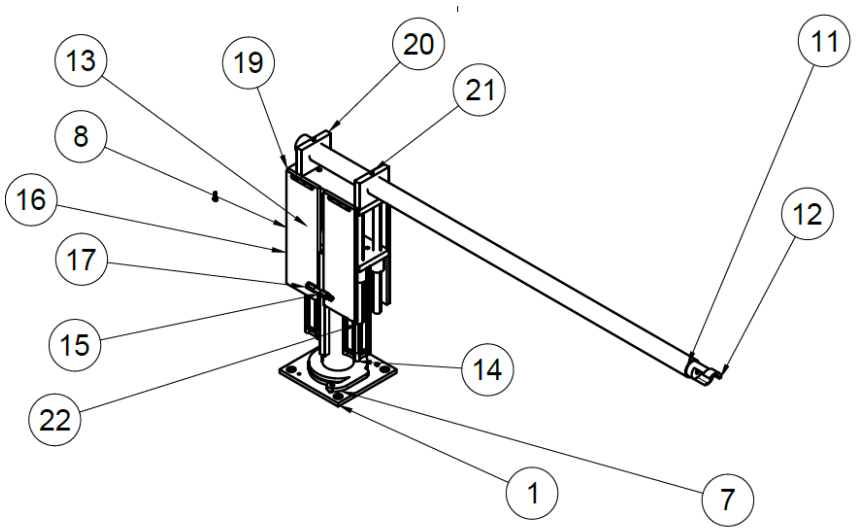


Figura 25. Ensamble final del sistema extractor de rollos.

2.5 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Comprobar funcionalidad del sistema extractor de rollos a partir de la experiencia de los colaboradores y los indicadores de producción de la cortadora rebobinadora.

2.5.1 Pruebas de funcionamiento

A lo largo del proyecto cada una de las sesiones se hacían pruebas de funcionamiento, en esta sección se describe las sesiones finales en compañía de los operarios. A partir de la ayuda de los colaboradores de la Titan SR6 se definió el esquema de trabajo ideal (Ver Figura 26). Se capacitó a ambos en el accionamiento de la máquina y las medidas de seguridad implementadas. Por último, se ensayó durante todo un turno haciendo uso del Gin Pole; con esto se logró identificar un cambio de tiempos necesario en la secuencia, este se corrigió para continuar con el correcto funcionamiento de la máquina. De esta sesión se obtuvieron los datos cuantitativos del proyecto, así como las percepciones finales de los stakeholders al interior de la empresa.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

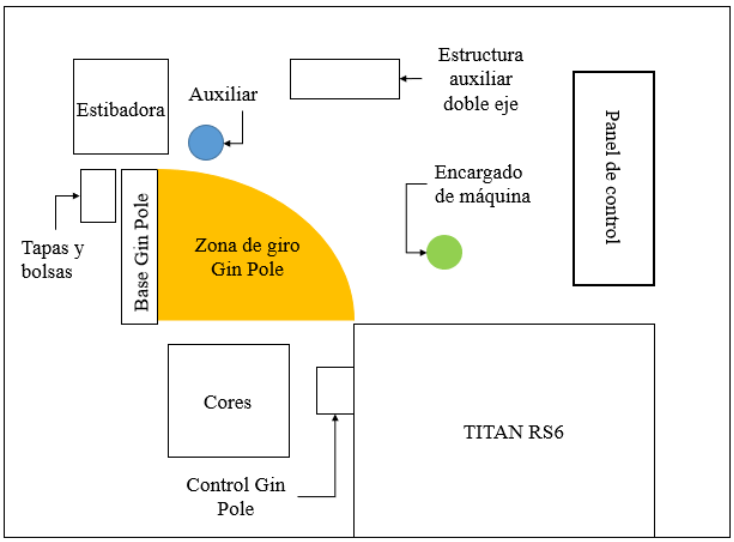


Figura 26. Esquema de trabajo Gin Pole + Titan SR6

Durante la jornada final de pruebas se tomó el tiempo desde que el operario corta el rollo hasta que pone a rodar uno nuevo; primero en las condiciones de trabajo hasta el momento y luego con la implementación del sistema extractor de rollos. Los tiempos promedio de tres jornadas de prueba con las mismas condiciones en cuanto al total de metros por rollos y velocidad de la máquina se registran en la Tabla 11. De esta se puede concluir que el sistema cumple con el objetivo de incrementar en 10% la productividad de la cortadora rebobinadora Titan SR6.

Tabla 11. Resultados de las pruebas de funcionamiento con y sin sistema extractor de rollos.

	Tipo de operación	
N° de prueba	**Normal [seg]**	**Con Gin Pole [seg]**
1	1,2	1,03
2	1,19	1,08
3	1,26	1,06
Promedio	**1,22**	**1,06**
Ganancia	**13%**	

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

ADICIONALMENTE, SE APLICÓ UNA BREVE ENCUESTA (RESULTADOS COMPLETOS EN ANEXO 5 – ENCUESTA FINAL DE PERCEPCIÓN

) sobre las percepciones finales del sistema extractor de rollos a quienes estuvieron involucrados directamente en proceso: operarios de la Titan SR6, auxiliares de mantenimiento y directivos afines, un total de nueve personas. La encuesta se realizó de manera parcialmente anónima, puesto que no se solicitó el nombre del participante, pero sí su rol dentro de la compañía. Estuvo compuesta por tres preguntas; dos de ellas cerradas y una pregunta final abierta para que dejaran sus comentarios sobre el proyecto. La primera pregunta buscaba conocer la percepción final del proyecto de forma directa; "¿considera que el proyecto cumplió su objetivo final?" la respuesta fue "Sí" en todos los casos (Figura 27).

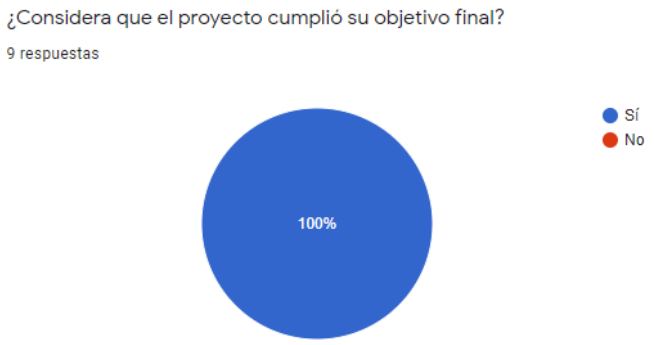


Figura 27. Resultado gráfico "¿considera que el proyecto cumplió su objetivo final?", encuesta de percepciones finales.

En cuanto a la segunda pregunta, "¿su opinión fue tomada en cuenta para el desarrollo del proyecto?" esta se planteó con el objetivo de visibilizar un componente identificado durante la implementación del proyecto; y es que no todos los stakeholders fueron incluidos en el proceso de toma de decisiones a la hora de plantear el sistema extractor de rollos por primera vez lo que resultó en un proceso más largo de lo habitual. La tabal 28 muestra este componente a través de un 11,7% que respondió "no".

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

tabal 28. Resultado gráfico "¿su opinión fue tomada en cuenta para el desarrollo del proyecto?", encuesta de percepciones finales.

Finalmente, los comentarios de la pregunta abierta se registran en la Tabla 12, mayormente se concluye que el proyecto va a traer beneficios en ergonomía para los colaboradores y en productividad para la actividad general de la máquina. Se plantea el mejoramiento de la estructura mecánica como parte de una siguiente etapa de desarrollo.

Tabla 12. Comentarios finales, encuesta de percepción final.

Rol	Respuesta
Auxiliar mecánico	El proyecto fue muy bien planeado en la parte eléctrica y de automatización, falto mejor planeación de la parte mecánica
Auxiliar mecánico	Se demora el proyecto por mejoramiento de la parte mecánica, pero finaliza ok.
Auxiliar eléctrico	Bien planeado en su algoritmo.
Mantenimiento eléctrico	Es un proyecto de mejora que optimiza tiempos y genera condiciones favorables para la ergonomía de los colaboradores.
Operario manufactura	El proyecto fue muy bien y la ingeniera muy atenta a las observaciones
Asistente de manufactura	El proyecto como tal está sujeto de hacer algunos ajustes dependiendo del rendimiento que podamos obtener durante el proceso ya que debemos dar más continuidad al desempeño del proyecto
Director de Mantenimiento	Sistema q ayudara en la mejora de la eficiencia en producción de vinilos, reducirá esfuerzos y mejorara la ergonomía de operación.
Operario manufactura	Falta de tiempo y espacio para valentina poder ejecutar el proyecto. Me parece también que la gran dificultad para la ejecución de este fue el tomarlo a la mitad del camino puesto que ya había sido iniciado por otra persona.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Gerente Manufactura	Proyecto desarrollado para impactar productividad y ergonomía en el puesto de trabajo

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3. PRODUCTOS, RESULTADOS Y ENTREGABLES OBTENIDOS

La Tabla 13 indica los productos, resultados y entregables del proyecto.

Tabla 13. Entregables del proyecto.

ENTREGABLE	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	OBSERVACIONES
Planos del sistema extractor de rollos.	Se entrega el plano neumático, mecánico, eléctrico, manual de ensamble y control del sistema.	Se entregan en formato PDF y en el respectivo software para posibles modificaciones por parte de los ingenieros de la empresa.
Sistema mecánico implementado.	El sistema mecánico es capaz de hacer todos los movimientos requeridos por el sistema extractor de rollos.	El sistema mecánico puede continuar en un proceso de mejora si así lo desea la empresa.
Sistema extractor de rollos integrado implementado.	Todo el sistema cumple con sus funciones, tiene las medidas de seguridad adecuadas para la interacción con los colaborados incluyendo la señalización y podrá ser usado en las labores diarias de la cortadora rebobinadora.	Queda a cargo del equipo de manufactura instalar los relés para el control de la baliza a partir del plano eléctrico.
Manual de procedimiento de la máquina	Incluye el manual de funcionamiento del sistema extractor de rollos para mantenimiento y soporte técnico, y el plan de trabajo de los operarios.	Se entrega en formato PDF al área de mantenimiento.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El sistema extractor de rollos acoplado a la Titan SR6 logra incrementar la producción de la máquina en un 13% para el caso de reprocesos y se espera incluso un porcentaje más alto para vinilos. Beneficia la ergonomía de los operarios, cumple con los objetivos planteados inicialmente como lo demostró la encuesta de percepción final. Integra de manera adecuada la automatización y neumática. Entre las lecciones más significativas del mismo se encuentra la importancia de un diseño, simulación y planeación inicial adecuada que permita ahorrar tiempo y costos a la hora de implementarlo. Es decir, iniciar la implementación de un proyecto sólo cuando se halla realizado el proceso de recolección de necesidades del usuario, el diseño y las respectivas simulaciones, siempre tener en cuenta la opinión de quién será el usuario final, por ejemplo, en este caso los operarios, para poder llegar a una solución completa.

Si el gin pole presenta un fallo o no responde revisar que la Titan SR6 no tenga activa ninguna falla. Si el problema persiste recordar que para que inicie todo el sistema ya sea la secuencia alterna o principal primero se debe presionar el botón RESET. Lo siguiente a revisar serían los finales de carrera, la mayoría de ellos tiene un indicador lumínico por lo que no se requiere abrir el panel de control, empezar por revisar el sensor del actuador que abre y cierra la puerta, ya que de todos es el que más se expone a cambios de dirección y movimientos. Si ninguno de estos es el caso otra posibilidad sería la ausencia de la entrada de aire, esta depende de la válvula conectada a uno de los racores del panel de control y a la llave que se encuentra detrás de la Titan SR6. Si estos primeros análisis no dieron resultados proceder a una revisión completa del sistema.

Para asegurar el correcto funcionamiento del sistema extractor de rollos se recomienda mantenimiento periódico del sistema mecánico en un tiempo no mayor a dos meses y medio donde se reajusten tornillos y se revisen las guías encargadas del movimiento de subida y bajada, así como los finales de carrera y el estado de los actuadores.

Se sugiere la implementación final de la baliza y la demarcación adecuada de las mangueras de aire, sensores y botones del sistema.

En este documento, así como en el manual de procedimiento de la máquina se registra todo el proceso de ingeniería que puede ser utilizado al interior de ARclad S.A como una base para otros desarrollos o proyectos de mejora continua que respondan a las necesidades de ambas plantas de la compañía o incluso que a partir del registro adecuado de la información se puedan replicar en las filiales de la compañía.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

5. REFERENCIAS

ARclad. (2016). *ARclad*. Obtenido de QUIÉNES SOMOS: https://www.arclad.com/es/empresa/

Arkiplot. (2017). *El core o cono.* Obtenido de Arkiplot: https://www.arkiplot.com/arkiplotblog/2017/05/18/el-core-o-cono/#:~:text=Cuando%20vemos%20el%20t%C3%A9rmino%20cono,film%20de%20laminar%20y%20plastificar.

Dieter, G. E., & Schmidt, L. C. (2008). *Engineering Dising.* United States: McGraw-Hill Education - Europe.

Djetel-Gothe, S., Bégot, S., Lanzetta, F., & Gavignet, E. (Julio de 2020). Design, manufacturing and testing of a Beta Stirling machine for refrigeration applications. *International Jorunal of Refrigeration*, 96-106. doi:https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2020.03.005

Eurotransis. (2016). *La neumática industrial y sus aplicaciones*. Obtenido de https://eurotransis.com/la-neumatica-industrial-y-sus-aplicaciones/

Festo. (2018). *Cilindros normalizados DNC, ISO 15552.* Obtenido de www.festo.com: https://www.festo.com/cat/en-gb_gb/data/doc_ES/PDF/ES/DNC_ES.PDF

Galred Europe BV. (s.f.). *Titan SR6 cortadora rebobinadora*. Obtenido de https://galred.es/machine/titan-sr6-cortadora-rebobinadora-s18019/?lang=en

Horvárth, I. (2004). *On some Crucial Issues of Computer Support of Conceptual Design.* Obtenido de Ingeniería de Producto: https://link.springer.com/chapter/10.1007/1-4020-2933-0_9#citeas

ICONTEC. (2010). *GTC 045.* Obtenido de Guía para la Identificación de los Peligros y Riesgos en Seguridad y Salud Ocupacional: https://idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/gtc450.pdf

ICONTEC. (2020). *ICONTEC.* Obtenido de Seguridad de las máquina, requisitos antropométricos para el diseño de puestos de trabajo asociados a máquinas.: https://www.icontec.org/rules/seguridad-de-las-maquinas-requisitos-antropometricos-para-el-diseno-de-puestos-de-trabajo-asociados-a-maquinas/

ISA. (2020). *ISA.* Obtenido de Historia: https://www.isa.org/

Ministerio de trabajo y seguridad social. (22 de Mayo de 1979). *RESOLUCIÓN 2400 DE 1979.* Obtenido de http://copaso.upbbga.edu.co/legislacion/Res.2400-1979.pdf

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

NFPA. (2020). *NFPA.* Obtenido de https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=70

Schneider Electric España, S.A.U. (2011). *Manual de seguridad en máquinas.* Obtenido de https://higieneyseguridadlaboralcvs2.files.wordpress.com/2014/04/manual-de-seguridad-en-mc3a1quinas.pdf

Sibandaa, V., Munetsib, L., Mpofua, K., Murenaa, E., & Trimblea, J. (2020). Design of a high-tech vending machine. *Procedia CIRP, 91*, 678-683. doi:https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.04.133

Singha, R., & Vermaa, H. (2018). Development of PLC-Based Controller for Pneumatic Pressing Machine in Engine-Bearing Manufacturing Plant. *Procedia Computer Science, 125*, 449-458. doi:https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.12.059

Takawira-Nyakuchena, M., & Mushiri, T. (2020). Design of an automated maize de-husking machine for the case of Zimbabwe. *Procedia Manufacturing, 43*, 127-134. doi:https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.126

UME. (2015). *Evolución de la Automatización en los Procesos Industriales*. Obtenido de https://www.umesl.com/noticias/evolucion-de-la-automatizacion-en-los-procesos-industriales

Universal Converting Equipment. (s.f.). *Titan SR6 – 1800mm.* Obtenido de https://www.universalconvertingequipment.com/es/quienes-somos/titan-sr6-1800mm

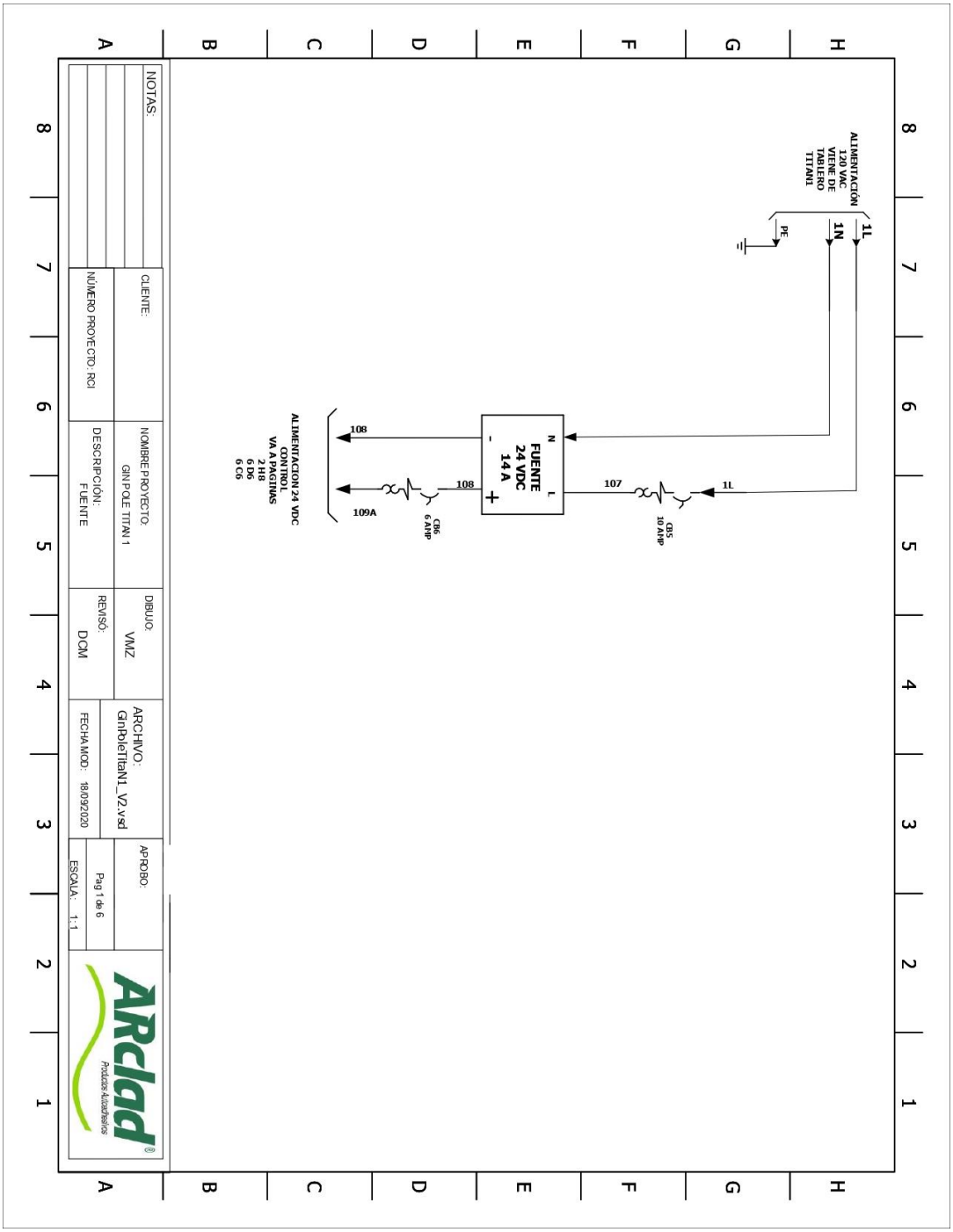
UTP. (2011). *Neumática método cascada.* Obtenido de Universidad Tecnológica de Pereira, Escuela de Técnología Mecánica: https://blog.utp.edu.co/ricosta/files/2011/08/LABORATORIO-2.-METODO-CASCADA.pdf

