

UNIVERSIDAD LATINA DE COSTA RICA

**FACULTA DE INGENIERÍAS Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y
COMUNICACIÓN TIC's**

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y MECÁNICA
LICENCIATURA EN INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA**

**Trabajo Final de Graduación para optar por el título de Licenciatura de
Ingeniería electromecánica:**

**Diseño, planeamiento, montaje y puesta en marcha de un brazo descargador
de llantas en la armadora KBN #1, de la empresa Bridgestone de Costa Rica.**

Autores:

Andrey Santiago Cabalceta Chacón

Rolando Umaña Villatoro

Heredia, Costa Rica

Agosto 2022



TRIBUNAL EXAMINADOR

Este proyecto titulado: Diseño, planeamiento, montaje y puesta en marcha de un brazo descargador de llantas en la armadora KBN #1, de la empresa Bridgestone de Costa Rica, por el estudiante: Andrey Santiago Cabalceta Chacon & Rolando Umaña Villatoro, fue aprobada por el Tribunal Examinador de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Latina de Costa Rica, Sede Heredia, como requisito para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Electromecánica:

Ing. Rodolfo Enrique Mora Angulo

Tutor

Ing. Luis Andres Brenas Oses

Lector

Ing. Vittorio Andrés Vesco Ortega

Representante

Heredia, 31 de agosto de 2022

Sres.

Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación

SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: Diseño, planeamiento, montaje y puesta en marcha de un brazo descargador de llantas en la armadora KBN #1, de la empresa Bridgestone de Costa Rica, elaborado por el estudiante Andrey Santiago Cabalceta Chacon & Rolando Umaña Villatoro puedan optar por Licenciatura en Ingeniería Electromecánica

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente,



Ing. Rodolfo Enrique Mora Angulo

Tutor

Heredia, 31 de agosto de 2022

Sres.

Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación

SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: Diseño, planeamiento, montaje y puesta en marcha de un brazo descargador de llantas en la armadora KBN #1, de la empresa Bridgestone de Costa Rica, elaborado por el estudiante Andrey Santiago Cabalceta Chacon & Rolando Umaña Villatoro puedan optar por Licenciatura en Ingeniería Electromecánica

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente,



Ing. Luis Andres Brenes Oses

Lector

Carta de aprobación Filólogo

Alajuela, 05 de setiembre de 2022.

Señores.
Escuela de Ingeniería Eléctrica y Mecánica.
Universidad Latina de Costa Rica.
Heredia, Costa Rica .

Estimados señores:

Por medio de la presente hago constar que Andrey Santiago Cabalceta Chacón, cédula: 206850395 y el señor Rolando Umaña Villatoro, cédula 122200462431, personas estudiantes de la Universidad Latina de Costa Rica , han presentado para la revisión de estilo la tesis denominada “ Diseño, planeamiento, montaje y puesta en marcha de un brazo descargador de llantas en la armadora KBN #1, de la empresa Bridgestone de Costa Rica”

He revisado y corregido los aspectos referentes a estructura gramatical, acentuación, ortografía, puntuación, vicio de estilo y dicción que se trasladan al escrito y he comprobado que se han incorporado las correcciones a dicho documento.

Por lo tanto, hago constar que este documento se encuentra listo en cuanto a la forma, para ser presentado a la Universidad Latina de Costa Rica, como Trabajo Final de Graduación.

Atentamente,



Licenciada.

Jency Benavides Portuguez.

Cédula 108620215.

Teléfonos: 8523 5194.

Correo: jenliteratura@gmail.com

Carnet N° 21215 del Colegio de Licenciados y Profesores en Letras, Filosofía y Artes.

Carnet N° 335 de la Asociación Costarricense de Filólogos.

Licda. Jency Benavides Portuguez
Carné: 21215
COLYPRO



Declaración Jurada

Yo, Andrey Santiago Cabalceta Chacon y Rolando Umaña Villatoro estudiante de la Universidad Latina de Costa Rica, declaro bajo la fe de juramento y consciente de las responsabilidades penales de este acto, que soy el Autor Intelectual del Proyecto de Graduación, titulado:

Diseño, planeamiento, montaje y puesta en marcha de un brazo descargador de llantas en la armadora * KBN #1, de la empresa Bridgestone de Costa Rica.

Por lo que libero a la Universidad de cualquier responsabilidad en caso de que mi declaración sea falsa.

Firmo en Alajuel, 1 de septiembre de 2022



Andrey Santiago Cabalceta Chacon

Rolando Umaña Villatoro

Licencia De Distribución No Exclusiva (carta de la persona autora para uso didáctico)

Universidad Latina de Costa Rica

Yo (Nosotros): Andrey Santiago Cabalceta Chacon y Rolando Umaña Villatoro

De la Carrera / Programa: Ingeniería electromecánica

Modalidad de TFG: Proyecto de graduación

Titulado: Diseño, planeamiento, montaje y puesta en marcha de un brazo descargador de llantas en la armadora KBN #1, de la empresa Bridgestone de Costa Rica.

Al firmar y enviar esta licencia, usted, el autor (es) y/o propietario (en adelante el “**AUTOR**”), declara lo siguiente: **PRIMERO:** Ser titular de todos los derechos patrimoniales de autor, o contar con todas las autorizaciones pertinentes de los titulares de los derechos patrimoniales de autor, en su caso, necesarias para la cesión del trabajo original del presente TFG (en adelante la “**OBRA**”). **SEGUNDO:** El **AUTOR** autoriza y cede a favor de la **UNIVERSIDAD U LATINA S.R.L.** con cédula jurídica número 3-102-177510 (en adelante la “**UNIVERSIDAD**”), quien adquiere la totalidad de los derechos patrimoniales de la **OBRA** necesarios para usar y reusar, publicar y republicar y modificar o alterar la **OBRA** con el propósito de divulgar de manera digital, de forma perpetua en la comunidad universitaria. **TERCERO:** El **AUTOR** acepta que la cesión se realiza a título gratuito, por lo que la **UNIVERSIDAD** no deberá abonar al autor retribución económica y/o patrimonial de ninguna especie. **CUARTO:** El **AUTOR** garantiza la originalidad de la **OBRA**, así como el hecho de que goza de la libre disponibilidad de los derechos que cede. En caso de impugnación de los derechos autorales o reclamaciones instadas por terceros relacionadas con el contenido o la autoría de la **OBRA**, la responsabilidad que pudiera derivarse será exclusivamente de cargo del **AUTOR** y este garantiza mantener indemne a la **UNIVERSIDAD** ante cualquier reclamo de algún tercero. **QUINTO:** El **AUTOR** se compromete a guardar confidencialidad sobre los alcances de la presente cesión, incluyendo todos aquellos temas que sean de orden meramente institucional o de organización interna de la **UNIVERSIDAD** **SEXTO:** La presente autorización y cesión se regirá por las leyes de la República de Costa Rica. Todas las controversias, diferencias, disputas o reclamos que pudieran derivarse de la presente cesión y la materia a la que este se refiere, su ejecución, incumplimiento, liquidación, interpretación o validez, se resolverán por medio de los Tribunales de Justicia de la República de Costa Rica, a cuyas normas se someten el **AUTOR** y la **UNIVERSIDAD**, en forma voluntaria e incondicional. **SÉPTIMO:** El **AUTOR** acepta que la **UNIVERSIDAD**, no se hace responsable del uso, reproducciones, venta y distribuciones de todo tipo de fotografías, audios, imágenes, grabaciones, o cualquier otro tipo de

presentación relacionado con la OBRA, y el AUTOR, está consciente de que no recibirá ningún tipo de compensación económica por parte de la UNIVERSIDAD, por lo que el AUTOR haya realizado antes de la firma de la presente autorización y cesión. **OCTAVO:** El AUTOR concede a UNIVERSIDAD, el derecho no exclusivo de reproducción, traducción y/o distribuir su envío (incluyendo el resumen) en todo el mundo en formato impreso y electrónico y en cualquier medio, incluyendo, pero no limitado a audio o video. El AUTOR acepta que UNIVERSIDAD, puede, sin cambiar el contenido, traducir la OBRA a cualquier lenguaje, medio o formato con fines de conservación. **NOVENO:** El AUTOR acepta que UNIVERSIDAD puede conservar más de una copia de este envío de la OBRA por fines de seguridad, respaldo y preservación. El AUTOR declara que el envío de la OBRA es su trabajo original y que tiene el derecho a otorgar los derechos contenidos en esta licencia. **DÉCIMO:** El AUTOR manifiesta que la OBRA y/o trabajo original no infringe derechos de autor de cualquier persona. Si el envío de la OBRA contiene material del que no posee los derechos de autor, el AUTOR declara que ha obtenido el permiso irrestricto del propietario de los derechos de autor para otorgar a UNIVERSIDAD los derechos requeridos por esta licencia, y que dicho material de propiedad de terceros está claramente identificado y reconocido dentro del texto o contenido de la presentación. Asimismo, el AUTOR autoriza a que en caso de que no sea posible, en algunos casos la UNIVERSIDAD utiliza la OBRA sin incluir algunos o todos los derechos morales de autor de esta. **SI AL ENVÍO DE LA OBRA SE BASA EN UN TRABAJO QUE HA SIDO PATROCINADO O APOYADO POR UNA AGENCIA U ORGANIZACIÓN QUE NO SEA UNIVERSIDAD U LATINA, S.R.L., EL AUTOR DECLARA QUE HA CUMPLIDO CUALQUIER DERECHO DE REVISIÓN U OTRAS OBLIGACIONES REQUERIDAS POR DICHO CONTRATO O ACUERDO.** La presente autorización se extiende el día 01 de Setiembre de 2022 a las 17:00

Firma del estudiante(s):

Two handwritten signatures in blue ink. The first signature is on the left and the second is on the right, both appearing to be stylized and illegible.

Introducción

El presente proyecto está enfocado en solventar una situación tanto a nivel productivo como a nivel de ergonomía de los operarios de la línea de producción: Armadora KBN #1, quienes están haciendo esfuerzos adicionales que pueden evitarse y con lo ello mejorar las condiciones de salud ocupacional del personal en cuestión.

El proyecto se basa en el diseño, planeamiento, montaje y puesta en marcha de un brazo descargador, el cual hará el ciclo de descarga de llanta verde de manera automatizada, con lo cual se busca aumentar la productividad de la máquina en un 5%, y a la vez reducir los riesgos de ergonomía por parte de los operadores de máquina de la línea. Con lo anterior, se debe realizar también la debida actualización tanto eléctrica, mecánica y de control, que permita la integración del sistema automatizado, el cual se encuentra en la armadora KBN#1 de la empresa Bridgestone de Costa Rica.

Dicho proyecto conlleva el diseño, planeamiento, montaje y puesta en marcha de la mejora propuesta de mejora en la máquina, así como su mantenimiento preventivo para garantizar el correcto funcionamiento una vez que la máquina entre nuevamente a su producción habitual.

También involucra la elaboración de los planos eléctricos, planos mecánicos, estándares de mantenimientos, repuestos y apertura de códigos nuevos en bodega, análisis de seguridad, así como un resumen de costos e inversión del proyecto para que este salga según lo planeado.