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

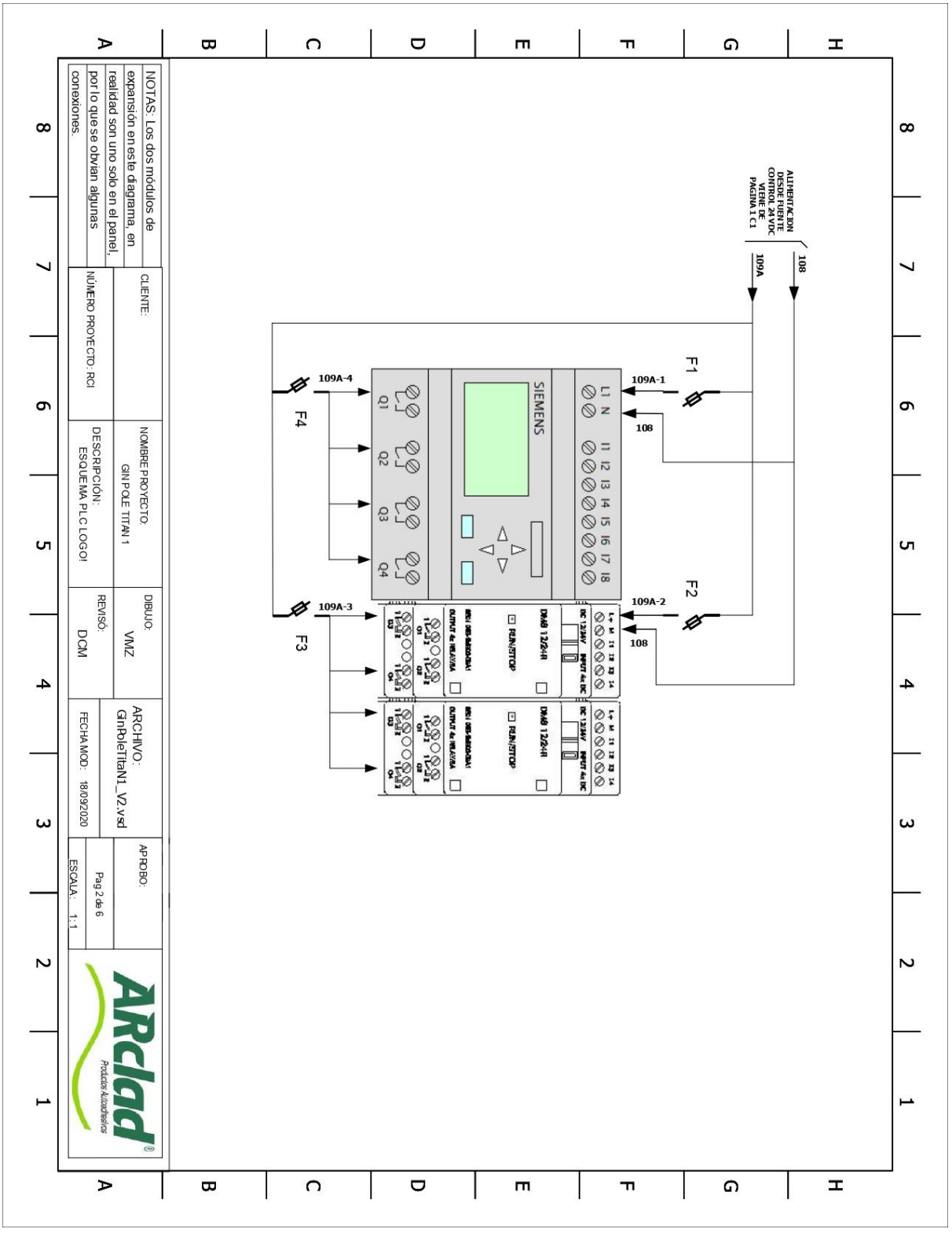
La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

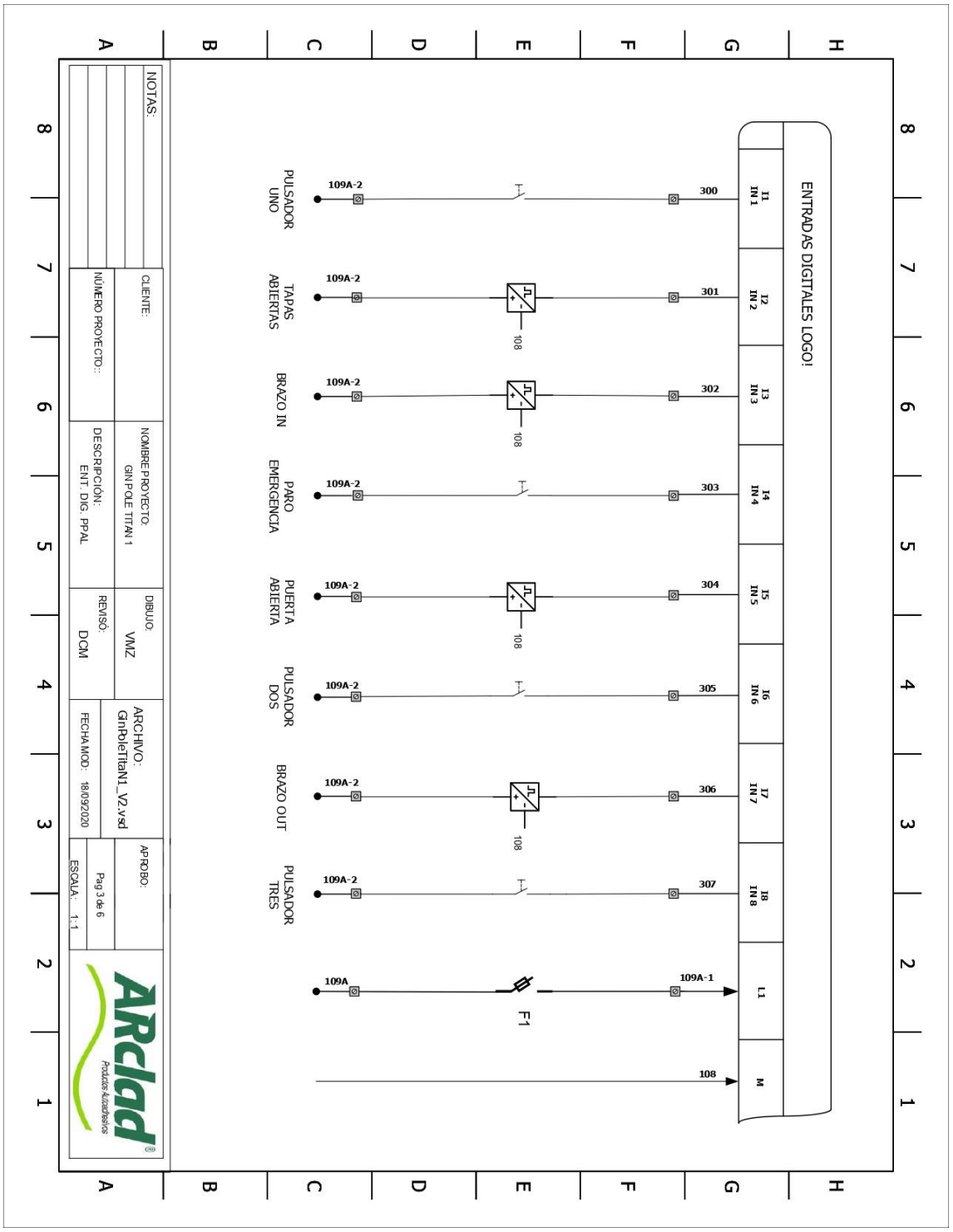
ANEXO 1 – PLANOS ELÉCTRICOS



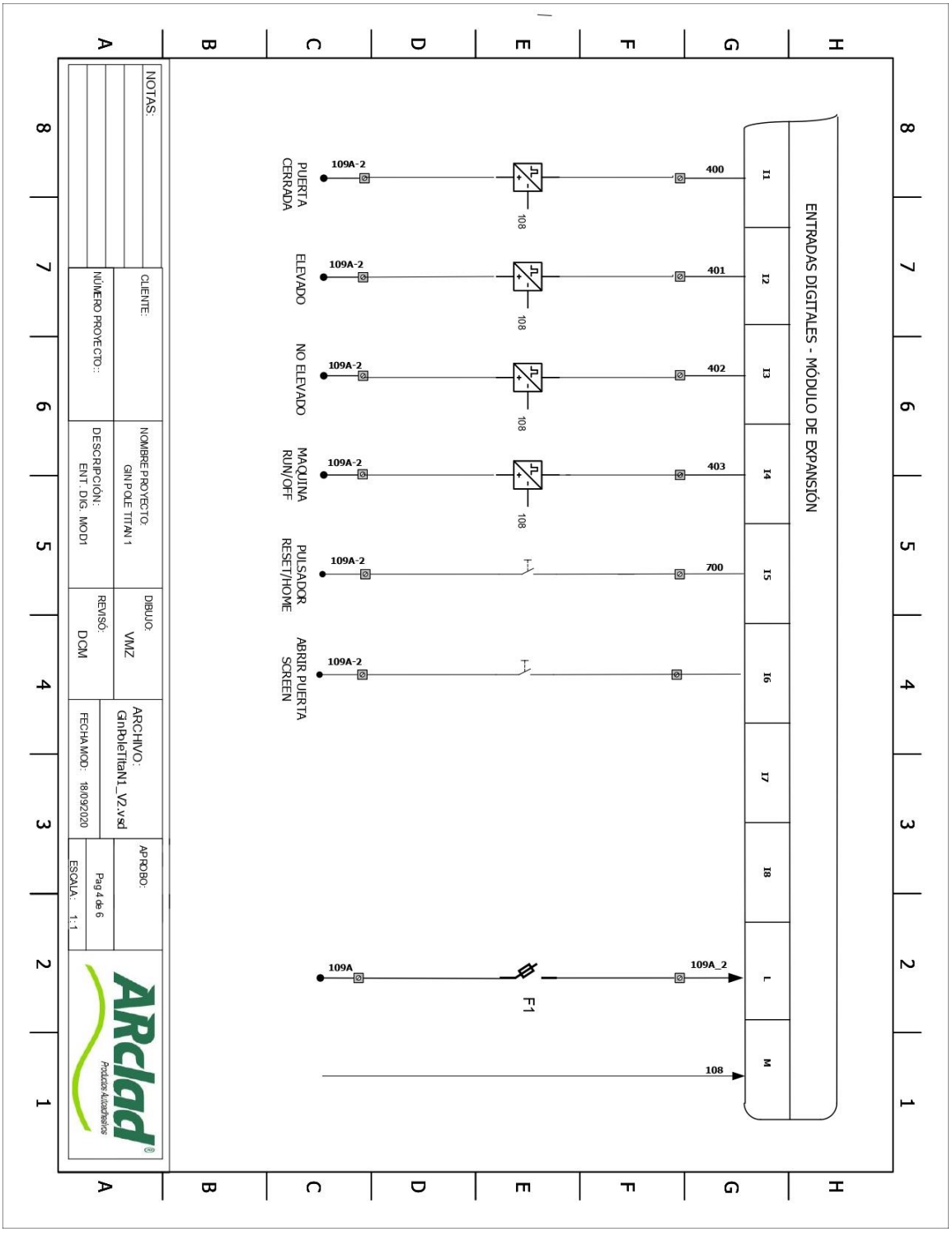
La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.



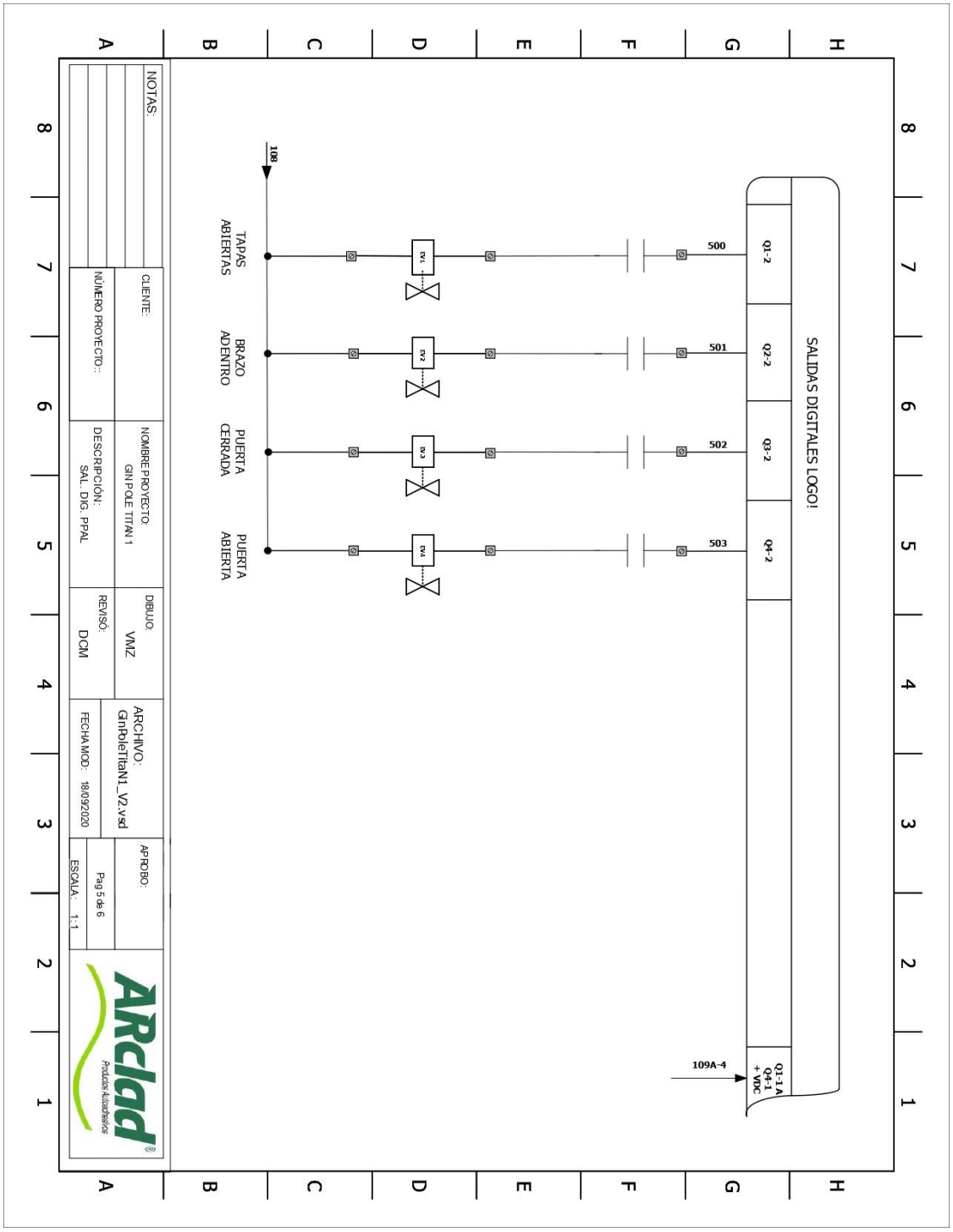
La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.



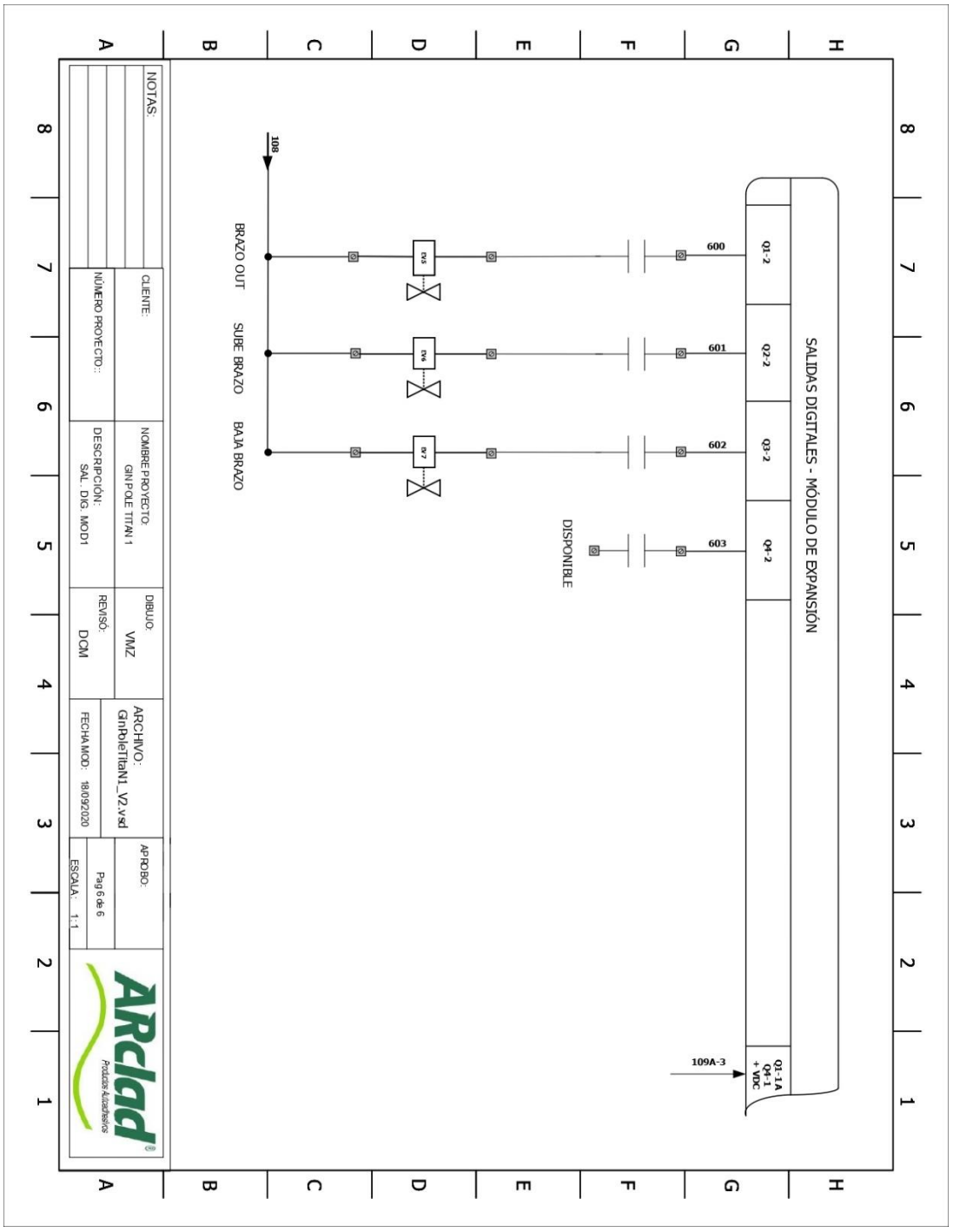
La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.