Índice general

Introducción	9
Índice general.....	10
Índice de tablas	12
Índice de figuras	13
CAPÍTULO I	15
1.1 Síntoma.....	16
1.2. Causas.....	17
1.3. Pronóstico	18
1.4. Control al pronóstico.....	18
1.5. Formulación del problema.....	19
1.6. Sistematización del problema.....	19
1.7. Objetivo General.....	24
1.8. Objetivos Específicos.....	24
1.9. Estado actual de la investigación.....	24
1.10. Metodológica.....	25
1.10.1 Tipo de investigación.....	25
CAPÍTULO II	26
2. MARCO TEÓRICO.....	27
2.1. Marco Situacional.....	27
2.2. Antecedentes Históricos de la empresa.....	27
2.3. Misión de la empresa.....	29
2.4. Visión de la empresa.....	29
2.5. Ubicación espacial.....	30
2.6. Organigrama.....	31
2.7. Marco Conceptual o Marco Teórico del Objeto de Estudio.....	32
2.8. Hipótesis.....	65
2.9. Limitaciones	65
2.10. Alcances.....	66
CAPÍTULO III	68

3. DESARROLLO	69
3.1 Necesidad de la empresa.	69
3.4.2 Cálculo del retorno de inversión	70
3.2 Análisis de riesgos de seguridad del proyecto	72
3.3 Cronograma de trabajo	74
3.4. Elaboración de la memoria de cálculo	76
3.4.1 Cálculos del servomotor.....	76
3.4.3 Elaboración de la programación del PLC.....	83
3.4.4 Elaboración de planos eléctricos del brazo descargador	98
3.5 Simbología eléctrica	98
3.5.1 Panel de control del Brazo descargador	99
3.5.2 Lista de equipos del brazo descargador	104
3.5.3 Controles para análisis de trabajo, avisos y costos de repuestos	106
3.6 Lista de repuestos del brazo descargador.....	111
3.7 Proceso de montaje del proyecto	113
3.8 Resultado final del sistema de descarga de la línea de producción KBN1	116
3.9 Grafica de mejora en el rendimiento de la máquina	120
3.10 Rendimiento de las máquinas KBNS de enero a agosto del 2022.....	121
3.11 Desglose de presupuesto del Proyecto Brazo descargador KBN#1	122
CONCLUSIONES	123
RECOMENDACIONES	124
BIBLIOGRAFÍA.....	126
GLOSARIO	127
ANEXOS	129

Índice de tablas

Tabla 1. Tabla de partes de paneles eléctricos.....	129
Tabla 2. Codificación de colores para el cable.....	130

Índice de figuras

Figura 1	30
Figura 2	31
Figura 3	37
Figura 4	38
Figura 5	39
Figura 6	40
Figura 7	41
Figura 8	42
Figura 9	44
Figura 10	45
Figura 11	46
Figura 12	49
Figura 13	50
Figura 14	51
Figura 15	52
Figura 16	55
Figura 17	57
Figura 18	58
Figura 19	59
Figura 20	60
Figura 21	61
Figura 22	62
Figura 23	63
Figura 24	71
Figura 25	73
Figura 26	75
Figura 27	78
Figura 28	79
Figura 29	80
Figura 30. Posiciones del motor	81
Figura 31 . Servodrives de control	82
Figura 32	83
Figura 33. Pantalla operativa #1	84
Figura 34	85
Figura 35	86
Figura 36	87
Figura 37	88
Figura 38	89
Figura 39	90
	13

Figura 40.....	91
Figura 41.....	92
Figura 42.....	93
Figura 43.....	94
Figura 44.....	95
Figura 45.....	96
Figura 46.....	97
Figura 47.....	98
Figura 48.....	99
Figura 49.....	100
Figura 50.....	101
Figura 51.....	101
Figura 52.....	104
Figura 53.....	104
Figura 54. Productividad KBN#1: enero-agosto 2022.....	120
Figura 55. Rendimiento KBN#1: enero-agosto 2022.....	121
Figura 56.....	110
Figura 57.....	111
Figura 58.....	113
Figura 59.....	113
Figura 60.....	114
Figura 61.....	115
Figura 62.....	116
Figura 63.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 64.....	117
Figura 65.....	118
Figura 66.....	119
Figura 67.....	131
Figura 68.....	132

CAPÍTULO I

1.1 Síntoma.

Este proyecto nace por una necesidad de ergonomía para los operadores en el proceso de descarga de llantas de medidas de aro 16-17-18 ya que estas pesan alrededor de los 30 kg lo cual en un día normal de producción se deben de alzar alrededor de 400 llantas por turno, esto provoca un desgaste ergonómico por parte del personal. Además, se busca la mejora para que, en las armadoras de llanta, que corresponde al modelo "KBN" se puedan acumular llantas en los servidores verticales y que sean más fáciles de movilizar y almacenar, en relación con las carretas que se usan en la actualidad. Otra necesidad que se busca es poder aumentar la producción promedio diaria en un 5% con respecto a la producción actual, pasando de un promedio de 385 llantas diarias a 405 llantas por día laborado.

Desde inicios del 2022 hasta el día de hoy, en la empresa Bridgestone de Costa Rica, propiamente en el área de descarga de llantas de aro 16, 17 y 18, los operadores han venido presentando molestias musculares y fatiga física, producidas por la gran cantidad de llantas que deben alzar al día para poderlas trasladar desde la máquina de fabricación hasta la máquina de ensamblado. La mayoría de los operarios manifiestan sentir dolencias leves en los brazos, hombros y a nivel de la espalda, lo cual tiene muy preocupados a los encargados de esta área, primero por la salud de la persona y segundo porque al incapacitarse uno de los operarios la producción se ve disminuida.

Por otra parte, en las armadoras del modelo KBN de la empresa, actualmente lo que se usan son carretas para la movilización de las llantas terminadas, esto ocasiona que el proceso sea más lento y menos eficiente, y por ende se vea reflejado en los ingresos económicos, de la empresa. De esta manera, se evidencia la necesidad de un abordaje integral que permita una mejora evidente en el proceso.

1.2. Causas.

La problemática de ergonomía en el personal se presenta por la gran cantidad de llantas que deben alzar en un turno normal de trabajo las cuales rondan las 400 unidades y cada una con un peso aproximado de 30 Kg, por lo que al finalizar su jornada de trabajo la persona habría levantado una carga discontinua de 12 Toneladas.

Lo que respecta a la armadora luego de algunos análisis realizados por parte de mantenimiento, ingeniería de proyectos y el personal de seguridad ocupacional, se ha detectado que la máquina podría mejorar tanto a nivel tecnológico, productivo como de seguridad y ergonomía, mejorando significativamente las condiciones actuales que se tienen en planta.

Gracias a esos análisis se logró determinar lo siguiente:

1. No se cuenta con un sistema automatizado que permita hacer todo el ciclo automático de descarga.
2. El sistema que actualmente está en la máquina se está descontinuado tecnológicamente.
3. No se pueden obtener nuevas medidas de llanta con respecto a las medidas que anteriormente se armaban en máquina.
4. Molestias ergonómicas por parte de los operadores de la máquina.
5. Necesidad de nuevas tecnologías en la planta que permitan automatizar los sistemas.

1.3. Pronóstico

El no resolver el problema que actualmente se tiene en máquina, podría conllevar a tener posibles consecuencias en el funcionamiento de la máquina los cuales se mencionan a continuación

1. La productividad de la máquina no se incrementaría en lo que previamente se ha planteado
2. Molestias ergonómicas por parte de los operadores de máquina
3. Problemas en averías mecánicas y eléctricas ya que los equipos están discontinuados
4. Aumento en las demoras de máquina
5. Renuncia o sanciones disciplinarias para la empresa al no cuidar la ergonomía del personal de planta
6. Problema con la productividad de medidas de aro 16, 17, 18 ya que al ser medidas muy grandes afecta el manejo operativo de la máquina

1.4. Control al pronóstico.

Lo primero que se debe realizar es Mejorar la ergonomía para los operadores en el proceso de descarga de llantas de medidas de aro 16-17-18. Esto presupone un impacto social en la salud de las personas colaboradoras y el bienestar de sus familias y para la misma empresa.

Lo segundo es mejorar y actualizar la parte tecnológica de la máquina, como lo son tarjetas electrónicas, software, etc., y por otra parte reemplazar todos aquellos componentes mecánicos que estén dañados, así como adicionarle partes nuevas que ayuden a incrementar la producción.

1.5. Formulación del problema.

En la actualidad, las condiciones ergonómicas de los trabajadores que se encargan de la descarga de las llantas a la salida de la máquina no son las más adecuadas. Esto se debe a que las mismas pesan alrededor de los 30 kg; lo cual hace que en un día normal de producción, se deben cargar por cuenta propia de los operarios, alrededor de 400 llantas por turno.

Por otra parte, también se requiere aumentar la producción diaria en un 5% con respecto a la producción actual, pasando de un promedio de 425 llantas diarias a 420 llantas por día laborado.

1.6. Sistematización del problema.

Hay que considerar que se debe traer toda la estructura y componentes desde el lugar donde están almacenada (Bodega de Proyectos, Patio hasta el lugar donde será instalada.

Se requiere el mantenimiento preventivo de brazo descargador antes de realizar el montaje, esto incluye: balineras, soportes, bases, muñoneras, ejes, guías, sujetadores, fijación de elementos a árboles, transmisiones, reductores, sistemas neumáticos, cobertores, etc.

-Resocar tornillería: Se debe resocar todos los tornillos que presente la parte mecánica del equipo, entiéndase todo y cada uno de los elementos, Una vez que se realice el resoque de cada tornillo se procede con la marcación de estos. Se debe completar la lista de actividades de la tornillería resocada.

- Cambio de mangueras del sistema neumático: Se requiere el cambio de las mangueras del sistema neumático, el sistema debe funcionar sin fugas ni pérdidas. Revisar, reparar o cambiar válvulas, pistones, etc.

- Sistemas de transmisión de potencia: Se debe revisar el estado de los sistemas, reparar de ser necesario, reparar piezas desgastadas o cambiarlas. Revisar estado de nivel de aceite de los reductores.

- Rodamientos, Guías y balinereas: Se debe revisar estado de los rodamientos cambiar si es necesario, modificar si no se encuentran un repuesto idéntico, igual con las balineras, guías y bujes.

- Lubricación de los sistemas: Se debe lubricar los componentes del sistema, esto contempla reductores, acople, transmisiones, sistema neumático, guías, rodamientos, etc.

- Eliminar óxido de metales y aceros, reparar desgastes.

-Instalación de Sistema

- El contratista debe tomar medidas y verificar los planos y trazos suministrados por Bridgestone antes de iniciar el trabajo.

- Se debe realizar el trazo a la nueva ubicación del brazo descargador en su nueva posición, se debe trazar las veces que sea necesario. Una vez marcado el trazo con pintura, se procederá a la revisión y aprobación. Con la aprobación de Ingeniería se podrá realizar la instalación de la máquina. Dentro del alcance de este trabajo se debe contemplar la instalación de los equipos auxiliares.

-Demoler la estructura del brazo actual de la armadora, del modelo KBN11, las bases, apoyos, pernos de sujeción en el concreto, conveyer de descarga. Es sumamente importante que el contratista mecánico coordine con el contratista encargado de la obra eléctrica para evitar cualquier circunstancia inesperada en la desconexión de los equipos y cuidado que debe llevar los mismos. De igual manera es preferible mantener el cuidado necesario de los equipos que se deben volver a usar.

-Para el montaje de las bases se debe contemplar la necesidad de adaptar placas para lograr alcanzar las alturas necesarias, nivelaciones y paralelismo del sistema como tal, se requieren al menos 4 placas de 25.4mm de espesor de 205mm x

600mm, además de contemplar calzas de menor tamaño y espesores menores para darle un acabado final al afinamiento del sistema.

-Toda la estructura debe ser pintada y no debe presentar óxido, incluir la soldadura.