La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

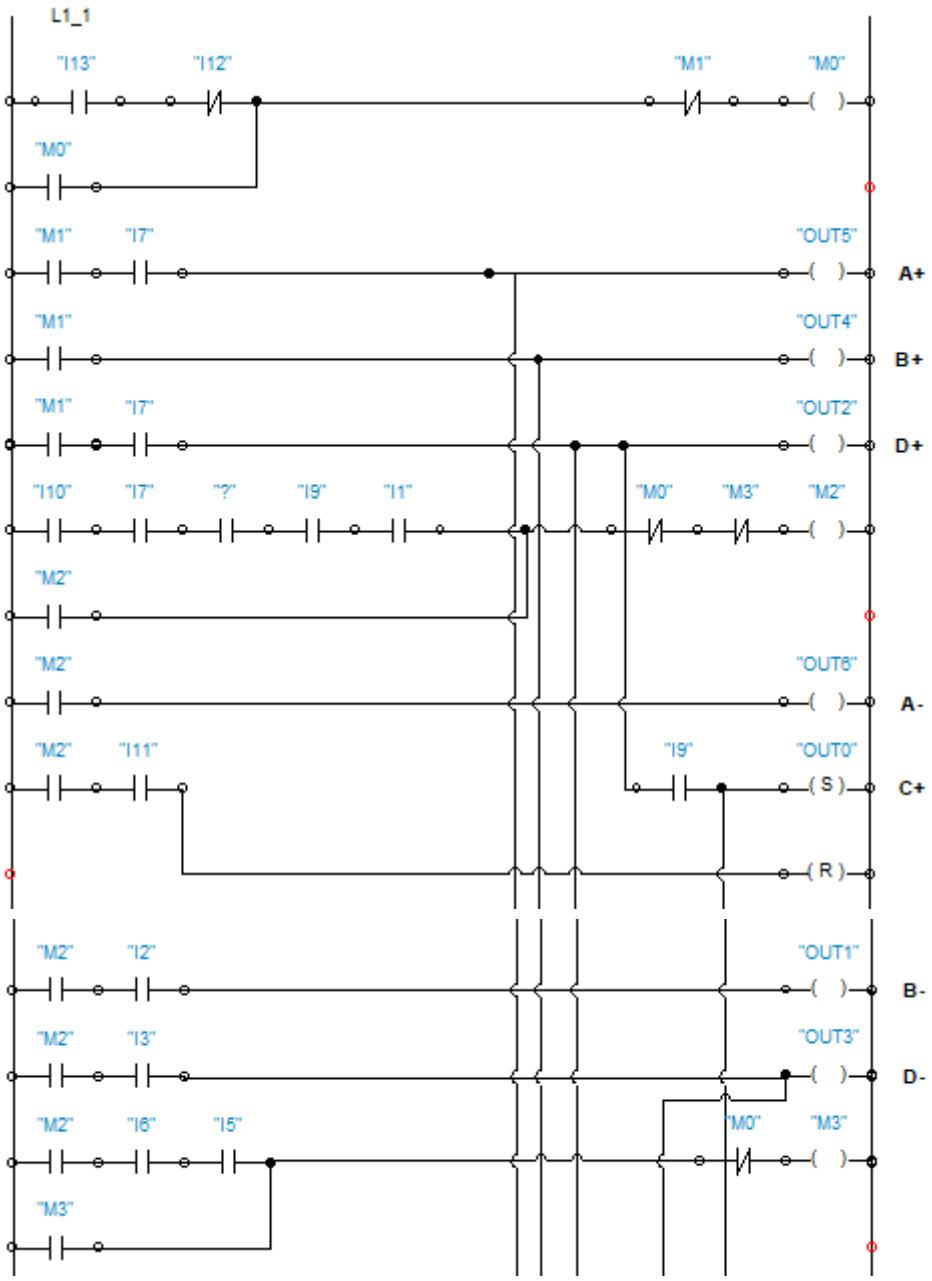


La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

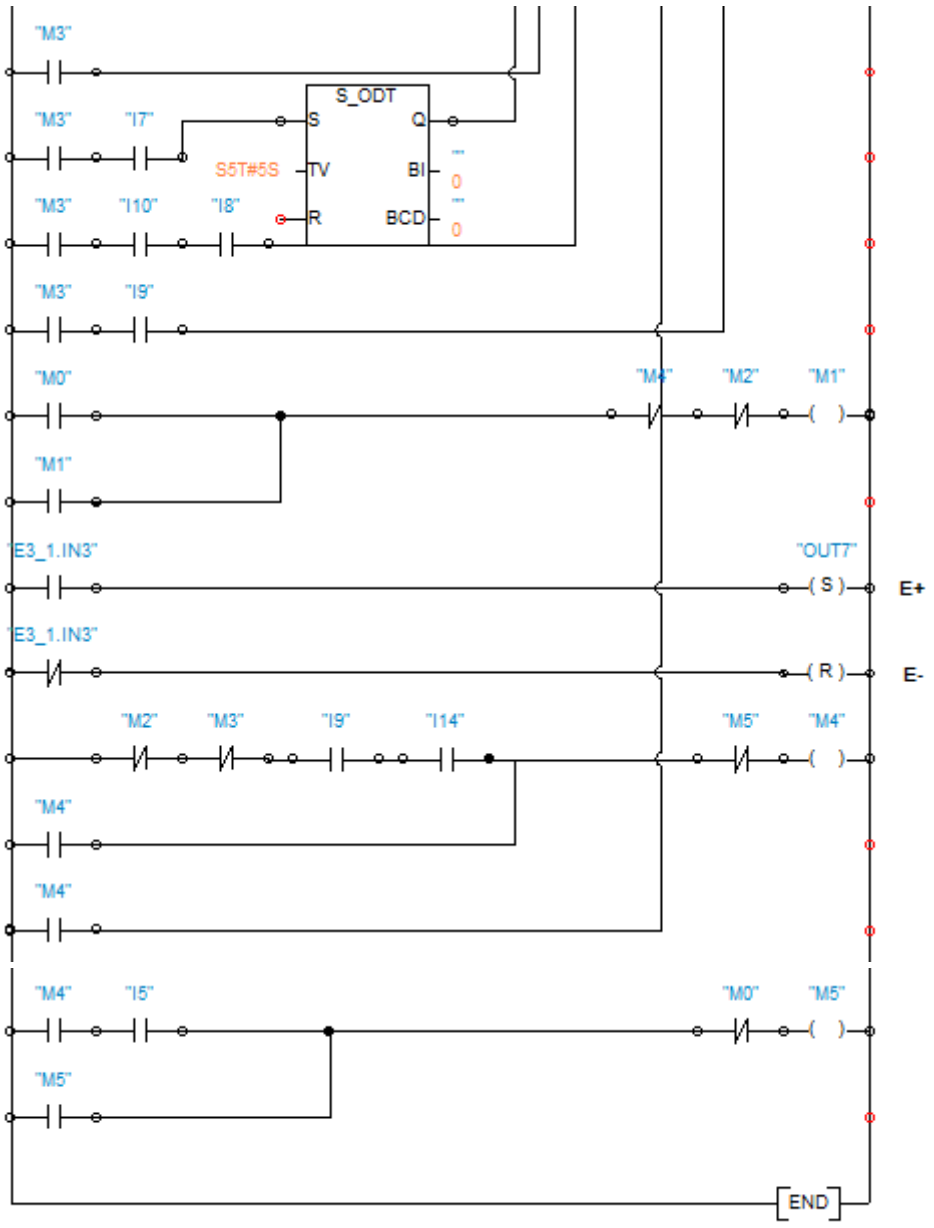


La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

ANEXO 2 – PROGRAMACIÓN LADDER EN AUTOMATION STUDIO

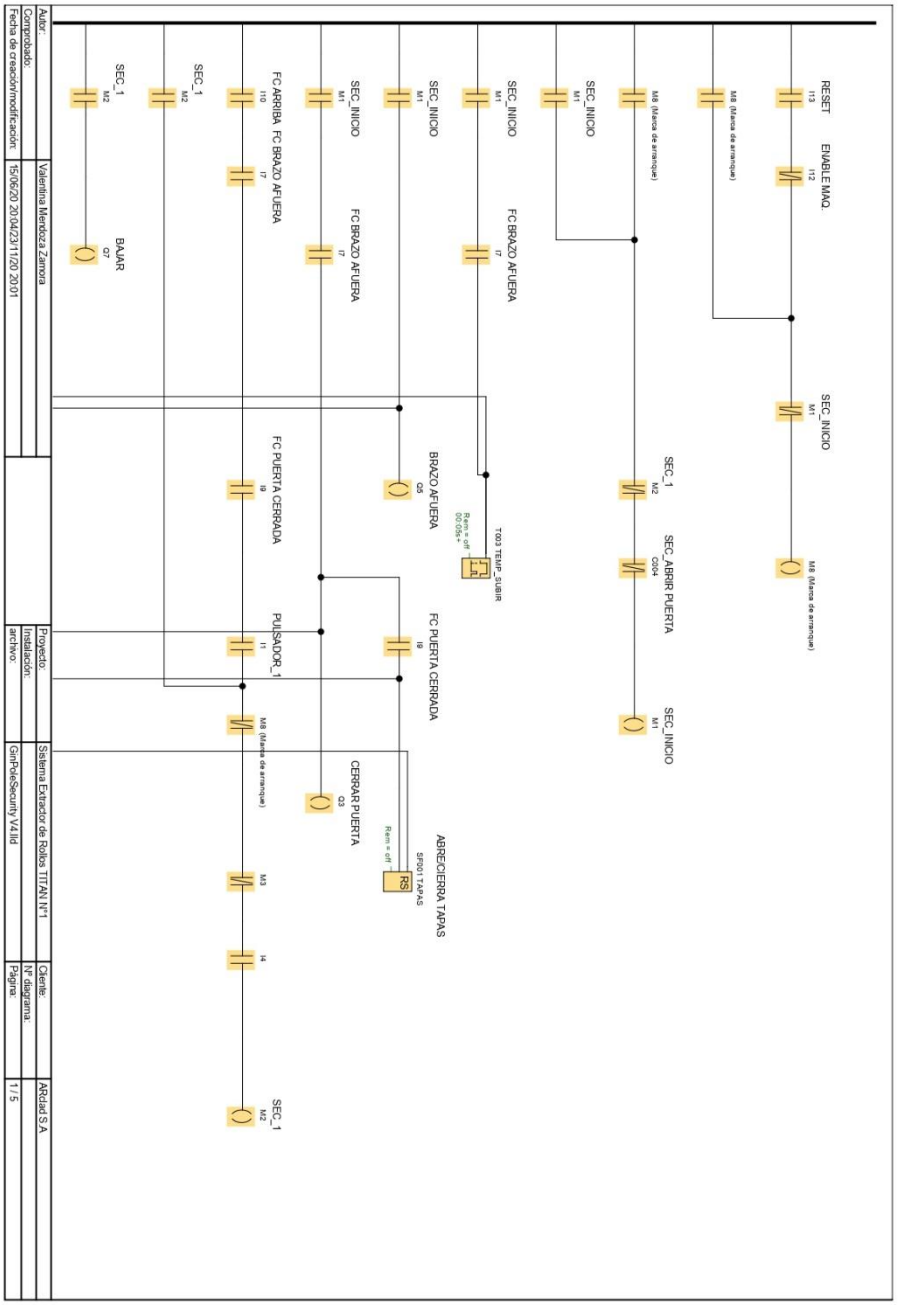


La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

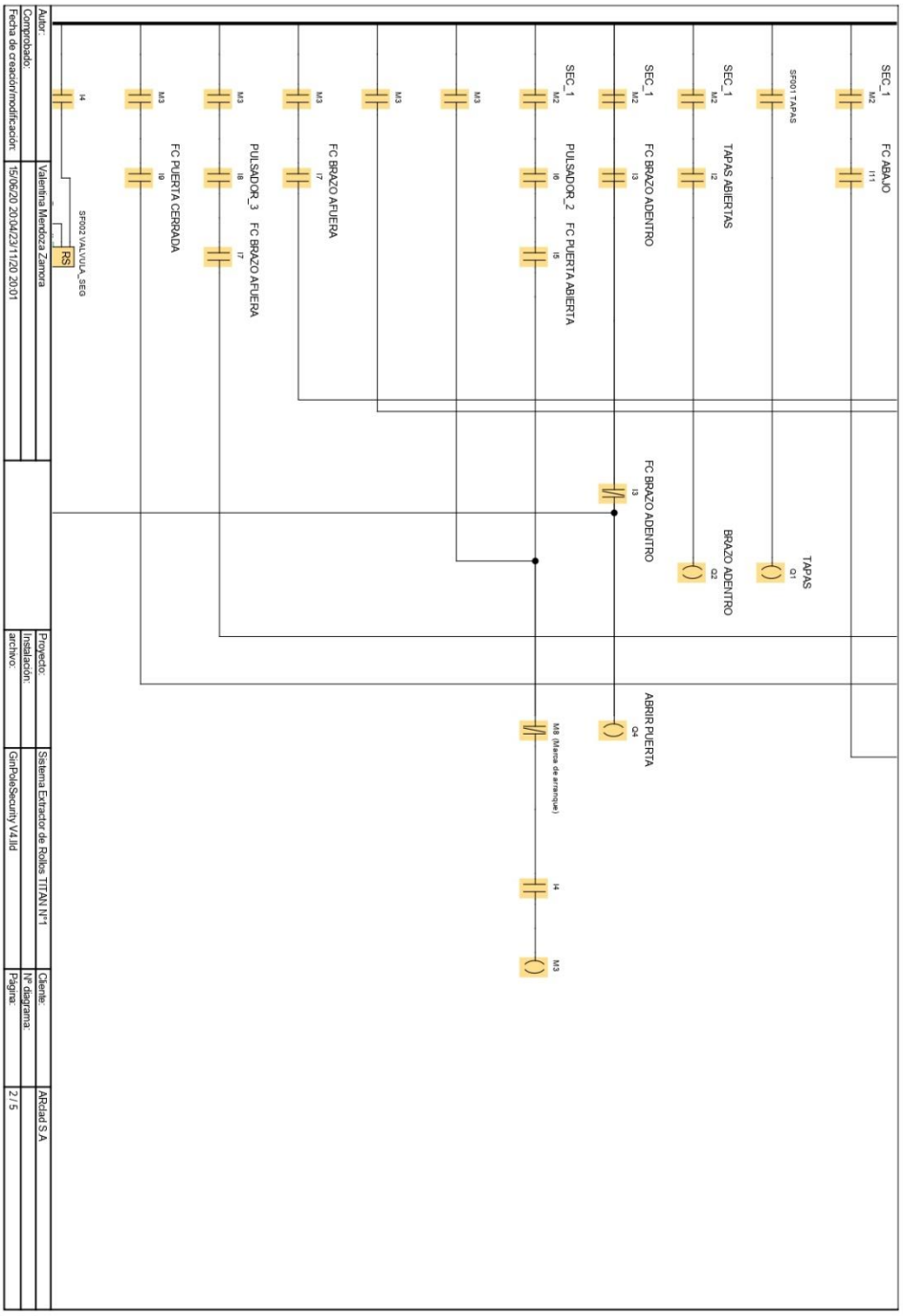


La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

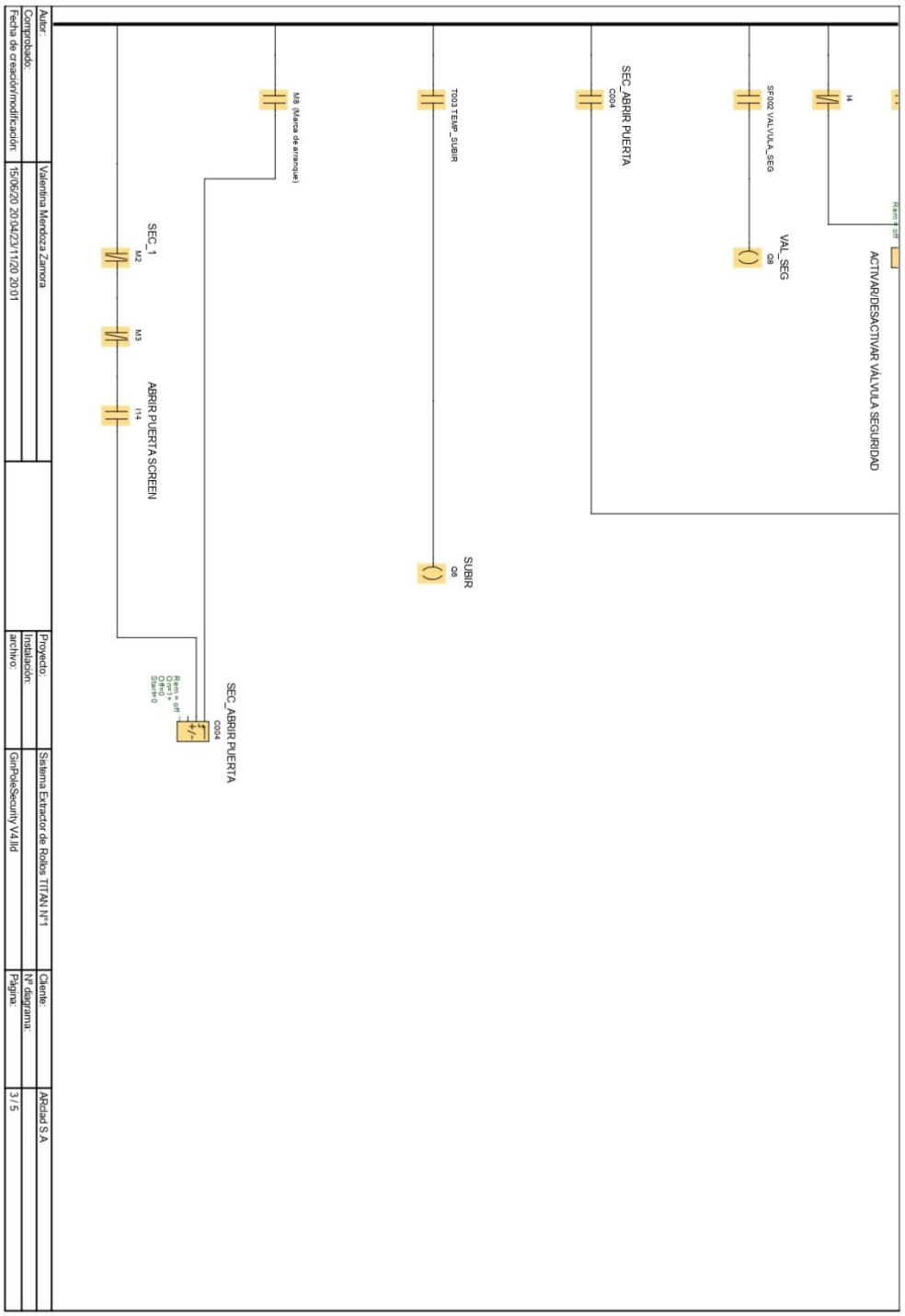
ANEXO 3 – CÓDIGO LADDER EN LOGOSOFT



La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

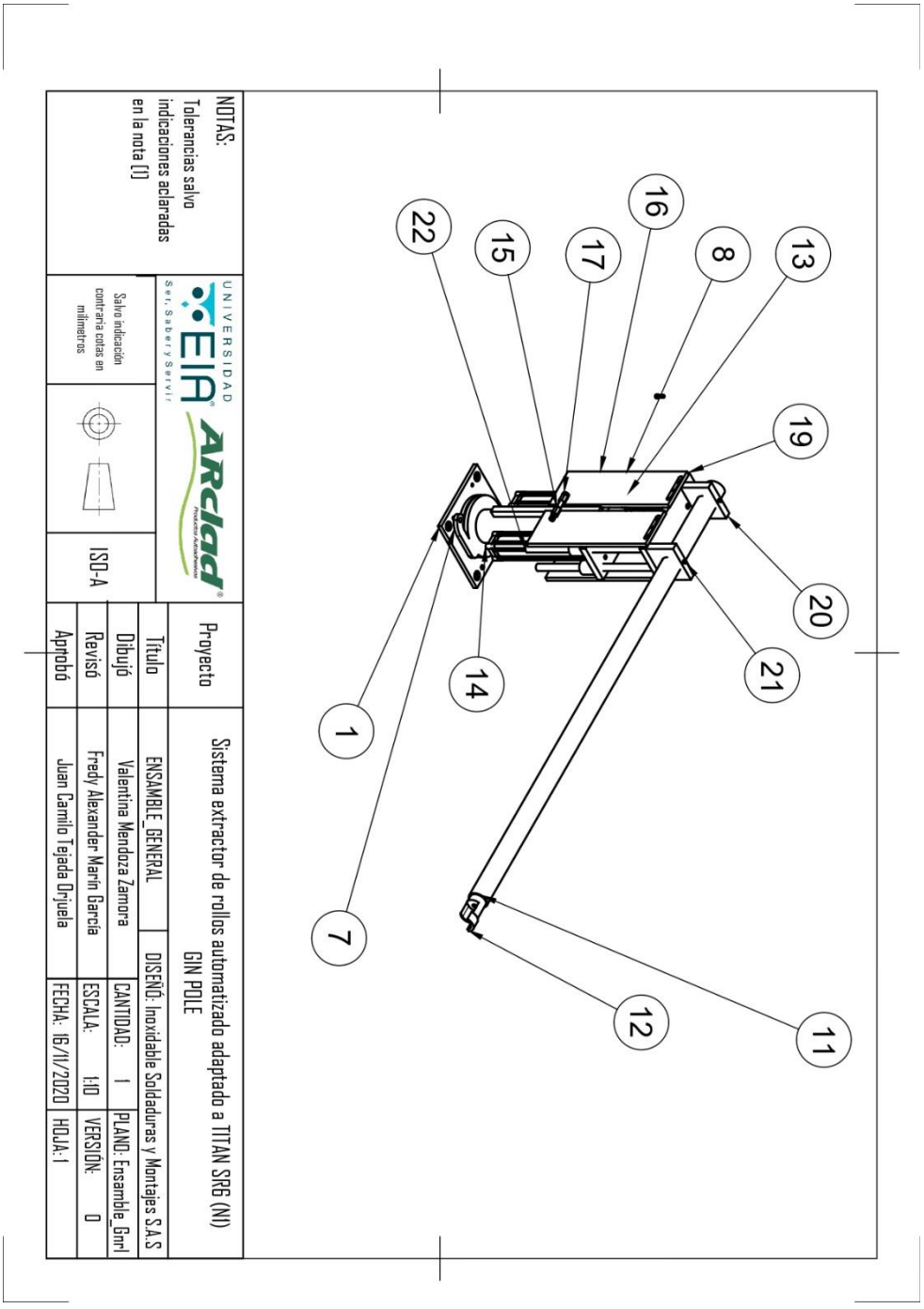


La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.



La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

ANEXO 4 – PLANOS MECÁNICOS SISTEMA EXTRACTOR DE ROLLOS



La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Parts List

Item	Qty	Part Name	Material	Mass
1	1	Base_pcp v7	Steel	1.557E+04 g
7	1	Bocin v2	Steel	5750.536 g
8	1	Base1 v21	Steel	2.575E+04 g
9	1	Rod_bs1 v1	Steel	331.949 g
11	1	Eje v1	Steel	2.312E+04 g
12	1	Acople_Eje v4	Steel	1270.583 g
13	20	M8X1.25-25mm v2	Steel	15.143 g
14	2	Cilindro DNC-63-320-PPV-A v2	Generic	1419.434 g
15	2	Platina_1 v7	Steel	9230.665 g
16	2	Platina_2 v3	Steel	9230.665 g
17	2	Pasador_M14X2-116mm v1	Steel	164.928 g
18	10	M8X1.25-38mm v1	Steel	26.51 g
19	1	Base2 v7	Steel	1.020E+04 g
20	2	Soporte_Eje v10	Steel	2779.222 g
21	2	Prisionero_M10X1.5-10mm v1	Steel	8.438 g
22	4	Barras_Guía v1	Steel	1996.125 g

NOTAS:
Tolerancias salvo indicaciones aclaradas en la nota [1]

UNIVERSIDAD EIA
Ser. Saber y Servir

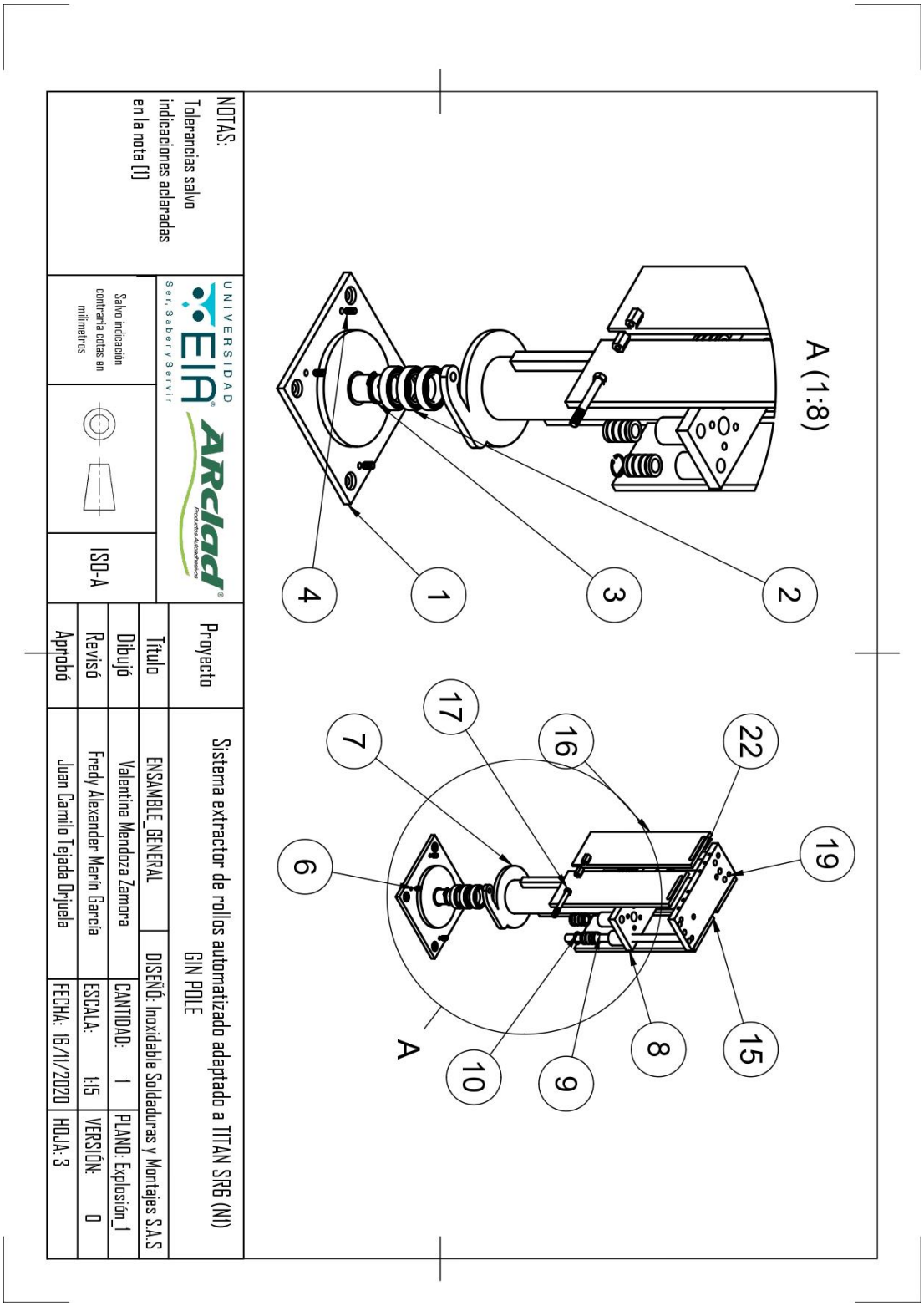
ARclad
Productos Automáticos

Salvo indicación contraria cotas en milímetros

ISO-A

Proyecto	Sistema extractor de rollos automatizado adaptado a TITAN SRG (NI) GIN POLE		
Título	ENSAMBLE_GENERAL	DISEÑO: Inoxidable Soldaduras y Montajes S.A.S	
Dibujó	Valentina Mendoza Zamora	CANTIDAD: 1	PLANO: Ensamble_Gnrl
Revisó	Fredy Alexander Marín García	ESCALA: 1:10	VERSIÓN: 0
Aprobó	Juan Camilo Tejada Orjuela	FECHA: 16/11/2020	HOJA: 2

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.



La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Parts List

Item	Qty	Part Number	Material	Mass
1	1	Base_pcp	Steel	1.557E+04 g
2	2	Rodamiento 6010-2Z	Steel	257.01 g
3	1	90030A128	Steel	17.384 g
4	1	93805A420	Steel	10.00 g
5	1	93805A420 (1)	Steel	10.00 g
6	1	93805A420 (2)	Steel	10.00 g
7	1	Bocin	Steel	5750.536 g
8	1	Base1	Steel	2.575E+04 g
9	4	Rod_bs1	Steel	331.949 g
10	3	Anillo_Retenedor_Bs1	Steel	3.90 g
15	2	Platina_1	Steel	9230.665 g
16	2	Platina_2	Steel	9230.665 g
17	2	Pasador_M14X2-16mm	Steel	164.928 g
19	1	Base2	Steel	1.020E+04 g

NOTAS:
Tolerancias salvo indicaciones aclaradas en la nota [1]

UNIVERSIDAD EIA
Ser. Saber y Servir

ARclad
Productos Arclad Premium

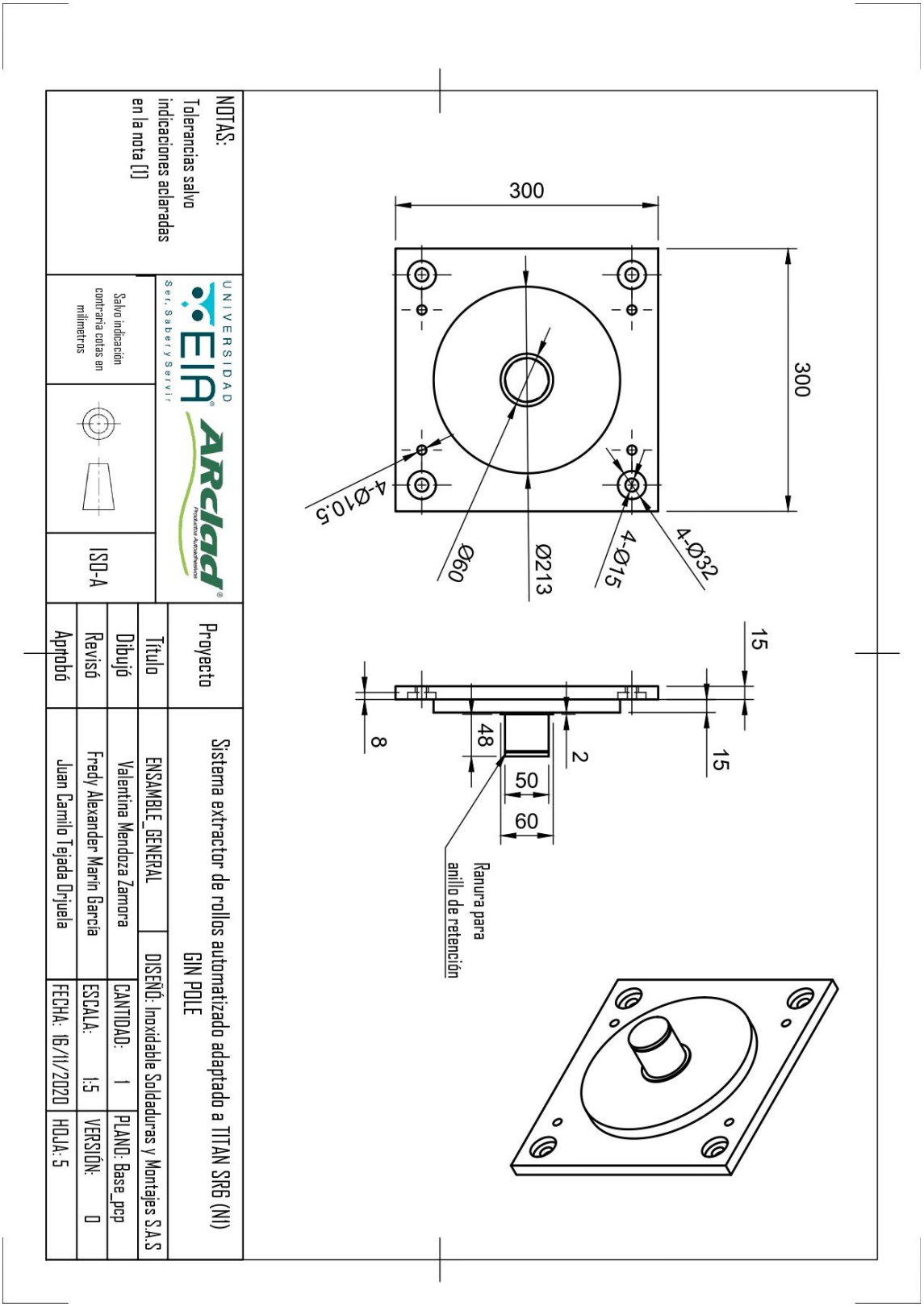
Salvo indicación contraria cotas en milímetros

ISO-A

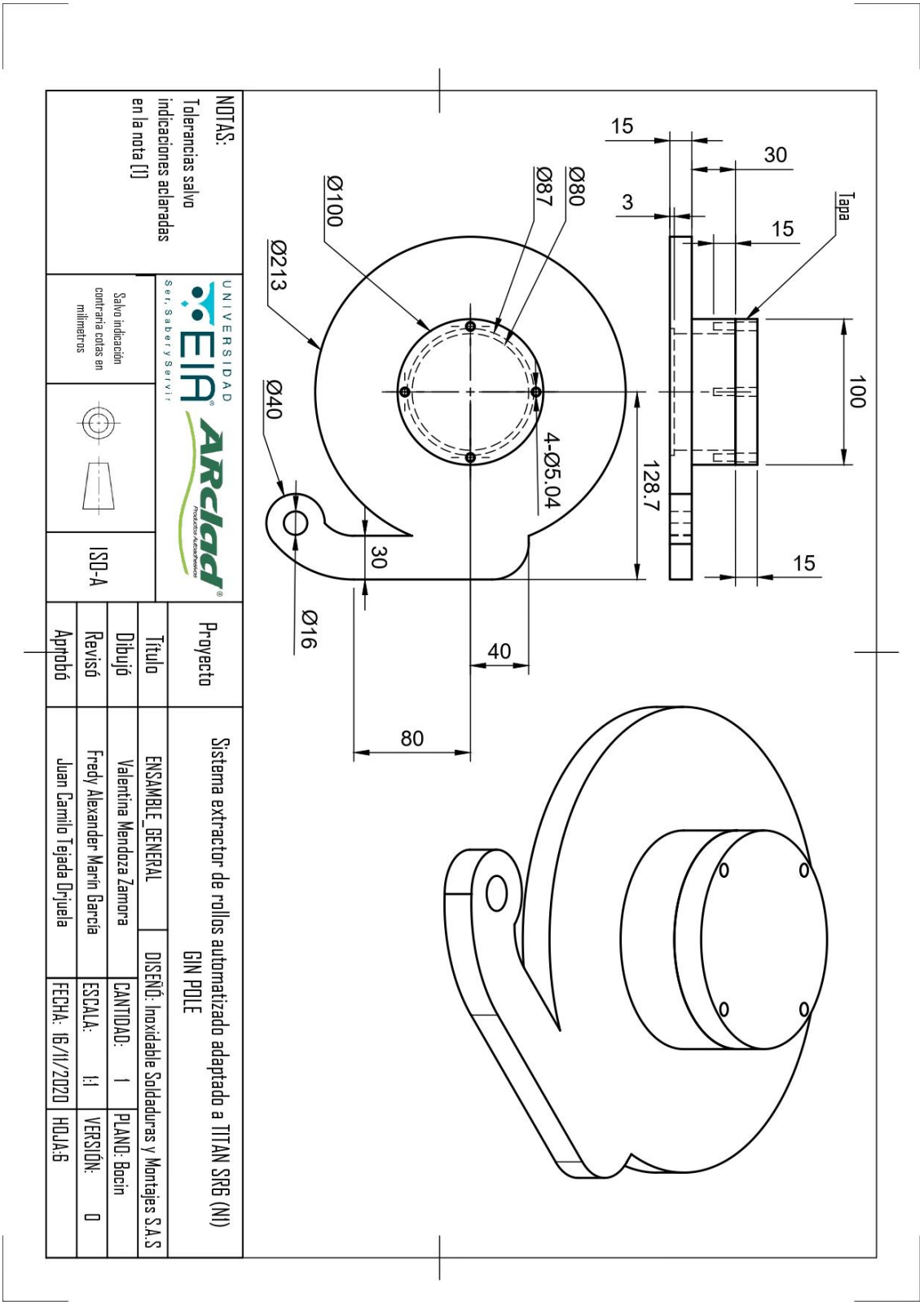
Proyecto: Sistema extractor de rollos automatizado adaptado a TITAN SR6 (NI) GIN POLE