-Realizar el montaje de la estructura, sistemas mecánicos, transmisiones, sistemas neumáticos, guías, cobertores, y sistemas auxiliares de acuerdo con el trazado inicial de la máquina. Se debe comenzar por las bases verticales, procediendo con los cuidados necesarios cuando sean insertadas en las máquinas, luego el soporte horizontal, seguidamente de sistema como tal del brazo, este sistema debe quedar centrado con precisión de acuerdo con el eje del TAM99 para garantizar el correcto funcionamiento de la máquina, de ser necesario se debe ajustar hasta lograr la precisión del centro de las uñas del brazo con el centro de eje del TAM 99 y Transferidor de llanta verde. Garantizar el buen funcionamiento. -Anclar bases con spánder de 3/4" epóxico.

-Modificación de las tuberías de aire comprimido para la correcta instalación de las bases del sistema.

-Realizar el montaje, alineación y paralelismo de las guías de los carros y el sistema que inserta y retira carritos de la máquina, además de todos los componentes que vienen con el sistema, garantizar el buen funcionamiento.

- Instalar las tuberías de aire comprimido necesarias para alimentar los puntos de consumo del brazo descargador. No se permite el uso de tubería menor a 1" de diámetro. En cada derivación y punto de alimentación se debe colocar una válvula de bola con punto de bloqueo fabricadas con cuerpo de bronce y bola de acero inoxidable similar al modelo T-FP-600A-LF-LL de Nibco.

-Fabricación e instalación de estructura que proteja de una eventual caída del brazo en la zona del paso del operador hacia los servidores lado 99. Instalación incluida. Ver en sitio.

-Fabricación e instalación de las 9 bases de cortinas de seguridad que se instalaran en el sistema, tomar como referencia las de los módulos M1J, M1I, KBN9 o KBKAI. Instalación incluida.

-Fabricación e instalación de guías adicionales de salida al sistema que mueve los carritos con angular de 4" y espesor de ¼", anclada cada metro con placas de 16"x4" espesor de 3/8" (longitud aproximada de carril añadido de 12m).

-Fabricación e Instalación de estructura para accesos al brazo "mezanine", debe contemplar escalera según las normas de seguridad de Bridgestone y mantener el estándar. El contratista se puede apoyar en la estructura montada en la KBN9 o KBN10.

-Debe ayudar al contratista encargado de la obra eléctrica en el montaje del gabinete eléctrico en el mezanine donde se encuentran los demás gabinetes.

-Fabricación e Instalación de guías de las llantas de los carritos en angular 4" de 3/8" de espesor como en la KBN9. Longitud aproximada de 1 m.

-Fabricación e instalación de los cobertores laterales que eviten el acceso a la zona de descarga del brazo. En jordomex con marco de angula de 1" espesor de 1/8", marco de 1.5m x 1.5m.

-Fabricación de base vertical para instalar fotoceldas que determinen llenado de carritos. En viga C 4".

-Reubicación de las bases para almacenamiento de shelles u otros materiales a usar o transportes de materiales.

-Demarcar con pintura las zonas donde ingeniería de Bridgestone indique la ubicación de carritos llenos o vacíos.

-Materiales desconocidos: No se utilizarán materiales de especificación desconocida.

-Responsabilidad de la soldadura: Cada empleador es responsable por la soldadura a realizar por el personal de su organización y dirigirá las pruebas requeridas para calificar el procedimiento de soldadura.

-Las soldaduras realizadas en la estructura deben de tener un buen acabado superficial y no se aceptarán aquellas que tengan imperfecciones: Grietas, Falta de fusión, Penetración incompleta, Corte bajo, Superficie porosa o inclusión de escoria expuesta, etc.

-Recubrimiento: Se debe cumplir con el siguiente procedimiento para la preparación de la superficie y aplicación de recubrimiento en todas las partes de acero al carbón y acero estructural que conforman el proyecto.

La superficie debe prepararse debidamente para la aplicación de pintura.

El Contratista debe asegurarse que la superficie se encuentre libre de grasa y polvo antes de la aplicación de la pintura. El metal debe llevarse a condición de metal blanco antes de aplicar la base. Se debe aplicar una mano de Cromato de Zinc y una mano de Minio Rojo como base antes de aplicar la pintura anticorrosiva de acabado a dos manos. Se debe dejar registro del procedimiento. Para esto, el Contratista enviará vía correo electrónico las fotografías que muestren la aplicación de los distintos recubrimientos. Se debe seguir el procedimiento de aplicación del fabricante y respetar los tiempos de secado. El Contratista debe utilizar los mismos colores existentes en la infraestructura.

Como parte del alcance del proyecto, el Contratista debe dar soporte en las pruebas en vacío y con material. Se incluye en el alcance del Contratista el soporte durante la puesta en marcha de la máquina, así como el soporte a 12 horas diurnas (6am-6pm) los primeros 3 días de producción. Informe de trabajos realizados. El contratista debe entregar un informe donde se detalle el trabajo realizado en los puntos anteriores. Sin este informe, no se pagará el trabajo realizado.

1.7. Objetivo General.

Instalar un brazo descargador de llantas en la armadora KBN #1, que permita aumentar la productividad de la línea en cuanto a rendimiento y mejora continua, para beneficiar también la ergonomía de los operarios de línea.

1.8. Objetivos Específicos.

1. Aumentar la productividad de la máquina en un 5% con respecto a la producción actual.
2. Reducir en un 90% los problemas de ergonomía para los operadores de máquina con respecto a la descarga de llanta verde armadas en máquina.
3. Actualizar el sistema del brazo descargador actual tanto eléctrico, mecánico y de control de la máquina ya que el sistema actual esta descontinuado.

1.9. Estado actual de la investigación.

De acuerdo con Carvajal (2017), "De manera reveladora, la automatización y la robótica han suscitado un interés especial en el público debido al impacto que éstas puedan tener en la vida cotidiana y en los puestos de trabajo" (p. 1). En este sentido, el proyecto que se llevará a cabo viene a ofrecer un valioso conocimiento no solo desde la perspectiva práctica en la empresa; sino que, además, es un diseño innovador y una aplicación que desde el desarrollo teórico que se llevará a cabo, permite a la comunidad académica.

1.10. Metodológica.

En este apartado se describe el método de trabajo o procedimiento que se seguirá para realizar el proyecto, así como también la estrategia de trabajo con sus respectivas actividades, fases, instrumentos y diseños desarrollados.

1.10.1 Tipo de investigación

De acuerdo con Gavino (2019) “dependiendo del objetivo de la investigación que se va a realizar, podemos determinar el tipo de investigación al que corresponde” (p.34), es importante, en el caso del proyecto, definir, de manera clara, el nivel de investigación que facilite un método adecuado, que permita establecer el procedimiento idóneo para la su elaboración. En Este caso, debido a las características de la investigación de proyecto, esta se considera como experimental. Lo anterior, fundamentado en lo planteado por Ruiz (2019) quien plantea que “la investigación experimental está integrada por un conjunto de actividades metódicas y técnicas que se realizan para recabar la información y datos necesarios sobre el tema a investigar y el problema a resolver” (p. 2).

Para llevar a cabo el desarrollo del proyecto, se considerará la siguiente metodología a seguir:

Recopilación de información

Mediciones y toma de valores

Inspección visual del sistema

Análisis de historiales

Elaboración de memoria de cálculo

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.

2.1. Marco Situacional.

Los procesos productivos, así como las líneas de proceso continuo, requieren ser eficientes y además optimizar los recursos de la empresa, así como también el personal que labora en dichos procesos.

En particular, la empresa Bridgestone en este momento está llevando a cabo el proceso de la línea armadora KBN #1 de manera que el proceso puede ser más eficiente y también cuidar la salud del personal.

Por lo anterior se plantea el diseño, planeamiento, montaje y puesta en marcha de un brazo descargador de llantas; el cual permitirá que se aumente la productividad de la línea. Y así mismo, beneficiar en materia de salud ocupacional, la ergonomía de los empleados.

2.2. Antecedentes Históricos de la empresa.

Bridgestone es una empresa reconocida a nivel mundial por la elaboración de diversos productos, principalmente por sus famosas llantas creadas a partir del caucho, utilizadas en diversos medios de transporte. En nuestro país la empresa arrancó con sus operaciones en el año 1967 con la apertura de su planta de producción en Heredia. Conforme el tiempo ha pasado la empresa se ha visto favorecida con un gran crecimiento exponencial en el sector productivo, por lo que, su impacto ambiental en nuestro país lo hizo de igual forma. Sin embargo, la empresa con este auge fue consciente a tiempo del impacto ambiental que estaba generando y lo tomó como una oportunidad de plantearse un programa de gestión ambiental.

Tras abrir sus puertas a finales de la década de los 60s Bridgestone Costa Rica no ha parado de producir llantas y tomar ventaja de las múltiples condiciones

favorecedoras que le provee el país a esta empresa, como lo son la calidad en mano de obra, la estabilidad social y de recursos necesarios para los diferentes procesos de producción. Su mercado se ha basado principalmente en la manufactura de diferentes diseños de llantas para diferentes medios de transporte como lo son: automóviles, camiones, sector agrícola y aunado a estos brinda el servicio de reencauche.

Actualmente, esta empresa atiende a 21 mercados internacionales, principalmente países de Centroamérica y el Caribe, bajo la categoría de consumidores finales, flotas corporativas, gubernamentales, entre otros.

La empresa se ha fijado como visión a largo plazo, el cumplimiento de diversos objetivos que les permitan lograr un impacto reducido y favorable para el ambiente. Entre estas se fijaron la reducción de sus emisiones de CO₂ al ambiente con respecto a años anteriores mediante mejoras operativas. De igual forma, se plantearon la capacitación efectiva de su personal, tomando en cuenta tanto a sus colaboradores directos como indirectos, por ejemplo, sus proveedores y contratistas, así también se desarrollaron programas de reforestación, un programa en conjunto a talleres automovilísticos para la reutilización de llantas y centros de acopio para la recolección aquellas que ya hayan cumplido su vida útil.

Mediante su misión ambiental, la empresa nos presenta una base estable y de alta importancia en temas relacionados con el medio ambiente. Nos permite ser testigos de cómo declaran acciones efectivas para ayudar a reducir su huella en el imparable desgaste ecológico a nivel local y mundial, tomando en cuenta los distintos aspectos del negocio que pueden contribuir a la conservación y el cuidado de los recursos naturales.

2.3. Misión de la empresa.

La misión de Bridgestone está enfocada en las palabras del fundador de Bridgestone, Shojiro Ishibashi, se esforzó para formar una empresa para "servir a la sociedad con calidad superior." En eso nos esforzamos todos los días.

2.4. Visión de la empresa.

La visión que Bridgestone tiene se enfoca en el cumplimiento de varios valores los cuales están comprometidos en servir de la mejor manera a la sociedad siempre de la mano con el medio ambiente y el cliente final.

A continuación, se detallan los siguientes valores

1. **Integridad y trabajo en equipo:** Creemos en la adhesión a los principios morales y éticos en todas nuestras acciones. Este énfasis en la integridad fomenta una cultura empresarial que respeta la diversidad de habilidades, conocimientos y experiencias en la vida.
2. **Creatividad pionera:** Nunca nos conformamos con mantenernos igual "Status Quo". Constantemente nos retamos para desarrollar innovaciones que respondan a las necesidades del cliente y que beneficien aún más a la sociedad.
3. **Toma de decisiones informadas:** Creemos en invertir el tiempo y esfuerzo necesarios para verificar los hechos. Utilizamos estas observaciones para tomar decisiones informadas que nos llevan a los mejores resultados posibles
4. **Planificación cuidadosa y acciones decisivas:** Nuestro compromiso con la excelencia nos lleva a considerar todas las opciones y posibilidades, antes de tomar un curso de acción. Posteriormente, avanzamos sin dudar.