Título	ENSAMBLE_GENERAL	DISEÑO: Inoxidable Soldaduras y Montajes S.A.S	
Dibujó	Valentina Mendoza Zamora	CANTIDAD: 1	PLANO: Explosión_1
Revisó	Fredy Alexander Marín García	ESCALA: 1:15	VERSIÓN: 0
Aprobó	Juan Camilo Tejada Orjuela	FECHA: 16/11/2020	HOJA: 4

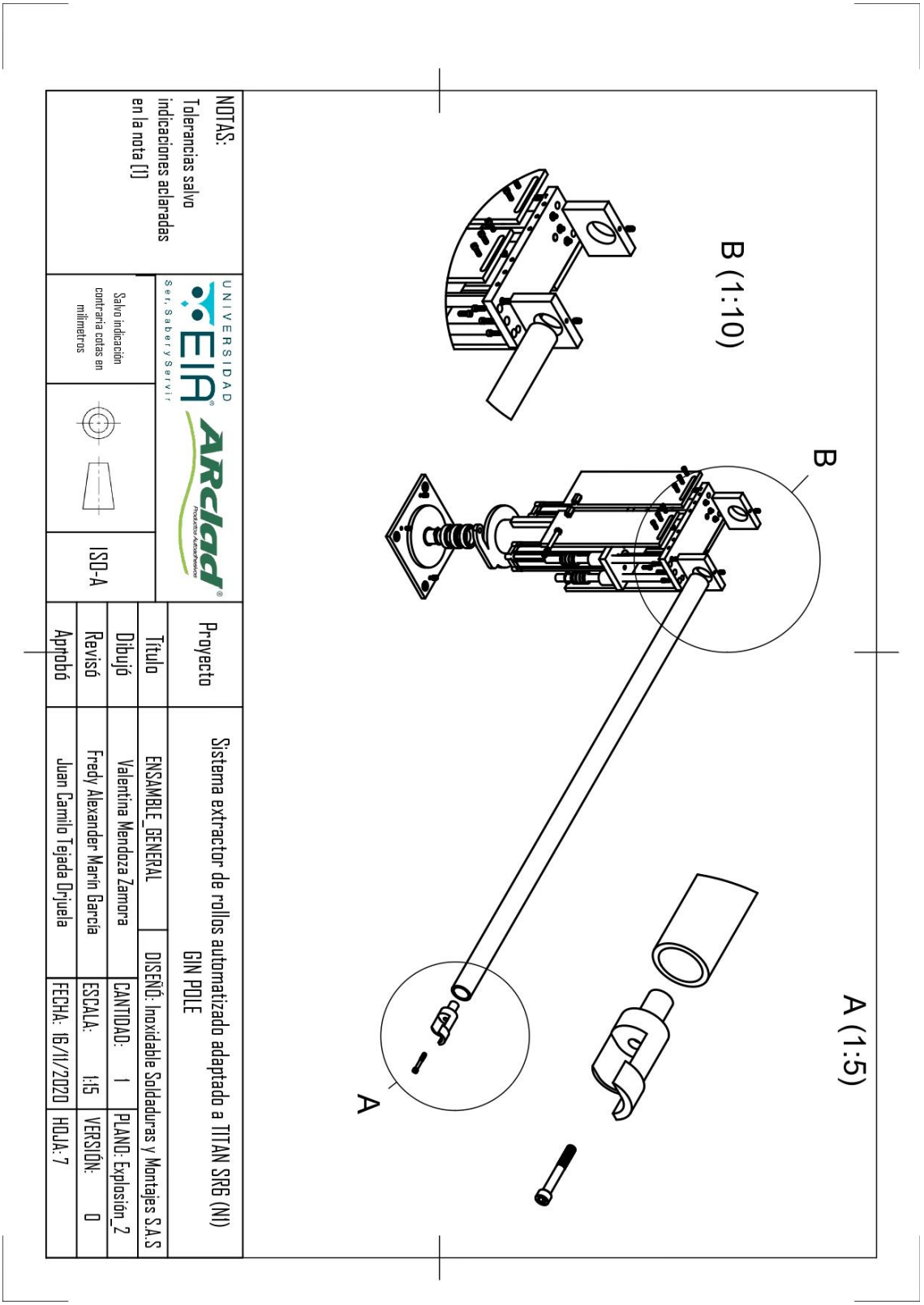
La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.



La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

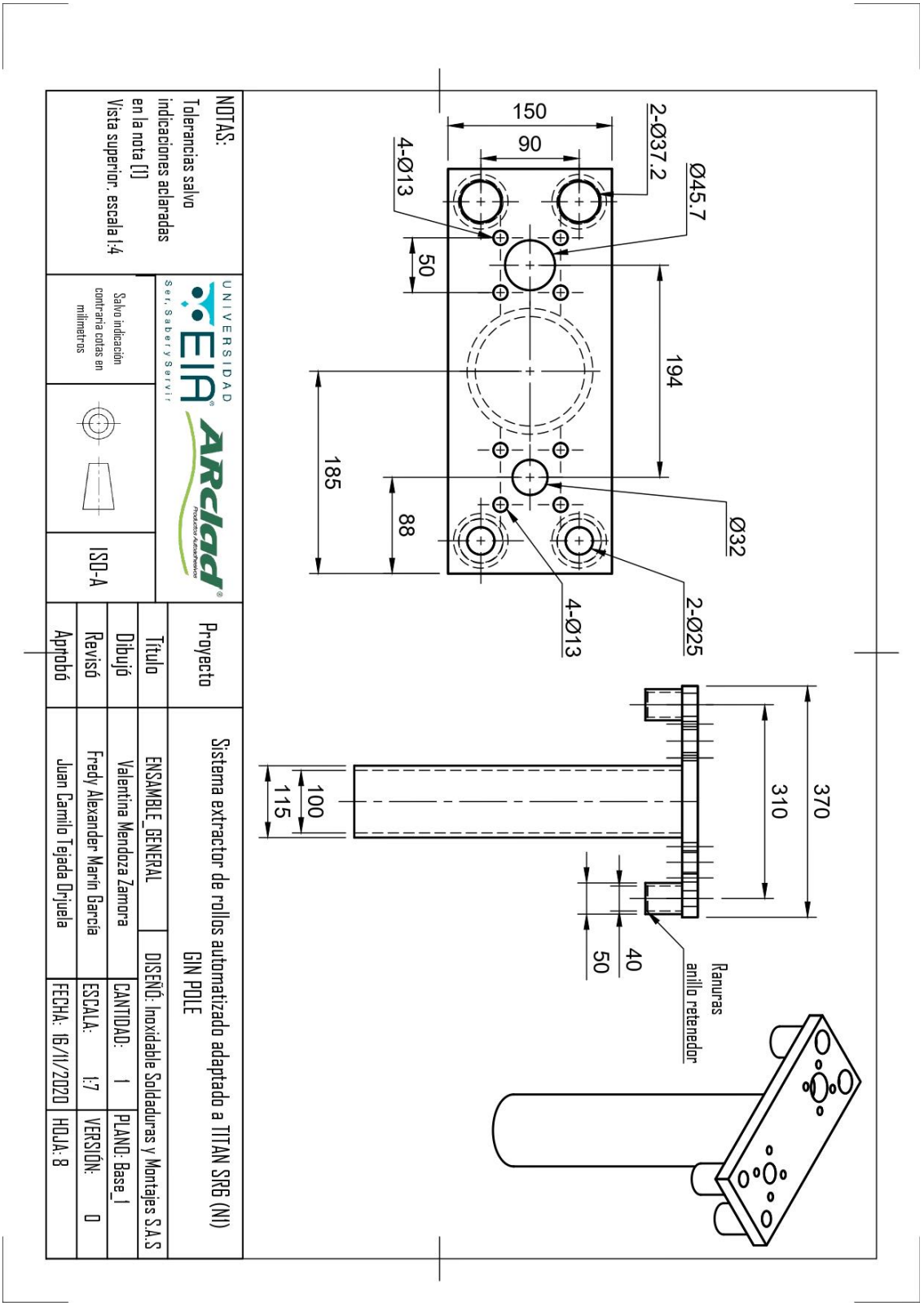


La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

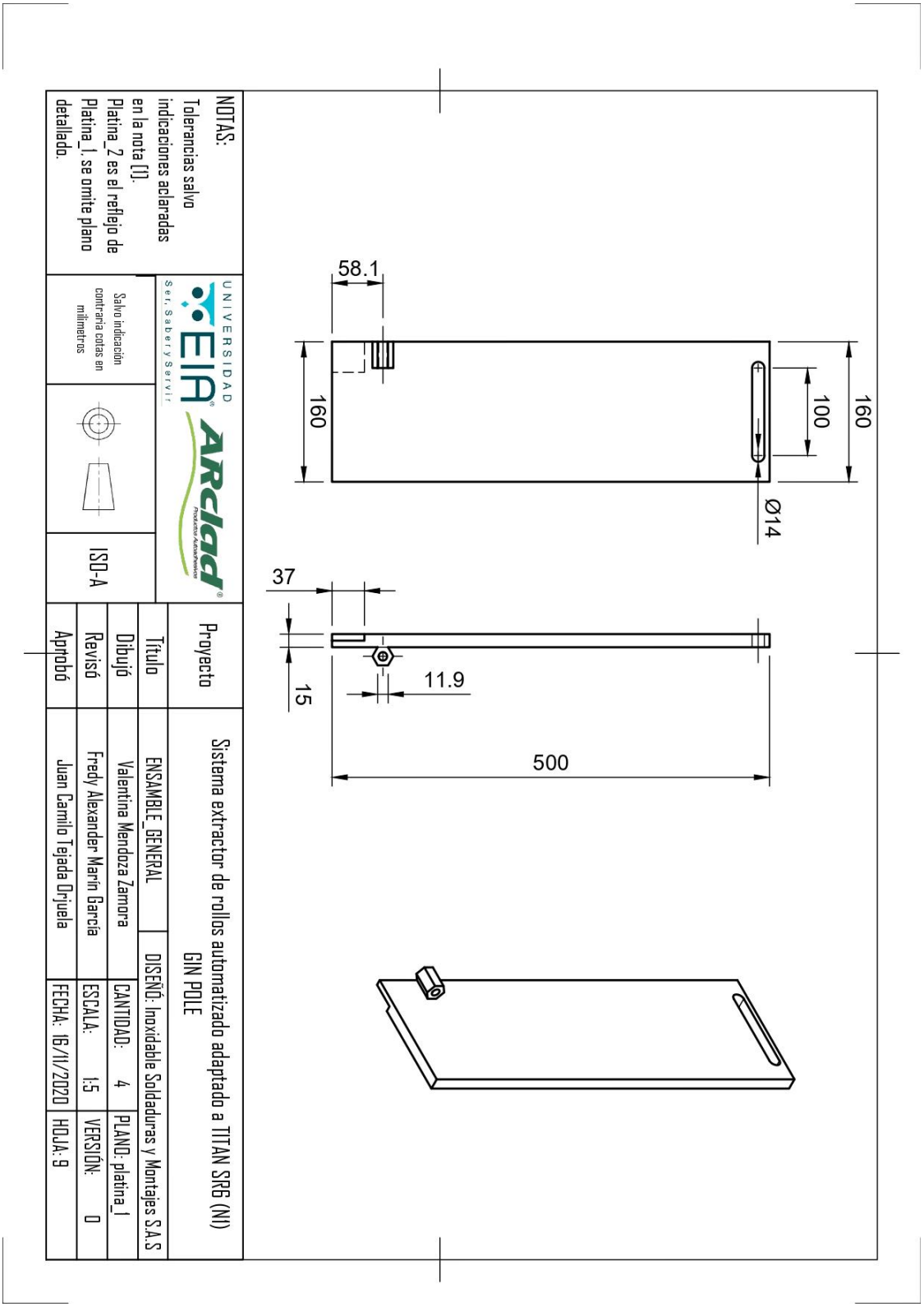


NOTAS: Tolerancias salvo indicaciones aclaradas en la nota [1]	UNIVERSIDAD EIA Ser, Saber y Servir / ARclad Productos Automotrices	Proyecto	Sistema extractor de rollos automatizado adaptado a TITAN SRG (N1) GIN POLE
		Título	ENSAMBLE_GENERAL
		Dibujó	Valentina Mendoza Zamora
		Revisó	Fredy Alexander Marín García
		Aprobó	Juan Camilo Tejada Orjuela
Salvo indicación contraria cotas en milímetros	ISO-A	DISEÑO: Inoxidable Soldaduras y Montajes S.A.S	
		CANTIDAD: 1	PLANO: Explosión_2
		ESCALA: 1:5	VERSIÓN: 0
		FECHA: 16/11/2020	HOJA: 7

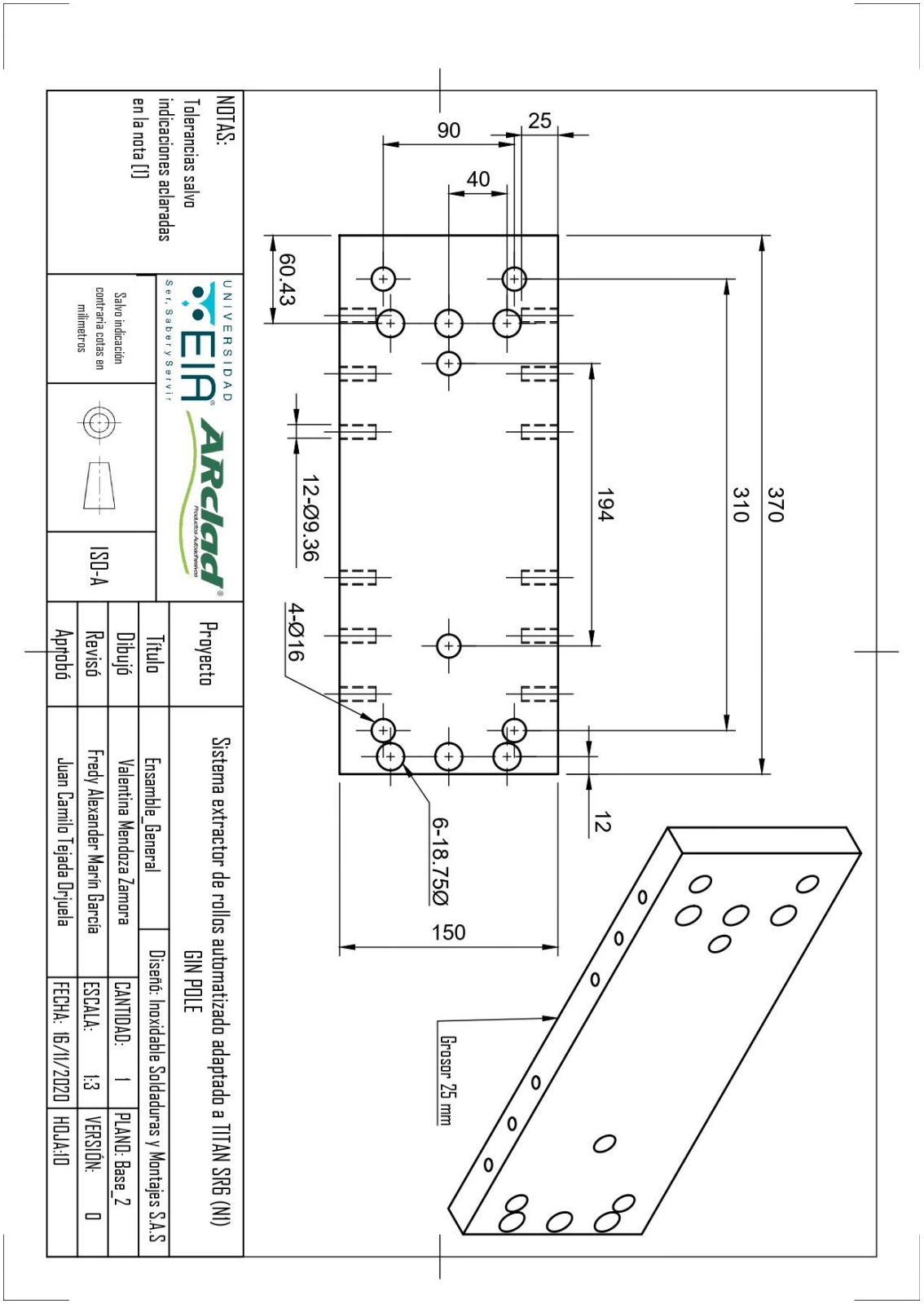
La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.



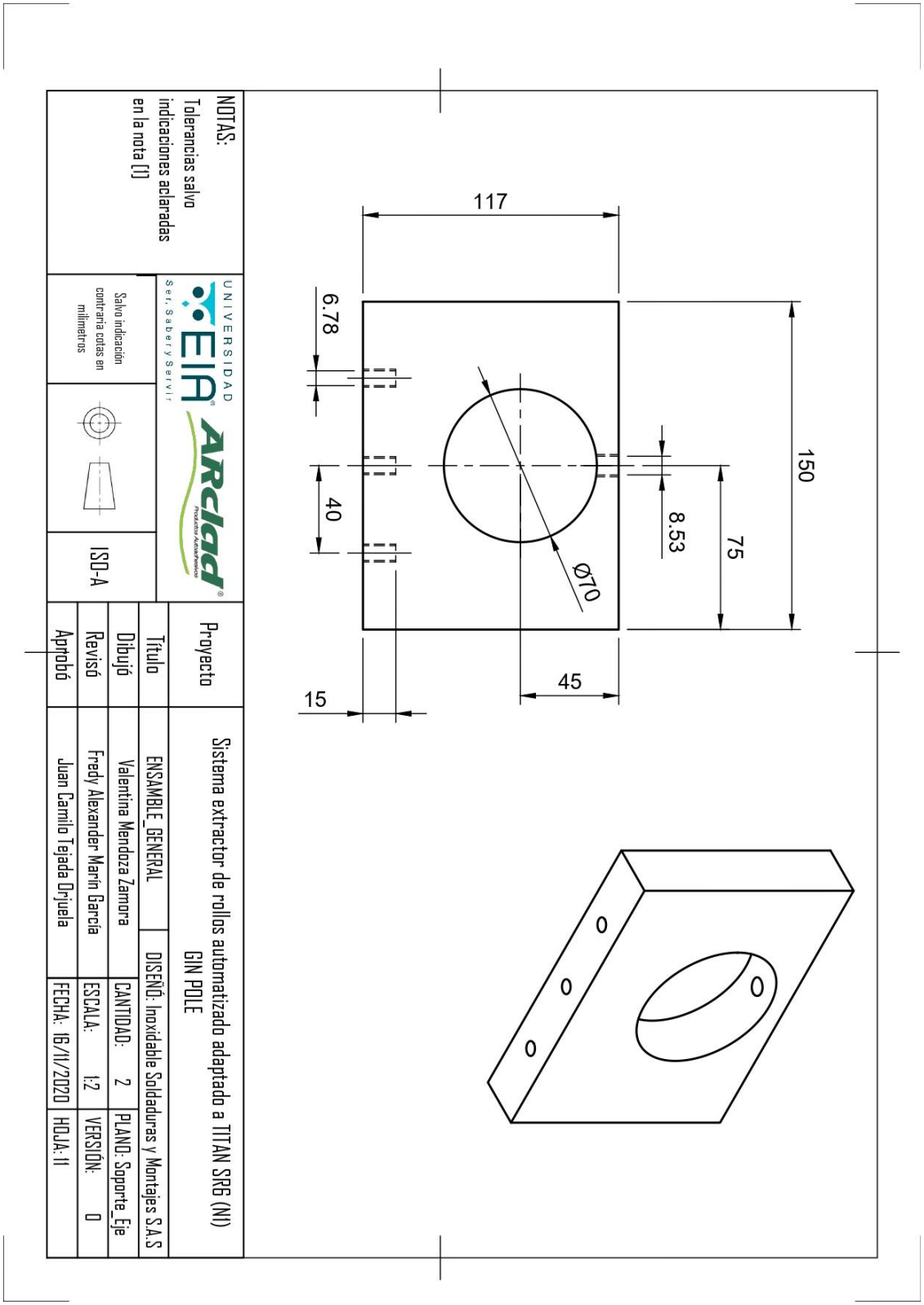
La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.



La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

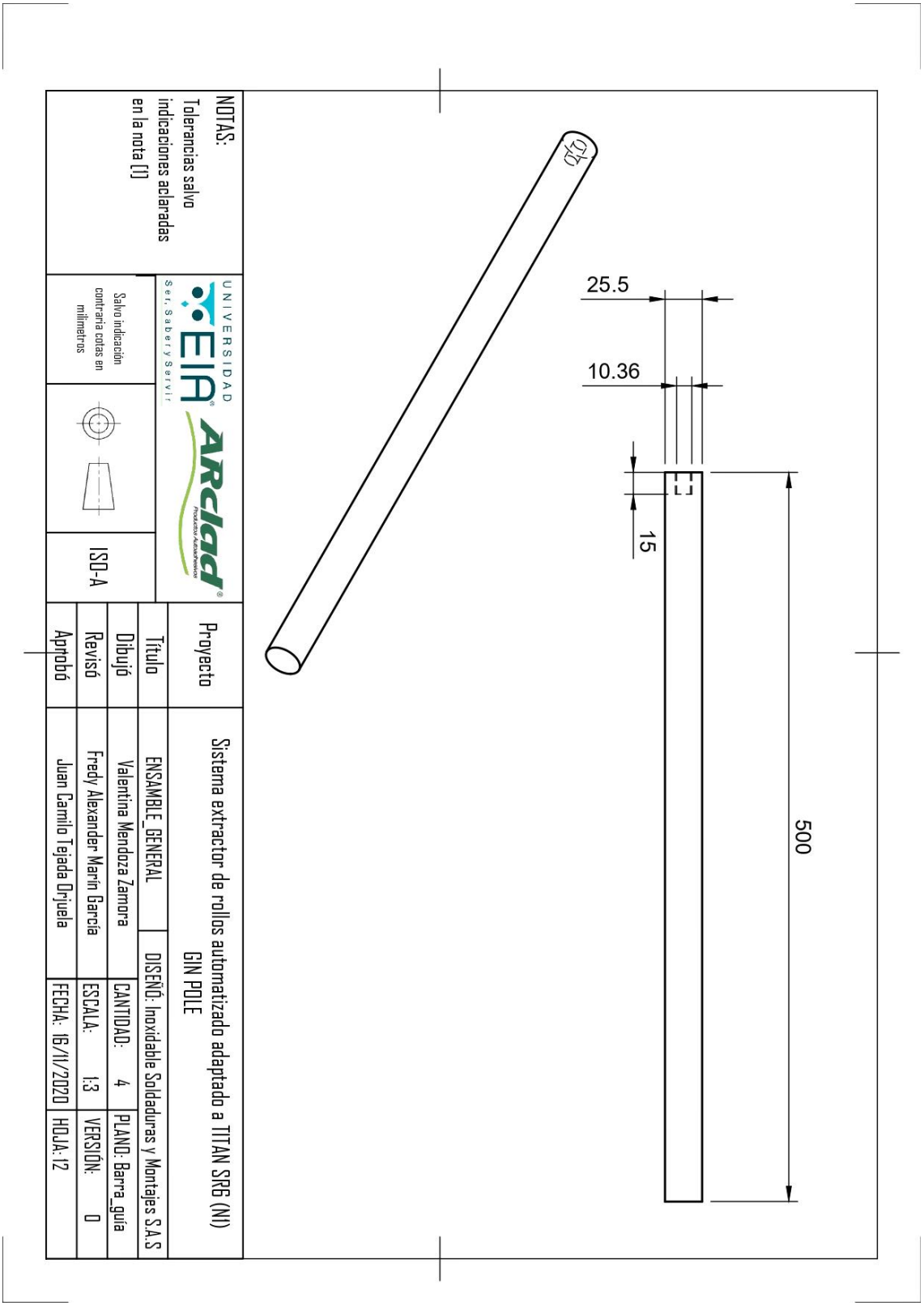


La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

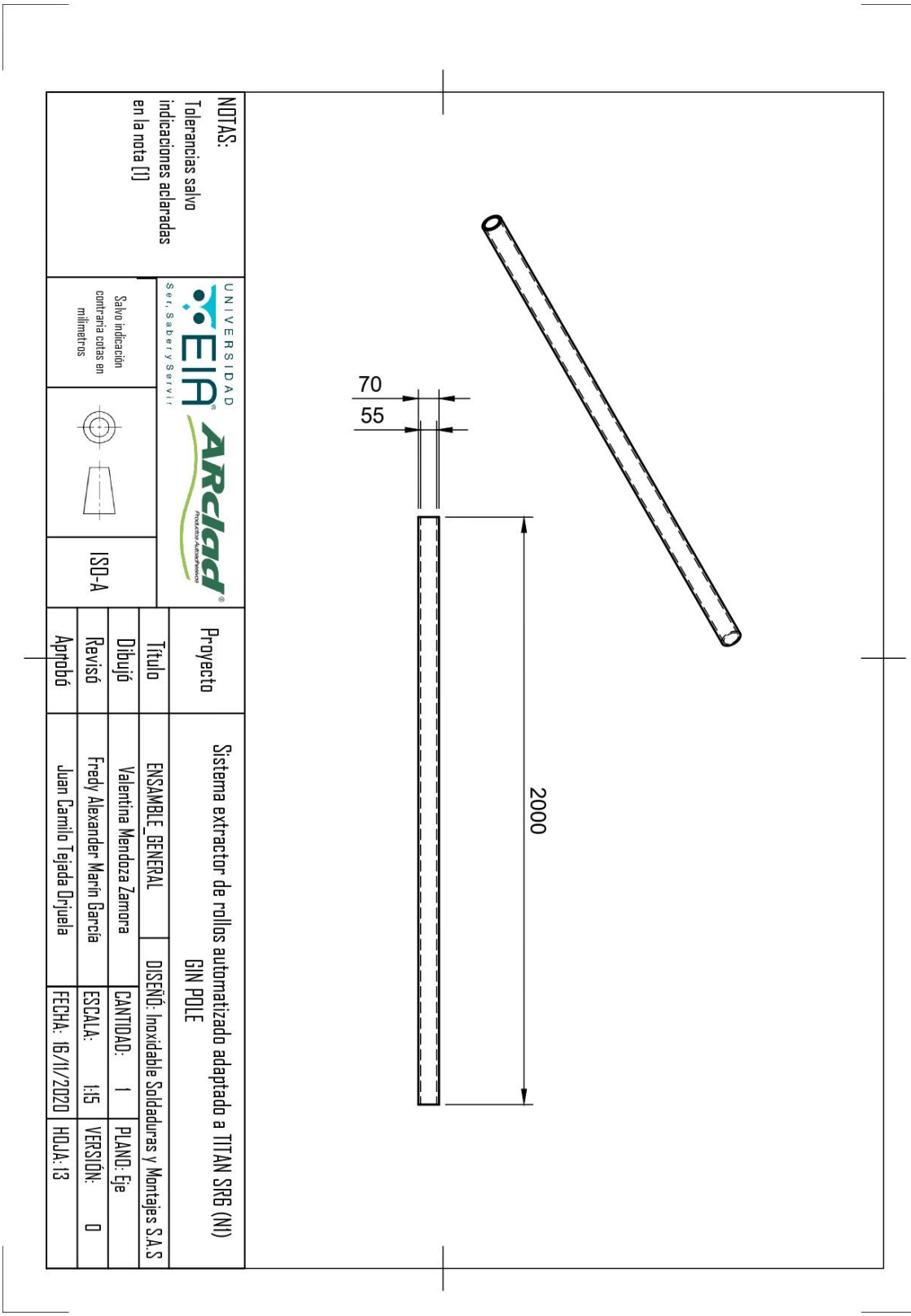


NOTAS: Tolerancias salvo indicaciones aclaradas en la nota [1]	UNIVERSIDAD EIA Ser, Saber y Servir	Proyecto	Sistema extractor de rollos automatizado adaptado a TITAN SRG (NI) GIN POLE
	ARclad Productos Arquitectónicos	Título	ENSAMBLE_GENERAL / DISEÑO: Inoxidable Soldaduras y Montajes S.A.S
Salvo indicación contraria cotas en milímetros	ISO-A	Dibujó	Valentina Mendoza Zamora / CANTIDAD: 2 / PLANO: Soporte_Eje
		Revisó	Fredy Alexander Marín García / ESCALA: 1:2 / VERSIÓN: 0
		Aprobó	Juan Camilo Tejada Orjuela / FECHA: 16/11/2020 / HOJA: 11

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

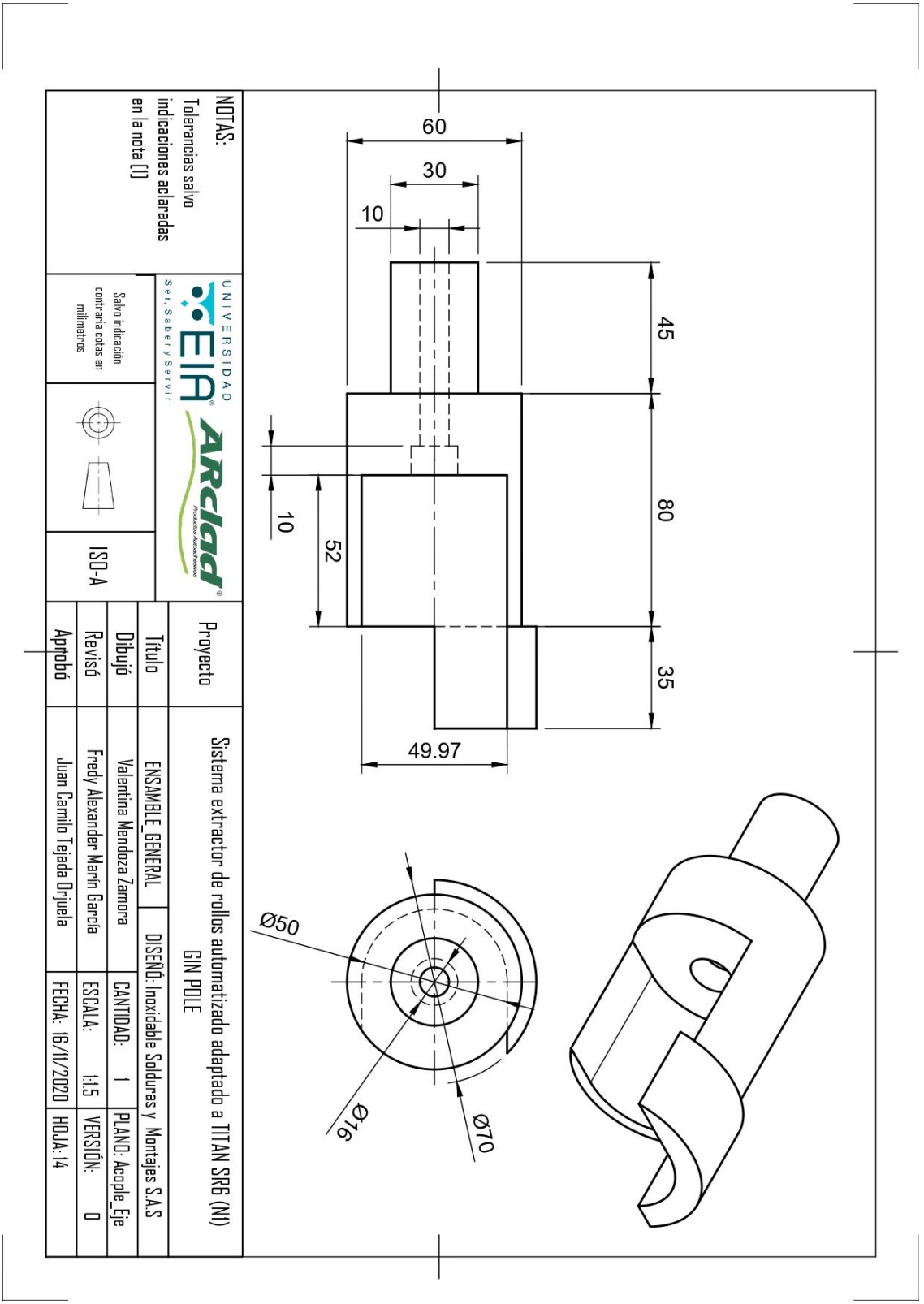


La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

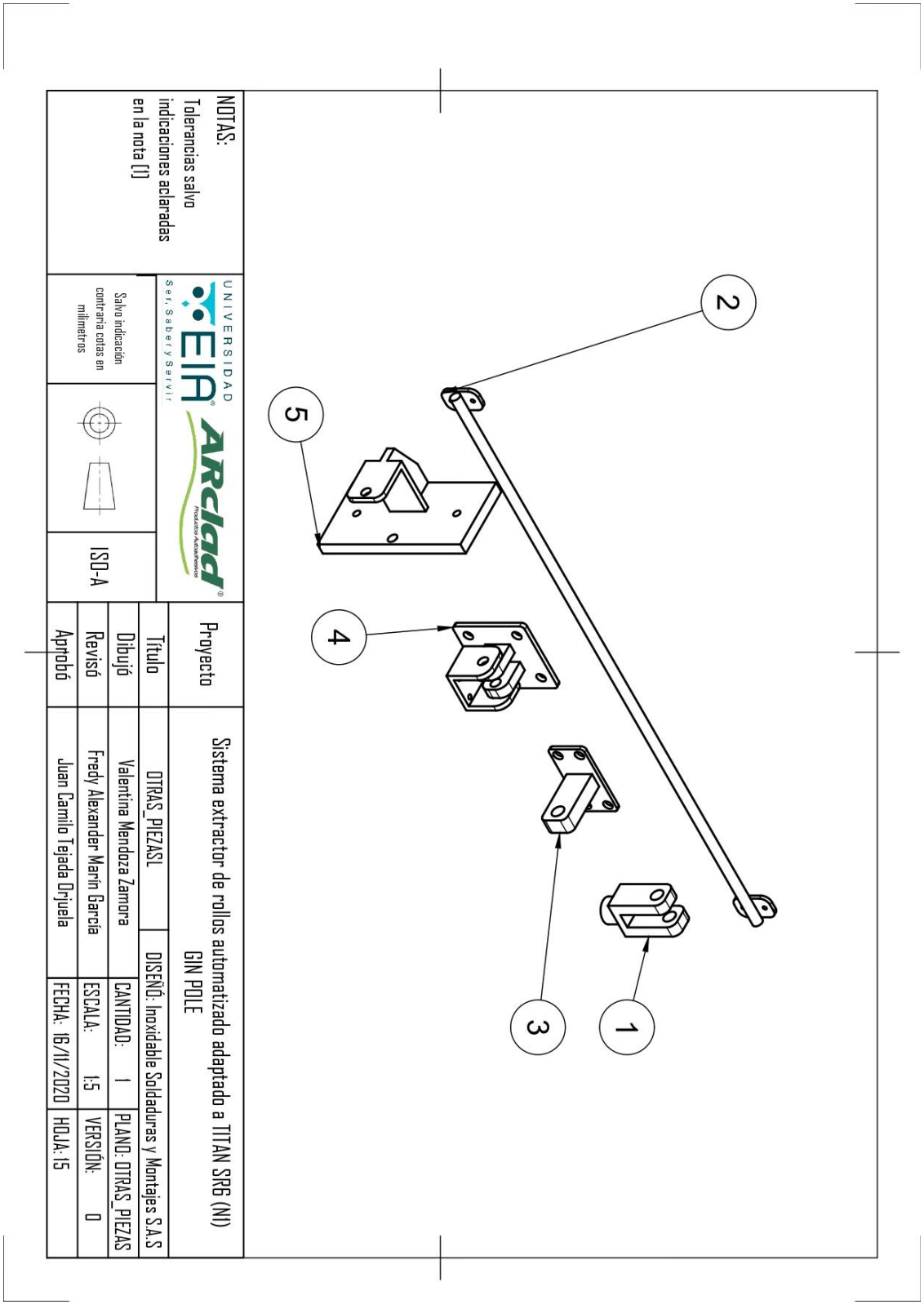


NOTAS: Tolerancias salvo indicaciones aclaradas en la nota [1]	UNIVERSIDAD EIA Ser, Saber y Servir / ARclad Productos Arquitectónicos	Proyecto	Sistema extractor de rollos automatizado adaptado a TITAN SR6 (N1) GIN POLE
		Título	ENSAMBLE_GENERAL
		Dibujó	Valentina Mendoza Zamora
		Revisó	Fredy Alexander Marín García
		Aprobó	Juan Camilo Tejada Orjuela
Salvo indicación contraria cotas en milímetros	ISO-A	DISEÑO: Inoxidable Soldaduras y Montajes S.A.S	
		CANTIDAD: 1	PLANO: Eje
		ESCALA: 1:5	VERSIÓN: 0
		FECHA: 16/11/2020	HOJA: 13

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.