2.5. Ubicación espacial.

Figura 1

Ubicación espacial de la empresa Bridgestone

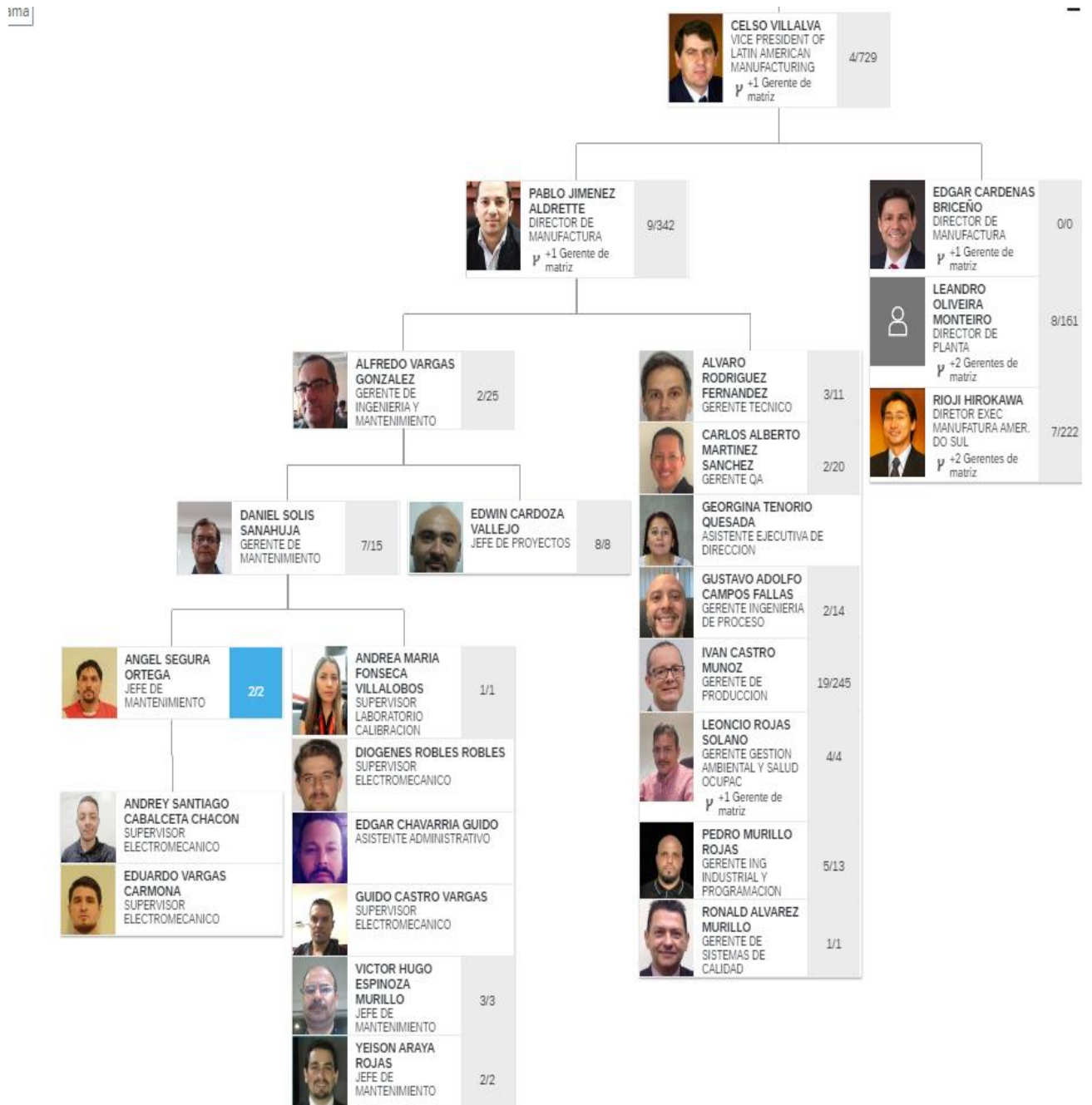


Nota. La imagen muestra cómo se ubica la empresa Bridgestone, vista desde una toma aérea satelital. Tomado de *Google maps*.

2.6. Organigrama.

Figura 2

Organigrama de la empresa Bridgestone.



Nota. La imagen muestra el organigrama del departamento de Ingeniería y mantenimiento Bridgestone (factor, 2022).

2.7. Marco Conceptual o Marco Teórico del Objeto de Estudio.

A continuación, se presentarán una serie de conceptos que permitirán entender los principios fundamentales del desarrollo del presente proyecto. Para ello, se hará una referencia directa al autor y la fuente bibliográfica de donde se obtuvo la información.

¿Qué es la ISO (Organización Internacional de Normalización)?

De acuerdo con la definición presentada por INTECO (2018) la ISO “es una federación mundial de organismos nacionales de normalización (Organismos miembros de la ISO). El trabajo de elaboración de las Normas Internacionales se lleva a cabo normalmente a través de los comités técnicos de ISO” (p.4).

Mejora del desempeño energético

Con relación a este aspecto, ISO 50001 (2018), define lo siguiente: “Mejora en los resultados medibles de la eficiencia energética, o del consumo de energía relacionada con el uso de la energía, comparada con la línea de base energética” (p. 15).

Eficiencia energética

Según OECD/IEA (2016), “Se puede definir la eficiencia energética desde dos perspectivas distintas: la de servicios y la mecanicista...Aunque no es imperativo contar con una definición exacta para trabajar con los indicadores de eficiencia energética y el resto del manual, la definición del *Lawrence Berkeley National Laboratory* parece tener aceptación: “utilizar menos energía en la prestación de igual servicio” (p.17).

Energía

Con relación al concepto de energía, INTECO (2018) lo presenta de la siguiente manera: “Electricidad, combustibles, vapor, calor, aire comprimido y otros medios similares” ISO 50001 (2018).

Recopilación de datos

También, OECD/IEA (2016) con relación a la recopilación de datos y elaboración de indicadores, menciona que “no deben considerarse un fin en sí mismo, sino más bien un punto de partida para otros usos. Como se mencionó en lo anterior, se debe reunir datos y desarrollar indicadores únicamente en caso de que sean aprovechados amplia y eficientemente” (p.22).

Automatización

De acuerdo con (Gandiaga Alberdi, 2002), presenta el siguiente concepto general de automatización: “La cada vez mayor cantidad de elementos que intervienen en las Líneas de Proceso Continuo requieren la instalación de unos modernos sistemas de automatización que faciliten a los operadores el manejo de estas. En la automatización de Líneas de Proceso Continuo se presentan los siguientes requerimientos básicos:

- a) Alto grado de automatización.
- b) Rapidez de respuesta.
- c) Fiabilidad y seguridad de servicio.
- d) Facilidad para mantenimiento de servicio incluyendo diagnóstico de fallos,
- e) Flexibilidad y facilidad en relación con cambios de filosofía de funcionamiento.
- f) Potencia de supervisión y control,
- g) Obtención de informes.
- h) Control de proceso computarizado.

Estas características implican una jerarquización de funciones y una clara clasificación de modos de servicio y estados de instalación” (p. 27).

Herramientas de mejora de la producción

Para mejorar la producción, las empresas hoy en día utilizan diferentes herramientas. Entre ellas, Lean Manufacturing. Al respecto, (Andrew, 2021) menciona lo siguiente: “El modelo de gestión **Lean Manufacturing** tiene como objetivo minimizar las pérdidas y maximizar el valor añadido al cliente. Es un sistema que nació en la industria automovilística y se exportó a todo tipo de empresas. Su éxito en la mejora de la competitividad empresarial demostró que es un valor imprescindible para la supervivencia de las organizaciones” (p. 1).

También indica que “La filosofía Lean Manufacturing trata de optimizar el sistema de producción y reducir o eliminar las tareas que no añadan valor” (p. 1).

Principios fundamentales de Lean Manufacturing

La filosofía de Lean Manufacturing, contiene siete principios fundamentales, que de acuerdo con (Andrew, 2021) son los siguientes:

1. Hacerlo bien a la primera

Lo que implica conseguir cero defectos. Para ello hay que detectar el problema y solucionarlo desde el origen.

2. Excluir actividades que no añaden valor

Se excluye todo lo que suponga un despilfarro o desperdicio y que no agrega valor añadido a la experiencia de cliente.

3. Mejora continua

Se mantiene la calidad del producto o servicio tratando de reducir costes y aumentar la productividad.

4. Procesos pull

Se produce según demanda puesto que la clave es evitar stocks.

5. Flexibilidad

Es necesario ser capaz de producir diferentes tipos de productos y ajustarse con exactitud a las cantidades.

6. Colaborar con los proveedores

Construir relaciones con los proveedores basándose en el largo plazo, con acuerdos donde compartir riesgo y costes.

7. Cambio de enfoque de venta

Desde el punto de vista Lean Manufacturing, al cliente se le aporta una solución y no un producto o servicio. Esta filosofía tiene que ser única para toda la organización.

Automatización mediante sistemas robotizados

Las nuevas tecnologías han ido evolucionando, de tal manera que los brazos robóticos son cada vez más populares y útiles en la industria. En ese sentido, (INTEL, 2022) plantea lo siguiente: “Al mejorar los brazos robóticos con las últimas tecnologías de visión artificial y redes, las empresas de todos los sectores pueden alcanzar nuevos niveles de productividad, velocidad y precisión a un coste asequible” (p. 1).

Además, agrega que “Los brazos robóticos industriales, en sectores desde el manufacturero al agrícola o de automoción, son los robots más comunes de todos los tipos en uso en la actualidad” (p. 1).

Beneficios de los brazos robóticos industriales.

Con relación a los beneficios que presenta el hecho de automatizar los procesos industriales mediante sistemas robotizados en las empresas, (INTEL, 2022) plantea los siguientes:

Mejora de la seguridad. Los brazos robóticos contribuyen a garantizar la seguridad de los trabajadores al operar en entornos peligrosos y ejecutar las tareas que presentan un alto riesgo de lesiones para el personal humano.

Mejora de la eficiencia y la productividad. Los brazos robóticos pueden funcionar 24 horas al día, siete días a la semana sin cansarse, lo que permite a las empresas mantener la producción, las inspecciones u otras tareas de forma continua para así aumentar la productividad.

Mayor precisión. Por su propia naturaleza, los brazos robóticos rinden de forma más precisa y consistente que los humanos en tareas que requieran una precisión y consistencia extremas.

Mayor flexibilidad. A medida que las prioridades del negocio van cambiando, los brazos robóticos pueden reorientarse fácilmente hacia nuevas actividades o bien montarse sobre distintas plataformas, tales como los robots móviles autónomos (AMR), las cadenas de montaje fijas o sobre una pared o estantería, según sea necesario.

Tipos de brazos robóticos

Se pueden encontrar una gran variedad de tipos de brazos robóticos en la industria y fábricas. Estos facilitan el trabajo de los empleados en las industrias y ayudan a aumentar el rendimiento de estas (Robotica, 2019). Estos brazos robóticos también ayudan a realizar tareas complejas de levantamiento y traslados de cargas pesadas o peligrosas para los humanos, es ahí de donde surge la idea de la implementación del brazo descargador para la armadora KBN#1.

Los principales tipos de brazos robóticos son los siguientes:

Robot cartesiano

Se caracteriza por sus ejes, estos coinciden con los tres ejes cartesianos. Son empleados en funciones de soldadura, en operaciones de ensamblado, manipulación de objetos e incluso también en la aplicación de impermeables.

Figura 3

Robot tipo cartesiano.



Nota. La imagen muestra un robot tipo cartesiano

Fuente: <https://www.intel.es/content/www/es/es/robotics/types-and-applications.html>

Robot esférico o polar

En este tipo de robot, los ejes están formados por un sistema polar de coordenadas, lo cual quiere decir que en un círculo un eje va de arriba abajo y el otro va de derecha a izquierda. Estos tienen origen en el primer robot Unimate instalado en la fábrica General Motors

Este robot realizaba trabajos de fundición, soldadura y manipulación de máquinas y herramientas. A través de la instalación de este robot, en la fábrica hubo menos accidentes al hacerse cargo de los trabajos que tienen un alto riesgo de accidentes,

tareas como la función a altas temperaturas, las realizaba dicho robot. Esto permitió que los trabajadores realizaran otras funciones y pudieran realizar el trabajo con mayor rapidez y eficiencia.

Figura 4

Robot tipo esférico o polar.



Nota. La imagen muestra un robot tipo esférico o polar

Fuente: <https://www.intel.es/content/www/es/es/robotics/types-and-applications.html>

Robot articulado

Este robot tiene como mínimo tres articulaciones que giran sobre sí mismas, esto les permite llevar a cabo tareas mucho más complejas. La mayor rotación le permite realizar desde soldadura hasta pintar. Es empleado con frecuencia en industrias automovilísticas y sus funciones varían según las necesidades de la empresa, aunque suele destinarse a trabajos de alta precisión dado a su capacidad de giro.

Figura 5

Robot tipo articulado.



Nota. La imagen muestra un robot tipo articulado

Fuente: <https://www.intel.es/content/www/es/es/robotics/types-and-applications.html>

Robot cilíndrico

Los ejes de este robot forman un sistema de coordenadas en círculos concéntricos los cuales le permiten realizar tareas como manipulación de máquinas. Adicional a eso, puede realizar funciones de soldadura a punto. También se maneja en maquinarias de fundición a presión y operaciones de ensamblaje.

Figura 6

Robot tipo cilíndrico.



Nota. La imagen muestra un robot tipo cilíndrico

Fuente: <https://www.intel.es/content/www/es/es/robotics/types-and-applications.html>

Robot SCARA

Este tipo de robot posee dos articulaciones rotatorias paralelas las cuales le permite realizar trabajos de coger y dejar, es decir, las funciones principales de este tipo de brazo son las de recoger objetos y dejarlos en lugares determinados.

Este tipo de robot tiene una gran fuerza, puede recoger metales pesados o estructuras difíciles de mover por una sola persona.

Figura 7

Robot tipo SCARA.



Nota. La imagen muestra un robot tipo SCARA

Fuente: <https://www.intel.es/content/www/es/es/robotics/types-and-applications.html>

Robot paralelo

Sus brazos tienen articulaciones en forma de prisma. Su principal uso se da en la plataforma móvil desde la cual trabajan las simulaciones de vuelo. El alto nivel de rotación permite una mayor variedad de movimientos para simulaciones complejas.

Figura 8

Robot tipo paralelo.



Nota. La imagen muestra un robot tipo Paralelo

Fuente: <https://www.intel.es/content/www/es/es/robotics/types-and-applications.html>

Partes de un brazo robótico

De acuerdo con (México, 2022), “Conocer las partes de un robot industrial, es comprender más sobre sus posibles aplicaciones” (p. 1).

Es por ello por lo que a continuación, se detallan cada una de las partes, así como su concepto, presentadas por (México, 2022):

Controlador

Si hacemos una analogía con el cuerpo humano, el controlador vendría siendo el cerebro del robot, pues es la parte que regula todas las funciones, movimientos, cálculos y procesamientos de información, a través de un microordenador.

Este microordenador, a su vez, tiene una unidad central, memoria, dispositivos de alimentación e interfaces que le permiten el contacto con los comandos externos.

Por otro lado, los controladores pueden variar en su función, derivado de los parámetros que controlan, aunque esencialmente pueden ser de posición, cinemático (incluyendo posición y velocidad), dinámico (además de lo anterior controla las propiedades del manipulador y los elementos asociados) o adaptativo (incluyendo variaciones). Todo dependiendo de su funcionamiento y especialización.

Actuadores

Siguiendo con las analogías, los actuadores vendrían siendo los corazones de los robots industriales, pues son los motores encargados de dar la fuerza para los movimientos del dispositivo.

Igualmente hay muchos tipos de actuadores, aunque en este caso, usted encontrará que es un poco más sencillo, pues también existen los de tipo genérico, los cuales son compatibles con los controladores de prácticamente cualquier robot.

Manipulador

Pasemos ahora a la parte mecánica más importante del robot, es decir, el manipulador, el cual es el componente mecánico principal pues es la parte estructural en sí misma, compuesta por elementos sólidos o por eslabones unidos mediante articulaciones que le permiten el movimiento.

A estas subpartes, también analógicamente, se le llaman cuerpo, brazo, muñeca y actuador final.

Figura 9

Robot marca kuka.



Nota. La imagen muestra a un operador, manipulando un robot de la marca kuka.

Fuente: <https://www.intel.es/content/www/es/es/robotics/types-and-applications.html>

Articulaciones

Una de las subpartes esenciales del manipulador son las articulaciones, pues como vimos en el punto anterior, son las que dotan de movimiento a todas las demás partes de un robot industrial, o, en otras palabras, de grado de libertad al robot industrial.

Por lo tanto, estas tienen diferentes tipos de movimientos, clasificados principalmente en:

Lineales: Movimientos horizontales o verticales.

Angulares: Movimientos diferentes por articulación.

Los cuales pueden dotar a la estructura completa de diferentes movimientos de acuerdo con la función en su proceso.

Figura 10

Robot visto desde tres posiciones diferentes.



Nota. La imagen muestra cómo se visualiza un robot desde tres puntos diferentes.

Fuente: <https://www.intel.es/content/www/es/es/robotics/types-and-applications.html>

Muñeca

Otro elemento de movilidad del manipulador es precisamente la muñeca, pues esta tendrá también diferentes movimientos o grados de libertad, entre los cuales usted encontrará:

1. Elevación
2. Desviación
3. Giro

Aunque es importante que usted considere que muchos de los modelos de robot industrial pueden incorporar diferentes tipos de movimiento, para darle un mayor grado de especialización de acuerdo con sus funciones.

Actuador final o gripper

También llamada pinza, esta es la parte final del manipulador, misma que se conecta a la muñeca del brazo del robot industrial para la consecución de la tarea mecánica final.

Para lo cual, también podemos dividirlos en 2 grandes grupos:

4. Pinzas: Las cuales se utilizan mayormente para sujeción y trayectoria.
5. Herramientas: Las cuales pueden ser de diferente tipo, de acuerdo con su función final.

Figura 11

Robot con gripper en el actuador final.



Nota. La imagen muestra un robot con el gripper en su actuador final.

Fuente: <https://www.intel.es/content/www/es/es/robotics/types-and-applications.html>

Dispositivos de entrada y salida

Pasando a las partes del robot industrial que tienen una naturaleza no mecánica, podemos comenzar con los dispositivos de entrada y salida, los cuales comúnmente pueden ser:

- Monitores
- Teclados
- Cajas de comandos

Estos le permitirán introducir y extraer datos, instrucciones e información del controlador. Es decir, estos elementos serán los puentes de comunicación entre los usuarios, el sistema y el robot en sí mismo.

Sensores

Esta parte es esencial en otro de los objetivos de la automatización: detectar las condiciones del ambiente de forma automática, relacionándose con su entorno de forma natural y constante.

Por lo tanto, los sensores dotarán al robot industrial de la capacidad de dar respuestas ante cambios inesperados en las condiciones de trabajo, como es el caso, de los paros frente a obstáculos.

Lenguaje de programación

Por último, pero no menos importante, se encuentra el lenguaje de programación, el cual, en pocas palabras, es el programa o sistema mediante el cual el robot funcionará.

Es decir, el lenguaje de programación será el “mapa” sobre el cual el robot actuará o se moverá, en tiempos y condiciones predeterminadas.

Partes de un robot industrial

Es importante mencionar, que además de todo lo que vimos, los robots industriales también pueden tener dispositivos especiales, como, por ejemplo, ejes que faciliten movimientos distintos o estaciones de ensamblaje. Es decir, las partes de un robot industrial pueden ser adaptadas, e incluso, diseñadas para adecuarse a cualquiera de sus necesidades o deseos.

Y justamente esta es otra de las esencias de la automatización: ayudar al trabajo humano a llegar al grado máximo posible de perfeccionamiento, para así dotar a nuestras industrias de nuevas metas de productividad, eficiencia y calidad. Justo lo que usted quiere para sus procesos.

Para este proyecto, se emplea un prototipo de brazo descargador llamado tipo Chuck el cual lo que este hará es tomar a través de las articulaciones las llantas una vez armadas y las dejara en los carros de descarga de llanta verde los cuales posteriormente serán llevados a las prensas vulcanizadoras para su debido vulcanizado

Este mecanismo es creado y modificado en el taller de Bridgestone y en el cual presenta todos los sistemas de seguridad necesarios para que el funcionamiento del brazo descargador sea de manera segura tanto para los operadores de máquina como para el resto de personal que está involucrado en el proceso de la planta.

Figura 12

Llanta terminada.



Nota. La imagen muestra una llanta una vez terminada su proceso de armado

Fuente: Elaboración propia

El proceso de descarga de llanta verde consiste en desplazar la llanta una vez armada para las carretas de llanta verde las cuales son jaladas por otros operadores llamados auxiliares los cuales jalan estas llantas para las prensas vulcanizadoras para continuar con el proceso de fabricación de llantas.

Actualmente los operadores de las armadoras deben bajar del conveyer de descarga las llantas para poderlas colocar en las carretas que posteriormente son jaladas por los auxiliares de planta.

Figura 13

Conveyer de descarga de llanta verde.



Nota. La imagen muestra el conveyer de descarga de llanta verde

Fuente: Elaboración propia

El proceso busca sustituir esta descarga manual por un sistema automatizado el cual el operador de máquina no tenga la necesidad de que este tenga que detener el proceso de armado para descargar las llantas, sino que este tome ese tiempo para seguir armando para así aumentar la productividad de la máquina y disminuir los riesgos de ergonomía ya que actualmente estas llantas tienen pesos superiores a los 25 kg de peso.

El nuevo prototipo de brazo descargador tomara estas llantas y las colocara según sea el número de llanta en carros descargadores los cuales, a través del sistema

lógico programable instalado, sabrá en que posición se colocara y una vez que el carro esté listo, este seguirá con el próximo carro de descarga para posteriormente ser llenado de llantas y jalado por los auxiliares hacia el próximo proceso de planta

Estos carros de descarga tienen un espacio de cuatro llantas por carro, los cuales se han modificado y fabricado para que se pueden utilizar en este proceso y así poder ser colocados en las prensas de vulcanizado.

Figura 14

Prototipo de brazo descargador.



Nota. La imagen muestra el prototipo de brazo descargador a instalar

Fuente: Elaboración propia

¿Qué es una llanta?

Una llanta es una pieza fabricada por caucho que se coloca en el aro de un vehículo para darle adherencia, estabilidad y confort al vehículo. (Camós, 2012)

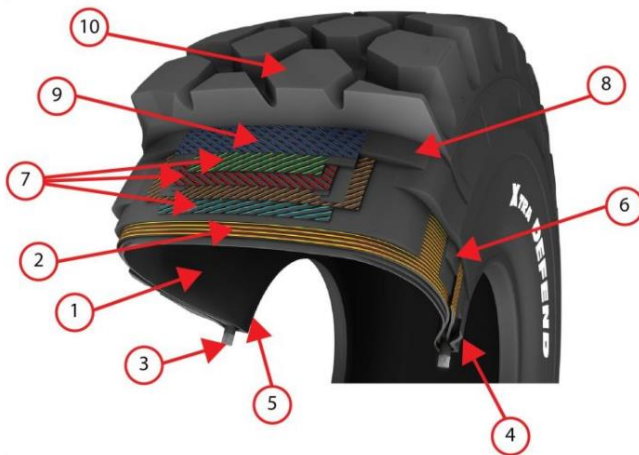
Constituye el único punto de contacto del vehículo con el suelo y por lo cual, este es de suma importancia ya que de estos depende la estabilidad y el comportamiento dinámico del vehículo en carretera

Estructura de las llantas

Las llantas están conformadas por caucho el cual es el material principal de fabricación, sin embargo, hay más elementos que los componen. Dentro de estos compuestos puede haber hasta 200 distintos componentes de materias primas las cuales lo que buscan es hacer una construcción de un neumático de acuerdo con las necesidades de los clientes y que estos cumplan con todos los estándares de calidad (Hernández, 2019)

Figura 15

Elementos de la estructura de una llanta.