La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

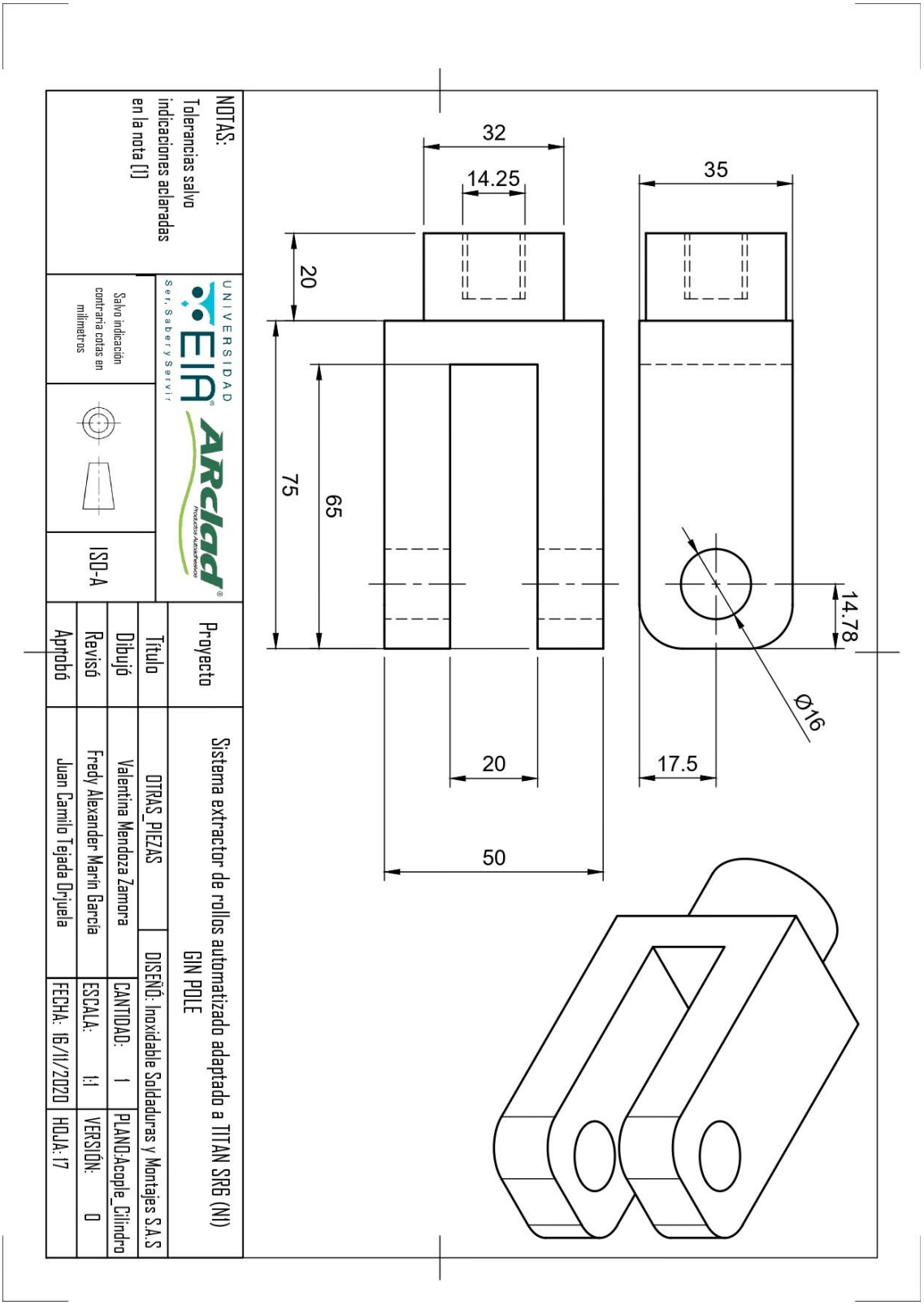


La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

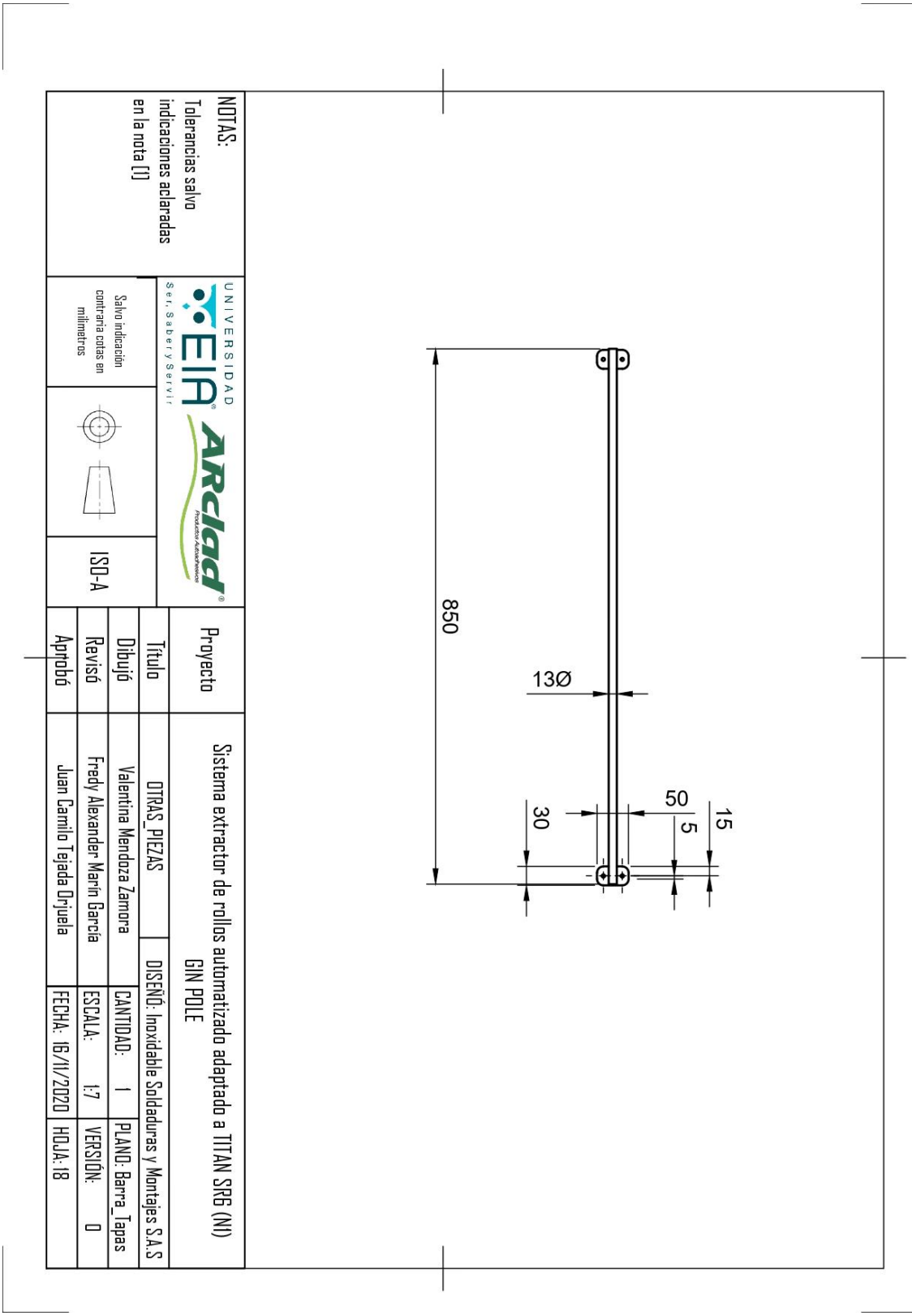
Parts List			
Item	Qty	Part Number	Material
1	1	Acople_Cilindro	Steel
2	1	Barra_tapas	Steel
3	1	Base_p2	Steel
4	1	Base_Puerta	Steel
5	1	Soporte_Giro	Steel

NOTAS: Tolerancias salvo indicaciones aclaradas en la nota [1]		Proyecto	Sistema extractor de rollos automatizado adaptado a TITAN SRG (N1) GIN POLE
UNIVERSIDAD EIA Ser, Saber y Servir / ARclad Productos Acondicionados		Título	OTRAS_PIEZASL
		Dibujó	Valentina Mendoza Zamora
		Revisó	Fredy Alexander Marín García
		Aprobó	Juan Camilo Tejada Orjuela
Salvo indicación contraria cotas en milímetros	ISO-A	DISEÑO: Inoxidable Soldaduras y Montajes S.A.S	
		CANTIDAD: 1	PLANO: OTRAS_PIEZAS
		ESCALA: 1:5	VERSIÓN: 0
		FECHA: 16/11/2020	HOJA: 16

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.



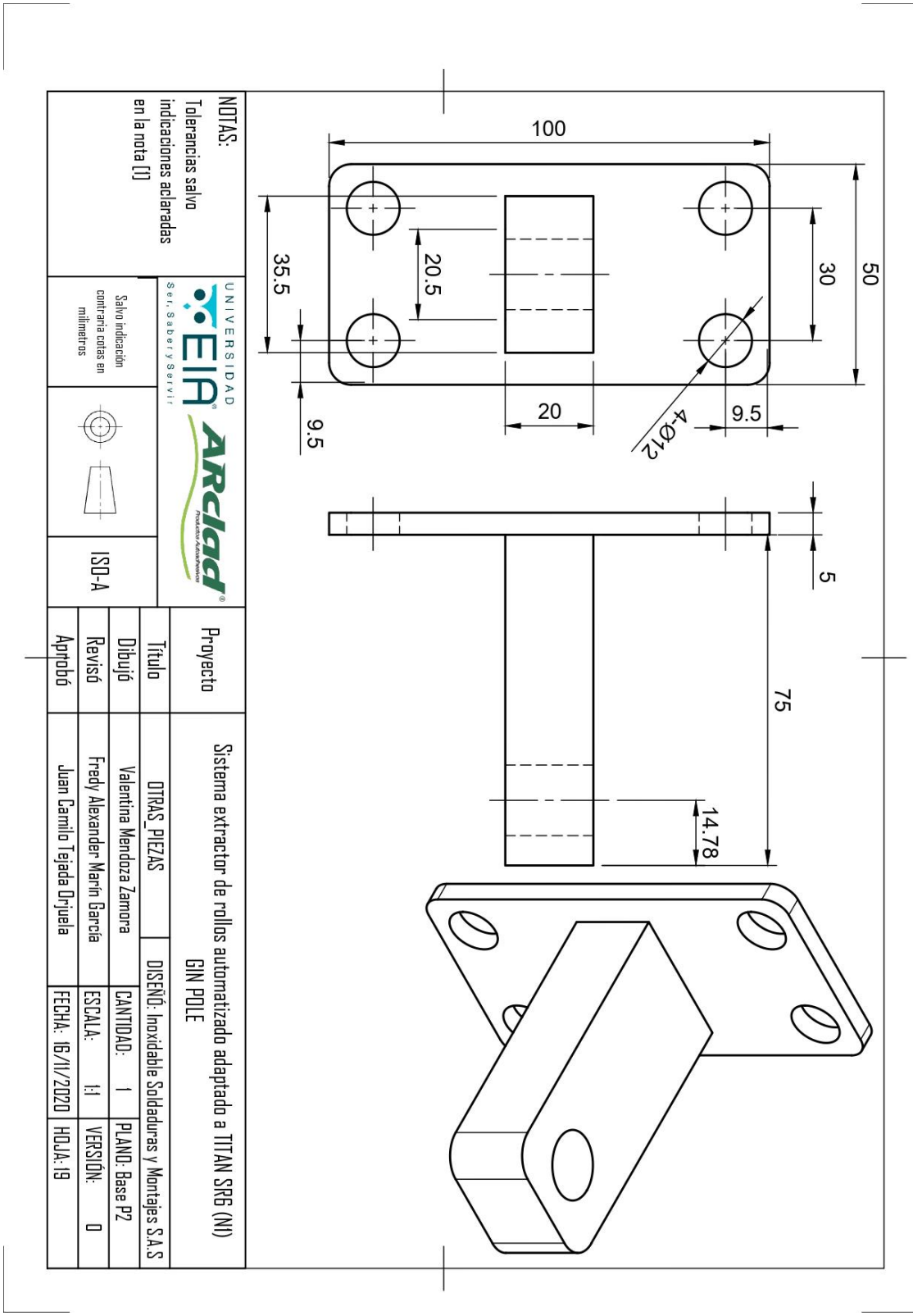
La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.



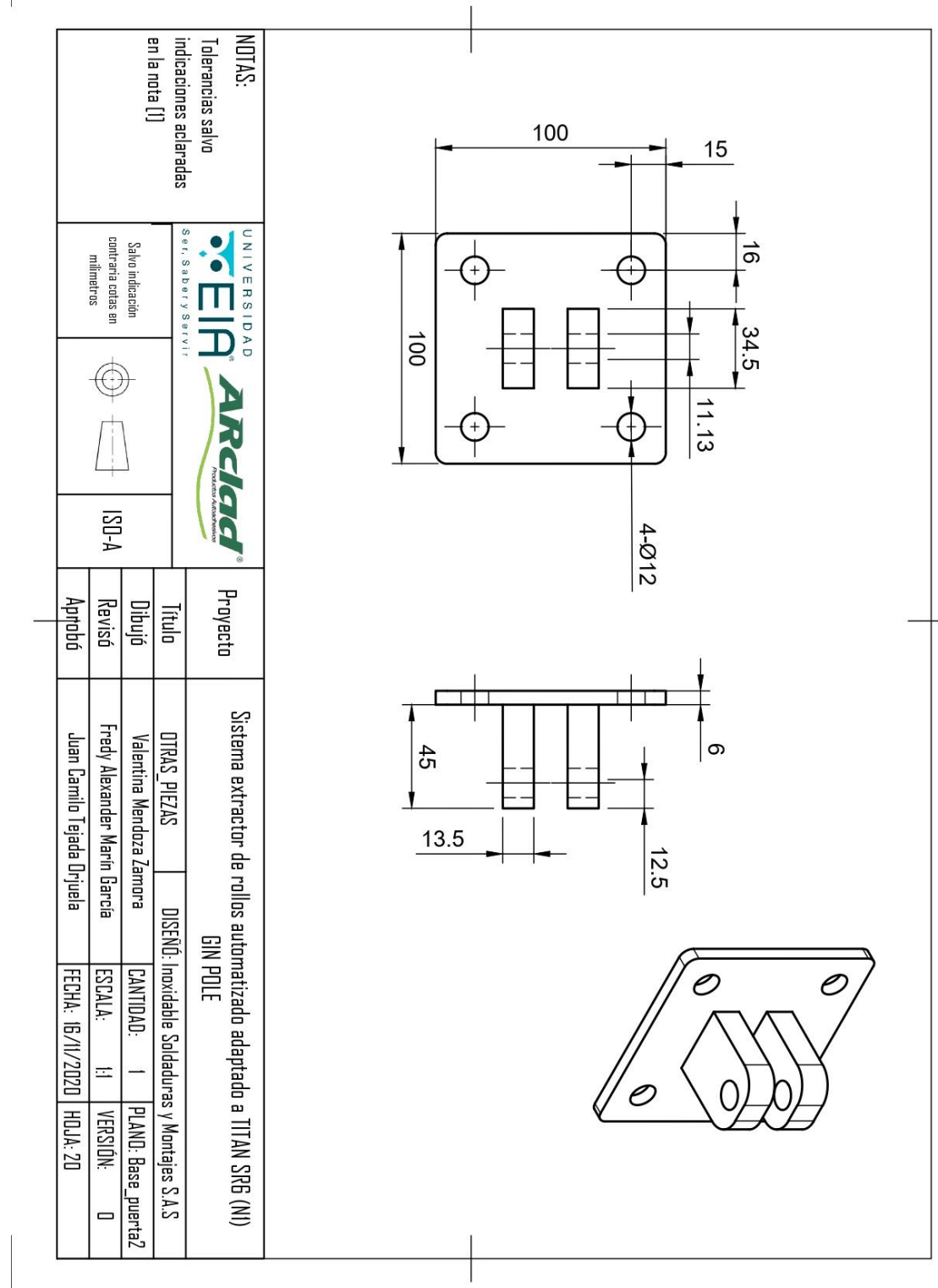
NOTAS: Tolerancias salvo indicaciones aclaradas en la nota [1]	UNIVERSIDAD EIA Ser, Saber y Servir / ARclad	Proyecto	Sistema extractor de rollos automatizado adaptado a TITAN SR6 (N1) GIN POLE
		Título	OTRAS_PIEZAS
		Dibujó	Valentina Mendoza Zamora
Salvo indicación contraria cotas en milímetros	ISO-A	Revisó	Fredy Alexander Marín García
		Aprobó	Juan Camilo Tejada Orjuela

DISEÑÓ: Inoxidable Soldaduras y Montajes S.A.S	
CANTIDAD: 1	PLANO: Barra_Tapas
ESCALA: 1:7	VERSIÓN: 0
FECHA: 16/11/2020	HOJA: 18

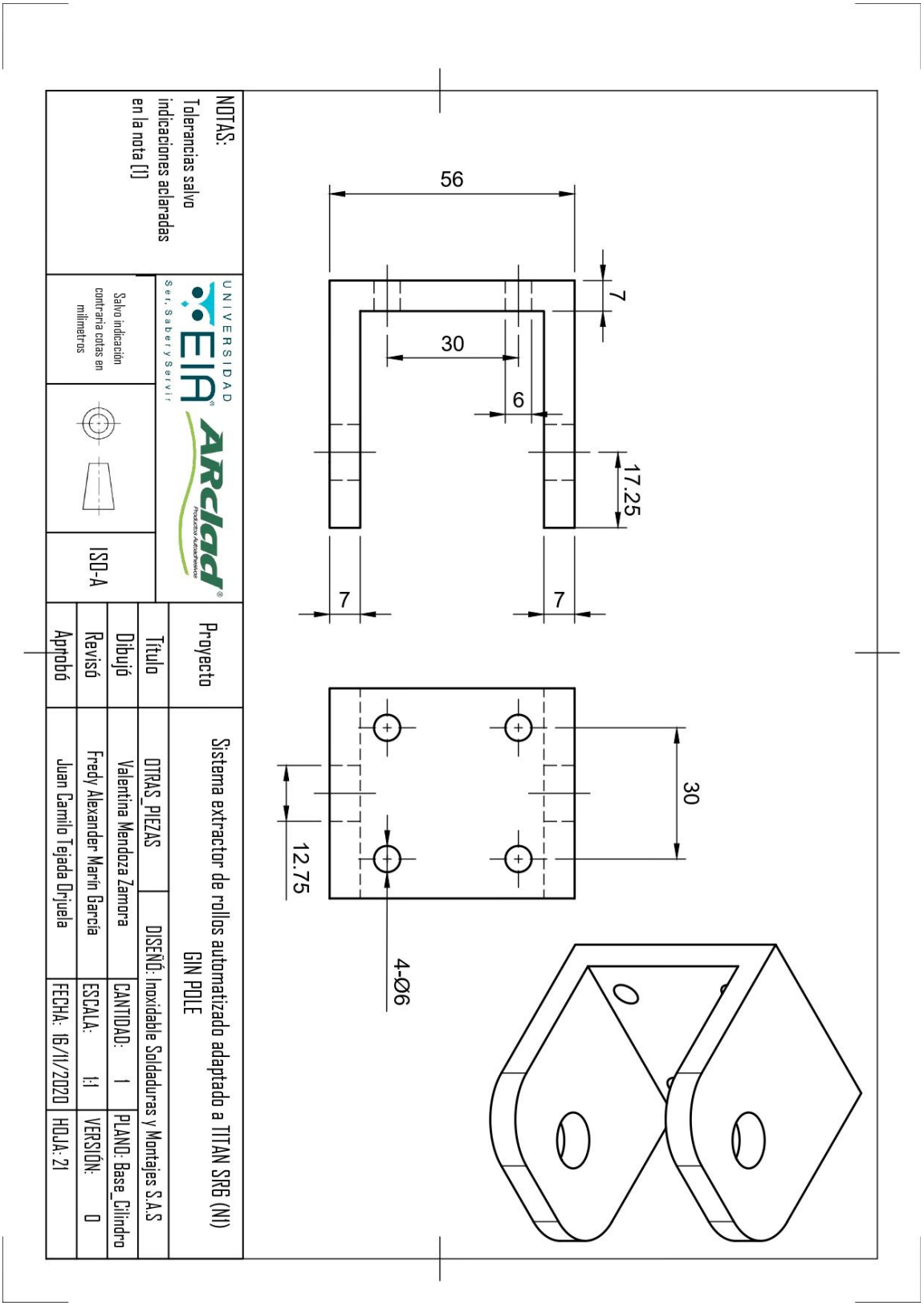
La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.