Nota. La imagen muestra como está conformada la estructura y los elementos que conforman un neumático (llanta) (Gomez, 2020)

Dentro de las partes que componen una llanta se encuentran las siguientes partes:

1. Alma interna: es una capa de caucho fina de aproximadamente 3mm que está situada en el interior del neumático cuya función es asegurar la estanqueidad de este.
2. Lona de carcaza: Son las lonas o telas de fibra textiles o en otros casos de acero. Estos llevan hilos de forma paralela colocados en dirección transversal al eje de simetría de la longitud del neumático. Esta lona se sitúa en el interior del neumático por encima del alma interna. Aporta rigidez en la dirección de los hilos lo cual le permite la flexión en cualquier otra dirección
3. Alambres de talón: Es un anillo de alta resistencia y rigidez el cual esta formado por cables de acero trenzados. Estos están ubicados en la zona del talón, lo cual consigue tener una baja deformación de este de tal manera que asegura la estabilidad de la llanta
4. Banda de protección de talón: Es una banda de caucho en la cual los alambres de talón se apoyan y protegen al neumático de posibles rozaduras con la llanta
5. Relleno de talón: Es un relleno formado por caucho que se coloca en la zona donde van los alambres de talón y la lona de la carcasa. Esta cumple la función de dar estabilidad al neumático además de suavizar los cambios de rigidez que hay entre elementos
6. Relleno lateral Es una banda formada por caucho que se encuentra en los flancos del neumático sobre las lonas de carcaza, estos cumplen como función proteger las lonas de carcaza contra impactos, abrasión y aumentar la resistencia a fatiga
7. Cinturón: Son lonas similares a las lonas de carcaza, estas están situadas entre los hombros de los neumáticos, los cordones que lo conforman tienen un ángulo de 20° con respecto al eje de simetría del neumático

8. Cuñas del cinturón: Son laminas formadas por caucho de manera que resisten la fatiga que se coloca en el extremo del cinturón. Su función principal es evitar que los hilos del cinturón se lleguen a romper en esa zona
9. Capa de recubrimiento: Formado por lonas de fibras textiles los cuales recubren el cinturón que va más allá de los extremos de estos mismos. La capa está sujeta por hilos que tienden a separarse cuando el neumático comienza a girar
10. Banda de rodadura: Esta es una capa de caucho de alta adherencia y resistencia al desgaste colocado en la parte externa del neumático. En esta parte se encuentra las partes graficas de los neumáticos, a su vez tiene ranuras longitudinales las cuales su función es evacuar el agua y proporcionar agarre

La vida útil de las llantas depende muchos de varios factores

A continuación, se mencionan los principales factores a considerar para la vida útil de las llantas:

1. El uso dado por el usuario
2. Problemas con la presión adecuada ya sea por baja o alta presión de aire
3. La velocidad de circulación
4. La sobrecarga
5. Frenar de manera brusca e inadecuada
6. Golpes en carretera
7. La circulación por superficies en mal estado

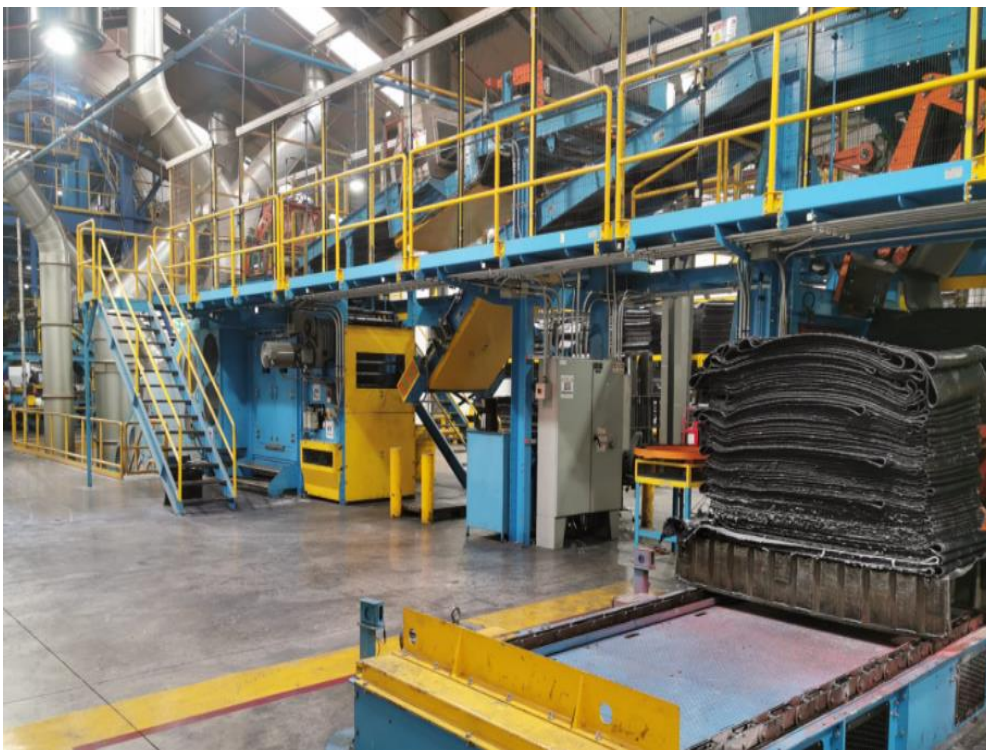
El proceso de fabricación de llantas consiste en un proceso donde se ven involucradas todas las áreas de la empresa, empieza desde el departamento de ventas el cual es el encargado de gestionar todo lo que es la negociación con los clientes, así como las ventas y el ticket diario a producir. Según el ticket diario,

producción gestiona cuanta cantidad de llantas se solicita a programación para poder empezar con la fabricación y así satisfacer las necesidades de los clientes

El proceso de fabricación empieza desde materia prima en donde ahí se almacena el hule sintético proveniente de México y todos los compuestos de pigmentos y químicos que lleva la mezcla del hule natural y sintético para el mezclado del producto.

Figura 16

Máquina Bambury.



Nota. La imagen muestra la máquina llamada Bambury la cual es la máquina principal de Bridgestone.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez que se tienen los hules y pigmentos necesarios se empieza con el mezclado y producción del hule el cual es el encargado de todo el proceso de la

llanta, esta mezcla se da en las diferentes áreas de la máquina ya que esta cuenta con cámaras de mezclado, tornillos sin fin, extrusoras, motores de giro, cámaras de cocción, termocuplas que controlan la temperatura de trabajos, bombas de aceite, bombas neumáticas entre otros componentes que son los responsables de todo el trabajo de mezclado y fabricación del hule de la planta.

Una vez que ya se tiene el hule mezclado, este es almacenado en tarimas los cuales se distribuyen por todas las diferentes máquinas para empezar con el proceso de fabricación de materiales para luego pasar al área de armado de llantas.

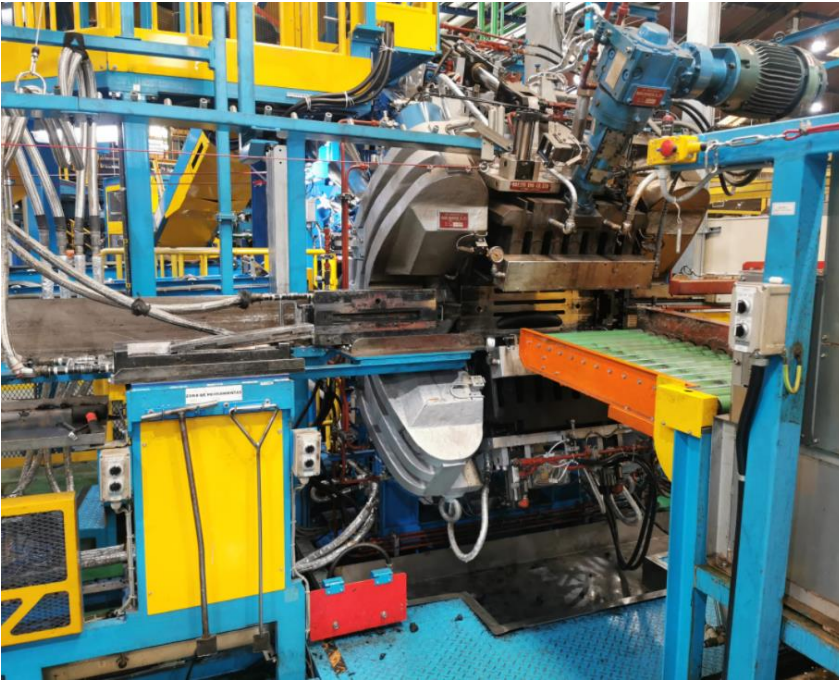
Dentro de las principales máquinas que se tienen en el área de preparación de materiales, se encuentran las tubuladoras las cuales son las responsables de la fabricación de las paredes y rodados (partes que componen las llantas).

Estas son máquinas bastante grandes las cuales tiene una producción diaria aproximadamente de 12156 rodados. Esta cantidad de rodados cumple con el ticket que actualmente se tiene en la planta la cual es de un promedio de 11500 llantas diarias, la cual ayuda para reforzar los inventarios y poder solventar cualquier inconveniente que se tenga en planta.

De igual manera, la producción diaria de paredes es de 33100 durante un turno completo, Cada llanta está conformada por dos paredes, una izquierda llamada banda blanca y otra derecha llamada banda negra. Las paredes también forman parte de las llantas siendo estas unas de las principales partes ya que son las responsables de cubrir las paredes de los rodamientos para evitar ponchaduras.

Figura 17

Máquina Tubuladora.



Nota. La imagen muestra la máquina llamada Tubuladora encargada de la fabricación de los rodados y paredes.

Fuente: Elaboración propia.

Otra parte del proceso que se lleva a cabo para la fabricación de llantas son las calandras y cortadoras las cuales son las que se encargan de la fabricación de las telas (parte de los componentes de las llantas) las cuales al igual que las tubuladoras son de las máquinas más grandes que se tienen en la empresa. Las calandras tienen un promedio diario de 19800 rollos de cortes los cuales también son distribuidos por todas las armadoras para su debido proceso de armado

Por último, las Steelastic y BPMs, que son dos grupos de máquinas que también se encargan del formado de las llantas, se encargan de la fabricación de las capas y aros, partes fundamentales de las llantas las cuales le dan rigidez y producción a las llantas una vez que ya se han vulcanizado. Estas máquinas junto con alambre

de acero proveniente de México y Estados Unidos se encargan de forrar los aros y los alambres con hule proveniente de los Bamburys en donde a través de un proceso de extrusión estos ya salen listos para ir a las armadoras y continuar con el proceso de fabricación.

Figura 18

Máquina BPM.



Nota. La imagen muestra la máquina llamada BPM encargada de la fabricación de **aros y cejas.**

Fuente: Elaboración propia.

La segunda parte del proceso de fabricación de las llantas corresponde al área de Armado, departamento en el cual es donde se va a desarrollar este proyecto.

Armado cuenta con 78 máquinas en las cuales se dividen en diferentes tipos de armadoras.

A continuación, se muestra una tabla con la distribución de armadoras de la planta.

Figura 19

Distribución de equipo del departamento de armado.

Departamento de armado bridgestone Firestone		
Tipo de Máquina	Cantidad de equipos	Nombre de los equipos
KBNs	13	KBN#1, KBN#2, KBN#3, KBN#4, KBN#5, KBN#6, KBN#7, KBN#8, KBN#9, KBN#10, KBN#11, KBN#12, KBN#13
KBRs	4	KBR#1, KBR#2, KBR#3, KBR#4
Módulos	13	M1B 88, M1B85, M1I88, M1I99, M1J88, M1J99, M1G88, M1G99, M1H88, M1H99, M2B88-1, M2B88-2, M2B85
Aplicadoras	33	APF#1,APF#2, APF#3, APF#4,, APF#5, APF#6,, APF#7,,APF#8,APF#9,APF#10,APF#11,APF#12,APF#13,APF#14,APF#15,APF#16,APF#17,APF#18,APF#19,APF#20,APF#21,APF#22,APF#23,APF#24,APF#25,APF#26,APF#27,APF#28,APF#29,APF#30,APF#31,APF#32,APF#33
88s	9	88A, 88B,88C, 88D,88E, 88F, 88G, 88H, 88J
99s	6	99A, 99B, 99C, 99E, 99F, 99G

Nota. La imagen muestra la tabla de distribución de equipos del departamento de armado.

Fuente: Elaboración propia.

El objetivo diario de armado para el ticket es de 11500 llantas, las cuales estas se deben de armar en las diferentes máquinas para poder suplir con las necesidades de producción

El proyecto va enfocado en las armadoras KBNs las cuales son las máquinas más productivas y en las cuales se arman las medidas con mayor diámetro y peso.

Se le da prioridad a la KBN#1 ya que es una máquina de alta demanda y productividad y en la cual se quiere implementar esta mejora en el brazo de descarga de llanta verde.

Figura 20

Máquina KBN.



Nota. La imagen muestra la máquina KBN.

Fuente: Elaboración propia.

Siguiendo con el proceso del armado, en las armadoras llegan todos los materiales de las diferentes máquinas mencionadas anteriormente. Una vez que todas las partes se unen se continua con el proceso de vulcanización de llanta verde

En este proceso la llanta es vulcanizada en las prensas por aproximadamente 20-35 min según el tipo de llanta y medida. Vulcanización cuenta con 130 prensas aproximadamente de los cuales el 95% de estas prensas trabajan continuamente para poder cumplir con la producción necesaria de llantas requeridas por ventas.

Figura 21

Prensa vulcanizadora.



Nota. La imagen muestra una prensa vulcanizadora en donde se da el proceso de vulcanizado de las llantas.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez que el proceso de vulcanizado finaliza, se pasa al proceso de inspección final en las cuales las llantas ya listas pasan a las diferentes áreas de revisión técnica para garantizar que cumplan con todos los estándares de calidad necesarios.

Los inspectores realizan los chequeos y pruebas en las máquinas TUOS ubicadas en el área de inspección final donde una vez aprobadas estas llantas son enviadas a los clasificadores los cuales son los encargados de etiquetar todas las llantas para luego enviarlas a bodega de producto terminado donde ya posteriormente son almacenadas para luego ser transportadas a los diferentes puntos de ventas.

Figura 22

Producto terminado.



Nota. La imagen muestra la llanta en su proceso final para almacenado.

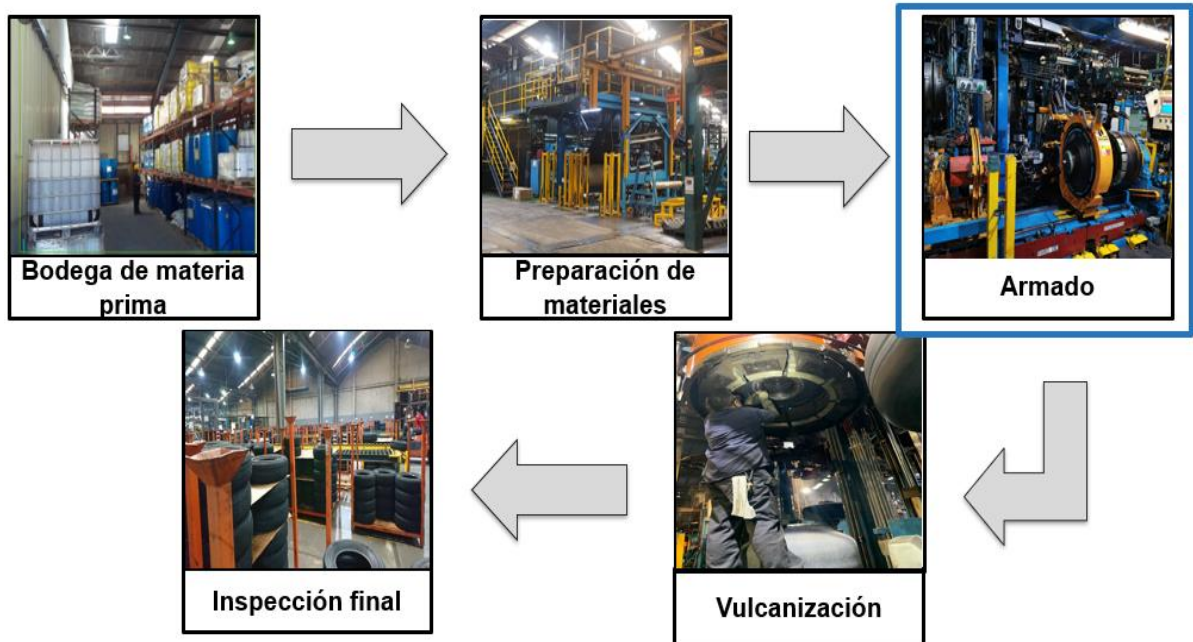
Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra parte del proceso del ciclo de fabricación de llanta verde donde se indica el área en el cual se va a llevar a cabo el trabajo a realizar.

Figura 23

Mapa del proceso de flujo de la llanta dentro de la compañía.

Process Map – High Level



Nota. La imagen muestra ciclo de fabricación de llanta verde

Fuente: Elaboración propia.

Familias de llantas

Existen 4 principales grupos de llantas los cuales, según el tipo de superficie que recorre, el tipo de vehículo y el medio ambiente así se clasifican de acuerdo con las necesidades de los clientes (Bridgestone, 2022). Cada neumático tiene su diferente finalidad.

A continuación, se mencionan los 4 tipos de neumáticos de principal fabricación dentro de la compañía:

Llantas radiales

Son neumáticos de gran precisión y los más utilizados y comunes hoy en día. En términos de anatomía, las cuerdas de las capas corren de ceja a ceja formando semi-óvalos, y sobre su contorno, se coloca un cinturón de acero como soporte. Ejemplo de estos son Affinity y Multihawk, líneas que, al no presentar gran resistencia durante el rodado, permiten maniobrar de una manera sencilla y reducir ampliamente nuestro consumo de combustible.

Llantas radiales economizadoras de combustible

En los últimos años, este tipo de neumáticos han ganado cada vez más popularidad. Cuentan con una tecnología capaz de ofrecer menor resistencia durante el rodado, lo cual disminuye drásticamente su consumo de energía y con ello su huella de carbono sobre el medio ambiente.

Llantas de alto desempeño y para toda estación

Estos neumáticos, además de brindar una conducción muy precisa y máxima adherencia, soportan altas temperaturas y velocidades. Ideales para la autopista, ofrecen un óptimo desempeño sobre superficies secas o mojadas. Por ello, Firehawk y Destination de Firestone son las llantas perfectas para los amantes de la autoemoción y la aventura.

Llantas para nieve

Estos neumáticos ofrecen máxima tracción sobre superficies cubiertas de nieve y hielo. Lo más interesante es que no sólo están diseñados para obtener un excelente agarre en estas condiciones, sino que también están hechos de un material especial para resistir los climas más helados.

2.8. Hipótesis.

Al llevar a cabo el diseño, planeamiento, montaje y puesta en marcha de un brazo descargador de llantas en la armadora KBN #1, esto permitirá que se de un aumento en la productividad de la línea y también beneficiará la ergonomía de los operarios que se encargan de la salida de la línea de producción.

2.9. Limitaciones

A continuación, se mencionan las principales limitaciones del proyecto

1. No se realizan mejoras en las demás partes de la máquina ya que el proyecto se enfoca en el brazo descargador
2. El proyecto solamente se instalará en la KBN#1 y no en las demás KBNs por el momento
3. En este proyecto, se descarta cualquier remodelación propia de la línea de producción, ya que este se enfoca específicamente en el proceso final de descarga del producto terminado. .
4. Se enfoca un 5% de aumento de la la productividad de la máquina en el proceso de descarga, no se enfoca en mejoras de ciclo eléctrico de los pasos anteriores a este proceso descarga
5. La reducción en cuanto a los problemas de ergonomía de los operarios, se limita únicamente a las labores que se ejecutan en la descarga de llanta verde
6. Debido al presupuesto dado, no se logra que el alcance llegue a otras partes de la máquina

7. El proceso de entrenamiento no se realiza para los demas operadores de otra máquina sino solamente los propios operadores de la KBN#1

2.10. Alcances

En esta sección se enumera con detalle los alcances y entregables del proyecto una vez revisados con el cliente final para verificar que el trabajo entregado por parte del personal a cargo del proyecto está en conformidad con lo que el cliente final solicitó.

A continuación, se enumeran los alcances del proyecto

1. Fabricación de planos eléctricos del sistema del brazo descargador
2. Mejoramiento de tiempos de ciclo de la máquina
3. Modificación de la pantalla del operador en la cual permita el seteo de posiciones del brazo descargador
4. Rotulación del sistema neumático del sistema de descarga
5. Reparación de fugas de aire
6. Fabricación e instalación de resguardos de seguridad
7. Instalación de cortinas de seguridad
8. Análisis de riesgo
9. Dispositivos de seguridad instalados para el sistema de descarga
10. Capacitación del personal
11. Instalación de botón de reset de cortinas de seguridad
12. Etiquetas de cableado y dispositivos en el panel del brazo descargador
13. Tuberías eléctricas con buena sujeción y bien etiquetadas

14. Demarcación de zonas de descarga y zonas de almacenamiento de carros para descarga de llantas
15. Planos impresos y digitales
16. Instalación de iluminaria para la zona designada
17. Cumplimiento de aspectos ambientales según norma de ambiente
18. Plan de mantenimientos preventivos
19. Creación de Walk thru
20. Mezanines con acceso al sistema
21. Entrenamiento del personal de planta

CAPÍTULO III

3. DESARROLLO

3.1 Necesidad de la empresa.

La empresa Firestone se plantea la necesidad de resolver un problema de ergonomía que ha estado afectando a los operadores de la línea de producción KBN #1. Parte de las soluciones que se han buscado es la automatización del proceso de descarga el cual es la parte fundamental de los problemas ergonómicos en máquina al haber un aumento en el tamaño de las medidas de llanta que actualmente se están requiriendo dentro de la empresa

Parte de los análisis que se encontraron fue revisar el estado de las demás armadoras de otras plantas de la empresa en las cuales, los ciclos de trabajos son más automatizados.

Dentro del estudio que se hizo en la compañía, se trata de implementar el proceso de la máquina VMI la cual opera en una de las plantas de Brasil y Estados Unidos

El mecanismo no es el mismo ya que el proceso de descarga es diferente ya que está a diferencia de las KBNs saca la llanta de manera lineal y no aérea, pero su lógica de funcionamiento es muy similar.