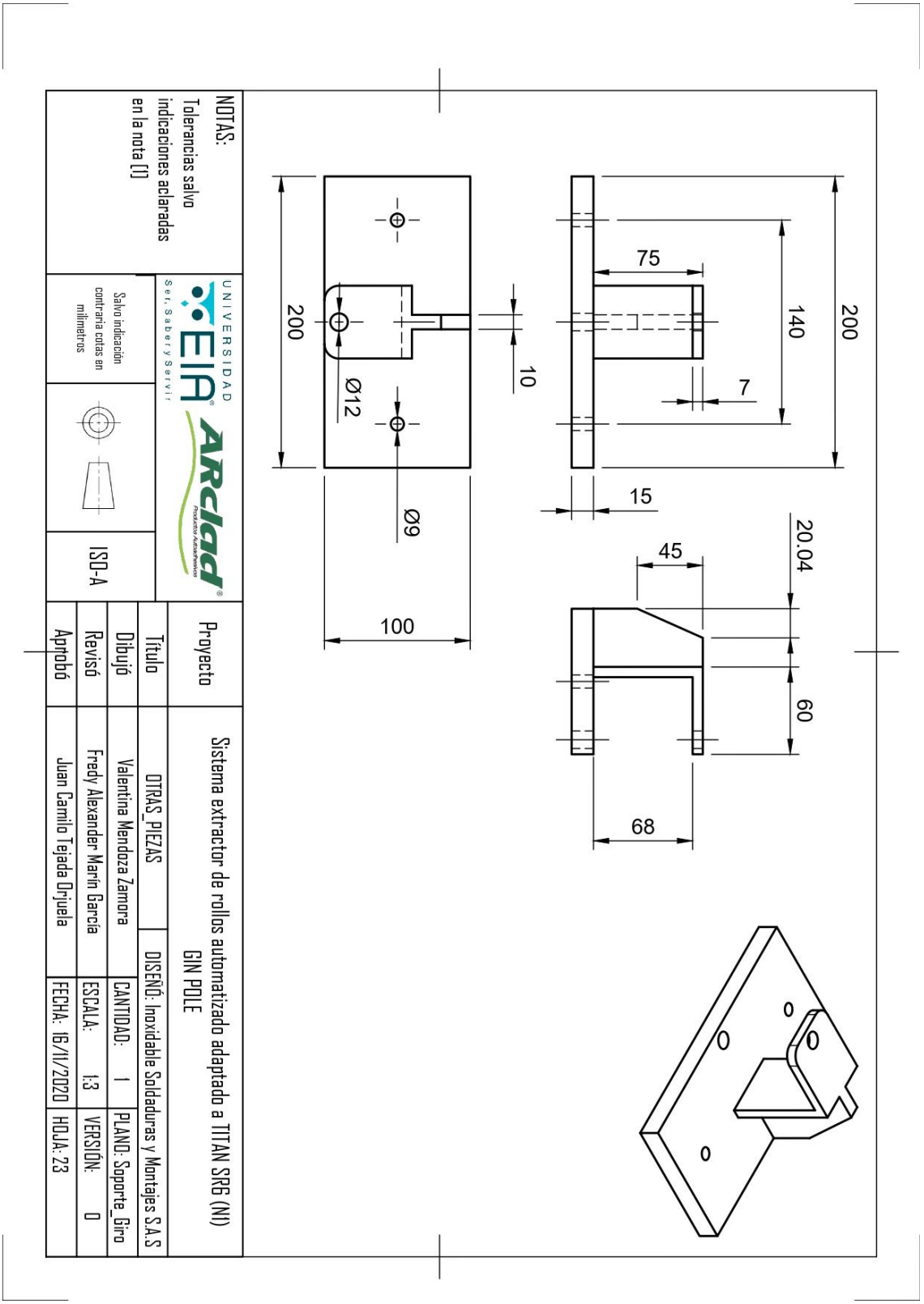
La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.



La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.



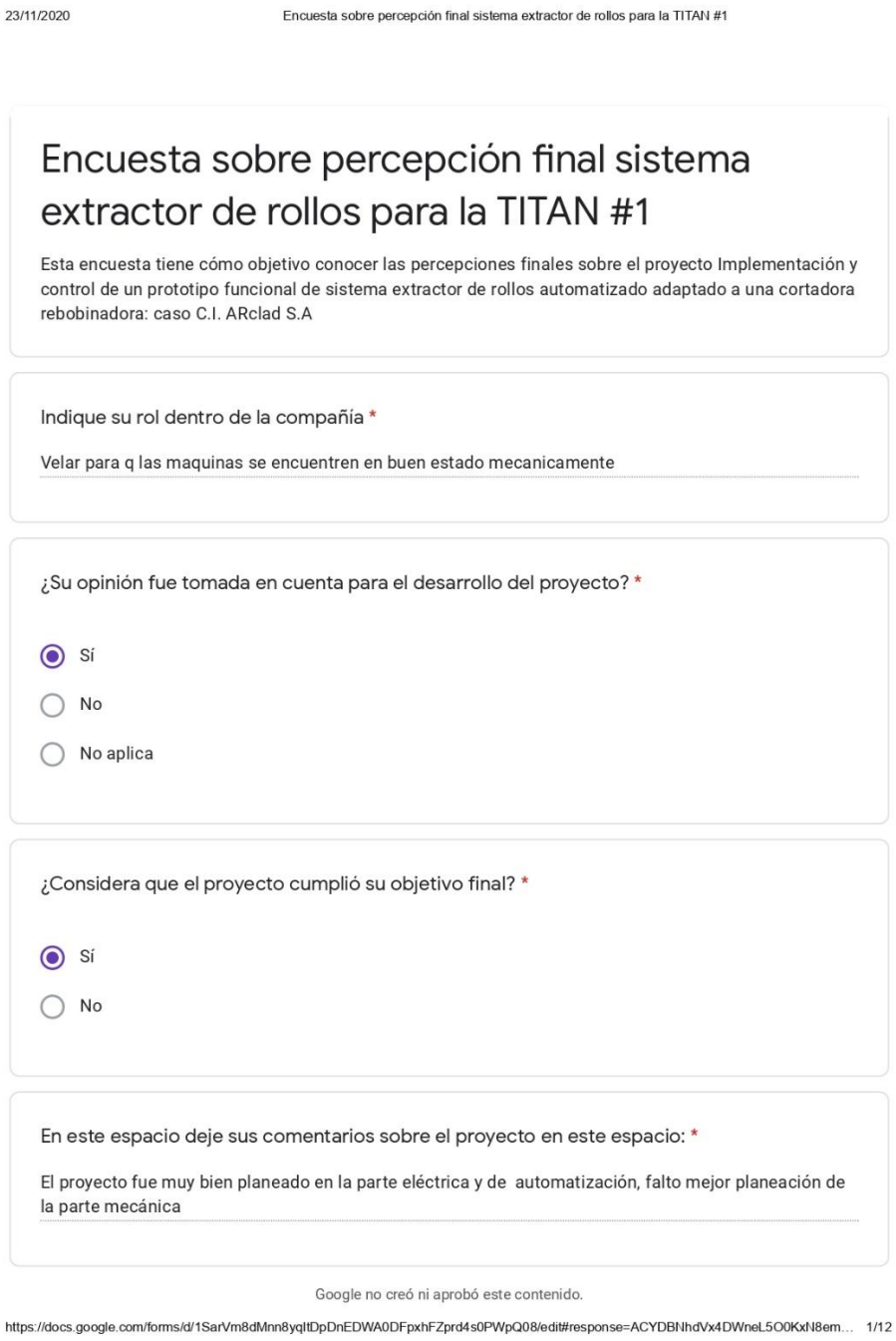
La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.



NOTAS: Tolerancias salvo indicaciones aclaradas en la nota [1]		Proyecto	Sistema extractor de rollos automatizado adaptado a TITAN SRG (N1) GIN POLE
		Título	OTRAS_PIEZAS / DISEÑO: Inoxidable Soldaduras y Montajes S.A.S
Salvo indicación contraria cotas en milímetros	UNIVERSIDAD EIA Ser. Saber y Servir	Dibujó	Valentina Mendoza Zamora / CANTIDAD: 1 / PLANO: Soporte_Giro
ISO-A	ARclad Productos Autoextinguibles	Revisó	Fredy Alexander Marín García / ESCALA: 1:3 / VERSIÓN: 0
		Aprobó	Juan Camilo Tejada Orjuela / FECHA: 16/11/2020 / HOJA: 23

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

ANEXO 5 – ENCUESTA FINAL DE PERCEPCIÓN



23/11/2020 Encuesta sobre percepción final sistema extractor de rollos para la TITAN #1

Encuesta sobre percepción final sistema extractor de rollos para la TITAN #1

Esta encuesta tiene cómo objetivo conocer las percepciones finales sobre el proyecto Implementación y control de un prototipo funcional de sistema extractor de rollos automatizado adaptado a una cortadora rebobinadora: caso C.I. ARclad S.A

Indique su rol dentro de la compañía *

Velar para q las maquinas se encuentren en buen estado mecanicamente

¿Su opinión fue tomada en cuenta para el desarrollo del proyecto? *

- (●) Sí
- ( ) No
- ( ) No aplica

¿Considera que el proyecto cumplió su objetivo final? *

- (●) Sí
- ( ) No

En este espacio deje sus comentarios sobre el proyecto en este espacio: *

El proyecto fue muy bien planeado en la parte eléctrica y de automatización, falto mejor planeación de la parte mecánica

Google no creó ni aprobó este contenido.

https://docs.google.com/forms/d/1SarVm8dMnn8yqItDpDnEDWA0DFpxhFZprd4s0PWpQ08/edit#response=ACYDBNhdVx4DWneL5O0KxN8em… 1/12

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Encuesta sobre percepción final sistema extractor de rollos para la TITAN #1

Esta encuesta tiene cómo objetivo conocer las percepciones finales sobre el proyecto Implementación y control de un prototipo funcional de sistema extractor de rollos automatizado adaptado a una cortadora rebobinadora: caso C.I. ARclad S.A

Indique su rol dentro de la compañía *

Auxiliar mecánico

¿Su opinión fue tomada en cuenta para el desarrollo del proyecto? *

- (●) Sí
- ( ) No
- ( ) No aplica

¿Considera que el proyecto cumplió su objetivo final? *

- (●) Sí
- ( ) No

En este espacio deje sus comentarios sobre el proyecto en este espacio: *

Se demora el proyecto por mejoramiento de la parte mecanica pero finaliza ok

Google no creó ni aprobó este contenido.

Google Formularios

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Encuesta sobre percepción final sistema extractor de rollos para la TITAN #1

Esta encuesta tiene cómo objetivo conocer las percepciones finales sobre el proyecto Implementación y control de un prototipo funcional de sistema extractor de rollos automatizado adaptado a una cortadora rebobinadora: caso C.I. ARclad S.A

Indique su rol dentro de la compañía *

Auxiliar eléctrico

¿Su opinión fue tomada en cuenta para el desarrollo del proyecto? *

- (●) Sí
- ( ) No
- ( ) No aplica

¿Considera que el proyecto cumplió su objetivo final? *

- (●) Sí
- ( ) No

En este espacio deje sus comentarios sobre el proyecto en este espacio: *

Bien planeado en su algoritmo

Google no creó ni aprobó este contenido.

Google Formularios

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Encuesta sobre percepción final sistema extractor de rollos para la TITAN #1

Esta encuesta tiene cómo objetivo conocer las percepciones finales sobre el proyecto Implementación y control de un prototipo funcional de sistema extractor de rollos automatizado adaptado a una cortadora rebobinadora: caso C.I. ARclad S.A

Indique su rol dentro de la compañía *

Mantenimiento eléctrico

¿Su opinión fue tomada en cuenta para el desarrollo del proyecto? *

- (●) Sí
- ( ) No
- ( ) No aplica

¿Considera que el proyecto cumplió su objetivo final? *

- (●) Sí
- ( ) No

En este espacio deje sus comentarios sobre el proyecto en este espacio: *

Es un proyecto de mejora que optimiza tiempos y genera condiciones favorables para la ergonomía de los colaboradores.

Google no creó ni aprobó este contenido.

Google Formularios

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Encuesta sobre percepción final sistema extractor de rollos para la TITAN #1

Esta encuesta tiene cómo objetivo conocer las percepciones finales sobre el proyecto Implementación y control de un prototipo funcional de sistema extractor de rollos automatizado adaptado a una cortadora rebobinadora: caso C.I. ARclad S.A

Indique su rol dentro de la compañía *

Operations de manufactura

¿Su opinión fue tomada en cuenta para el desarrollo del proyecto? *

- (●) Sí
- ( ) No
- ( ) No aplica

¿Considera que el proyecto cumplió su objetivo final? *

- (●) Sí
- ( ) No

En este espacio deje sus comentarios sobre el proyecto en este espacio: *

El proyecto fue muy bien y la ingeniera muy atenta a las observaciones

Google no creó ni aprobó este contenido.

Google Formularios

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Encuesta sobre percepción final sistema extractor de rollos para la TITAN #1

Esta encuesta tiene cómo objetivo conocer las percepciones finales sobre el proyecto Implementación y control de un prototipo funcional de sistema extractor de rollos automatizado adaptado a una cortadora rebobinadora: caso C.I. ARclad S.A

Indique su rol dentro de la compañía *

Asistente de manufactura

¿Su opinión fue tomada en cuenta para el desarrollo del proyecto? *

- (●) Sí
- ( ) No
- ( ) No aplica

¿Considera que el proyecto cumplió su objetivo final? *

- (●) Sí
- ( ) No

En este espacio deje sus comentarios sobre el proyecto en este espacio: *

El proyecto como tal esta sujeto de hacer algunos ajustes dependiendo del rendimiento que podamos obtener durante el proceso ya que debemos dar mas continuidad al desempeño del proyecto

Google no creó ni aprobó este contenido.

Google Formularios

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Encuesta sobre percepción final sistema extractor de rollos para la TITAN #1

Esta encuesta tiene cómo objetivo conocer las percepciones finales sobre el proyecto Implementación y control de un prototipo funcional de sistema extractor de rollos automatizado adaptado a una cortadora rebobinadora: caso C.I. ARclad S.A

Indique su rol dentro de la compañía *

Director de Mantenimiento

¿Su opinión fue tomada en cuenta para el desarrollo del proyecto? *

- (●) Sí
- ( ) No
- ( ) No aplica

¿Considera que el proyecto cumplió su objetivo final? *

- (●) Sí
- ( ) No

En este espacio deje sus comentarios sobre el proyecto en este espacio: *

Sistema q ayudara en la mejorar de la eficiencia en produccion de vinilos, reducira esfuerzos y mejorara la ergonomia de operacion.

Google no creó ni aprobó este contenido.

Google Formularios

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Encuesta sobre percepción final sistema extractor de rollos para la TITAN #1

Esta encuesta tiene cómo objetivo conocer las percepciones finales sobre el proyecto Implementación y control de un prototipo funcional de sistema extractor de rollos automatizado adaptado a una cortadora rebobinadora: caso C.I. ARclad S.A

Indique su rol dentro de la compañía *

Operario manufactura

¿Su opinión fue tomada en cuenta para el desarrollo del proyecto? *

- ○ Sí
- ◉ No
- ○ No aplica

¿Considera que el proyecto cumplió su objetivo final? *

- ◉ Sí
- ○ No

En este espacio deje sus comentarios sobre el proyecto en este espacio: *

Falta de tiempo y espacio para valentina poder ejecutar el proyecto. Me parece tambien que la gran difucultad para la ejecucion de este fue el tomarlo a la mitad del camino puesto que ya habia sido iniciado por otra persona

Google no creó ni aprobó este contenido.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Encuesta sobre percepción final sistema extractor de rollos para la TITAN #1

Esta encuesta tiene cómo objetivo conocer las percepciones finales sobre el proyecto Implementación y control de un prototipo funcional de sistema extractor de rollos automatizado adaptado a una cortadora rebobinadora: caso C.I. ARclad S.A

Indique su rol dentro de la compañía *

Gerente Manufactura

¿Su opinión fue tomada en cuenta para el desarrollo del proyecto? *

- (●) Sí
- ( ) No
- ( ) No aplica

¿Considera que el proyecto cumplió su objetivo final? *

- (●) Sí
- ( ) No

En este espacio deje sus comentarios sobre el proyecto en este espacio: *

Proyecto desarrollado para impactar productividad y ergonomia en el puesto de trabajo

Google no creó ni aprobó este contenido.

Google Formularios

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.