3.4.2 Cálculo del retorno de inversión

Para el análisis de retorno de inversión se toma en consideración el costo de las llantas a nivel de ventas sacando el promedio de precios sobre las llantas que más se arman en planta. También se debe considerar la productividad de la máquina para saber cuántas llantas se armaron una vez implementado el proyecto. También es muy importante considerar el retorno de inversión a través del tiempo ya que este nos permite saber si el proyecto es viable económicamente ya que originalmente lo que se busca es automatizar la máquina en el proceso de descarga para mejorar la ergonomía de los operadores de máquina

A continuación, se muestra el resumen del retorno de inversión para el proyecto:

- Se armaron aproximadamente 22 llantas mas diarias en máquina luego de implementada la mejora en comparación a los primeros 3 meses del 2022 por promedio diario
- El costo promedio por llanta armada equivale a \$38 lo cual el ahorro luego de implementado el proyecto es de \$25080 mensuales.
- La instalación de este proyecto tuvo un costo de \$55000 incluyendo montaje, ensamblaje, repuestos, materiales y mano de obra.
- El retorno de inversión se dará en 2 meses, 4 días,21horas,12 minutos si la producción continua con la tendencia que se lleva

1 unidad=\$38

Por día se arman 22 unidades + armadas=\$836

30 días producción x 22 llantas + armadas=660 unidades

660 unidades x \$38 = \$25080

En 2 meses= \$51160

Costo proyecto= \$55000

Retorno inversión= 2 meses, 4 días,21horas,12 minutos

Con base a los resultados analizados para el retorno de inversión, se ve que el proyecto es viable. Dado a que el proyecto es rentable, se tiene el respaldo de departamento de ingeniería de proyecto para la inversión y del departamento de producción para la realización del proyecto y se procede a desarrollar del proyecto por un poco más de dos meses.

Figura 24

Imagen que muestra la operación manual que debía ejecutar el operador para descargar el producto terminado.



Nota. La imagen muestra al operario realizando la descarga manual.

Fuente: *Elaboración propia.*

La operación que se muestra en la figura 24, no solo presupone un aumento en las lesiones por el sobreesfuerzo o sobrecarga a la que se estaban sometiendo los operarios; sino que, además, hace que los tiempos de producción sean más lentos y la cantidad final de producto terminado no sea la óptima requerida.

Es a partir de esta premisa, que surge la necesidad de automatizar el sistema de descarga de salida de la línea de producción KBN #1.

3.2 Análisis de riesgos de seguridad del proyecto

Junto con el departamento de seguridad ocupacional se desarrolla un análisis de riesgo tanto mantenimiento como producción para analizar las tareas de los operadores en el actual proceso. Se analizan las actividades diarias y se encuentran dos riesgos altos los cuales van en base al proceso de descarga de la llanta en máquina

Una vez que se analiza el caso, se desarrolla el plan de mejoramiento de la ergonomía operativa que a la vez realizadas dichas pruebas, también se estima que es muy probable el hecho de que se dé un aumento productivo el cual al final del turno nos puede dar un aumento de hasta 5% más de llantas armadas en un turno diario de 24 horas

El análisis de riesgos también determino las tareas a realizar una vez que se estudió el caso y propone la idea de implementar el brazo descargador automatizado. A continuación, se adjunta el Risk Assetment desarrollado para este proyecto.

Figura 25

Análisis de riesgos para las tareas relacionadas con el brazo descargador.

APPLICATION: BRAZO DESCARGADOR DE LA KBN#1										DATE: 1/4/2022											
DESCRIPTION: Análisis de riesgo para las tareas relacionadas al brazo descargador de llanta verde																					
ANALYST NAMES:		Engineering: Andrey Cabalceta Chacón		Production: Francisco Argüello		Maintenance: Eduardo Vargas		Setup: Pablo Marín		Safety: German Abarca		Others:									
VALIDATION NAMES:		Engineering: Rolando Umaña Villatoro		Production: Francisco Argüello		Maintenance: Angel Segura		Setup: Pablo Marín		Safety: Andrés Carvajal		Others:									
Design Phase																					
Safety Release Phase																					
Item ID (Ctrl-1)	User - Task (Ctrl-1)	Service/ Maint	Hazard (Ctrl-1)	Initial Risk Level (Ctrl-1)	Minimum System Performance IPL	Urgency	Protective Measure				Description (Ctrl-1)	Target Completion Date	Responsible Person	Safe Stop Distance (Ds) (Ctrl-1)	Resulting System Performance PL (Ctrl-1)	Residual Risk Level (Ctrl-1)	Acceptable Risk (Ctrl-1)	Actual Completion Date	Note (Residual Risk)		
							FixedGuard	LightCurtain	Training	LOTO											
1	Operator INSERTAR CARROS A ZONA DE PRECARGA Y DESCARGA	No	Pistón de acarreo Fracture, Pie	NEGLIGIBLE	N/A	None									N/A	N/A	NEGLIGIBLE	Acceptable			
2	Operator Acomodar llantas en carros de descarga	No	Brazo descargador vertical Fracture, Cabeza, Brazos	HIGH	PLrD	Urgent	FixedGuard	LightCurtain	Training						Light Curtain mounted Vertically Total = 200 ms, Dpt = 78.2 mm, Ds = 1102 mm	PLd	LOW	Acceptable	4/4/2022		
3	Operator TRASLADARSE SOBRE EL PASILLO ENTRE CARROS DE DESCARGA Y TAM 99	No	BRAZO MECÁNICO VERTICAL Fracture, CABEZA, CUERPO	HIGH	PLrD	Urgent	FixedGuard								N/A	N/A	LOW	Acceptable	4/4/2022		
4	Setup Ajuste de uñas del brazo descargador	Yes	Uñas de expandir y colapsar Fracture, Manos	LOW	PLrB	Eventual	Training	LOTO								N/A	N/A	LOW	Acceptable	4/4/2022	
5	Maintenance Lubricación de balneras y rodamientos.	Yes	Balneras de desplazamiento Fracture, Extremidades	NEGLIGIBLE	N/A	None	Training	LOTO								N/A	N/A	NEGLIGIBLE	Acceptable		
6	Maintenance Lubricación de balneras y rodamientos.	Yes	Ubicación de puntos de lubricación Ergonomics, Extremidades, espalda	NEGLIGIBLE	N/A	None	Training	LOTO								N/A	N/A	NEGLIGIBLE	Acceptable		
7	Maintenance Lubricación de balneras y rodamientos	Yes	Altura donde se encuentran puntos a lubricar Caídas, Extremidades, cuerpo	HIGH	PLrD	Urgent	Training	LOTO								N/A	N/A	LOW	Acceptable	16/9/2019	
8	Maintenance Reparación de oruga o sistemas dentro de la oruga	Yes	Desplazamiento de brazos vertical u horizontal Fracture, Extremidades	LOW	PLrB	Eventual	Training	LOTO								N/A	N/A	LOW	Acceptable	4/4/2022	
9	Maintenance Reparación de oruga o sistemas dentro de la oruga	Yes	Cableado eléctrico de potencia o aire comprimido Burns/Injury, Wave energy, Extremidades, ojos.	MEDIUM	PLrC	Soon	Training	LOTO								N/A	N/A	LOW	Acceptable	4/4/2022	
10	Maintenance Reparación de oruga o sistemas dentro de la oruga	Yes	Trabajos en altura Caídas, Extremidades, cuerpo	MEDIUM	PLrC	Soon	Training	LOTO								N/A	N/A	LOW	Acceptable	4/4/2022	
11	Maintenance Reparación o cambio de Servo motores	Yes	Energía eléctrica Electrical, Extremidades	HIGH	PLrD	Urgent	Training	LOTO								N/A	N/A	LOW	Acceptable	4/4/2022	
12	Maintenance Reparación o cambio de Servo motores	Yes	Altura a la que se encuentran motores SLIP/TRIP, Extremidades, cabeza	HIGH	PLrD	Urgent	Training	LOTO								N/A	N/A	LOW	Acceptable	4/4/2022	
13	Maintenance Reparar o cambiar pistones en sistema de carritos	Yes	Pistón neumático Fracture, Extremidades	MEDIUM	PLrC	Soon	Training	LOTO								N/A	N/A	LOW	Acceptable	4/4/2022	
14	Maintenance Reparaciones mecánicas en sistemas de desplazamiento del brazo descargador	Yes	Sistemas de desplazamiento Fracture, Manos	HIGH	PLrD	Urgent	Training	LOTO								N/A	N/A	LOW	Acceptable	4/4/2022	
15	Maintenance Reparaciones mecánicas en sistemas de desplazamiento del brazo descargador	Yes	Sistemas de desplazamiento, guías o tracción Nip point, Manos	HIGH	PLrD	Urgent	Training	LOTO								N/A	N/A	LOW	Acceptable	4/4/2022	

Nota. La imagen muestra el análisis de riesgos que se llevó a cabo.

Fuente: *Elaboración propia.*

3.3 Cronograma de trabajo

A continuación, se presenta el cronograma de actividades con las respectivas fechas de ejecución. Estas permiten que se lleve un control sistemático del planeamiento del proyecto y el desarrollo se cumpla con las fechas establecidas una vez iniciado el proyecto:

Indicadores		En Proceso	Completo		mar-22	abr-22	mag-22	jun-22	jul-22	ago-22										
Mantenimiento Departamento de Armado Departamento: Mantenimiento Fecha de Revisión: 4/3/2022 Aprobado por: ANGEL SEGURA Elaborado por: ANDREY CABALCETA, ROLANDO UMAÑA Nombre del proyecto: Diseño, planeamiento, montaje y puesta en marcha de un brazo descargador de llantas en la armadora KBN #1, de la empresa Bridgestone de Costa Rica.																				
Definición del Problema Riesgos de ergonomía operativos y cambio tecnológico de sistema descargador de llanta verde																				
Objetivo Instalar un brazo descargador de llantas en la armadora KBN #1, que permita aumentar la productividad de la línea en cuanto a rendimiento y mejora continua, para beneficiar también la ergonomía de los operarios de línea.																				
#	Actividades	Resp.	Plan/Act	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1	Reunion de apertura Levantamiento de requisitos	AC / RU	Plan																	
2	Solicitud de partes bodega repuestos	AC / RU	Plan																	
3	Levantamiento de requisitos y especificaciones por parte de producción e ingeniería	AC / RU	Plan																	
4	Proceso de ofertas y ordenes de compras	AC / RU	Plan																	
5	Entrega de materiales	AC / RU	Plan																	
6	Desarrollo del proyecto	AC / RU	Plan																	
7	Programación de PLC, pantallas	AC / RU	Plan																	
8	Desinstalación de sistema viejo mecánico y eléctrico	AC / RU	Plan																	
9	Instalación de sistema nuevo mecánico y eléctrico	AC / RU	Plan																	
10	Conexiones de equipos mecanicos y neumáticos, conexiones eléctricas	AC / RU	Plan																	
11	Ajustes mecánicos, ajustes eléctricos, pruebas	AC / RU	Plan																	
12	Liberaciones por parte de seguridad, producción, ambiente, mantenimiento	AC / RU	Plan																	
13	SEGUIMIENTO PRODUCTIVIDAD	AC / RU	Plan																	



El proyecto tiene una duración de 2 meses y 3 semanas donde se desarrolla desde el mes de abril del presente año hasta dar una producción estable para el mes de junio, donde en los primeros datos recopilados se ve un aumento de un 5.8% con respecto a los datos mensuales anteriores.

Figura 26.

Reunión de personal para abordar tema de seguridad en proyecto.



Nota. Imagen muestra parte de las reuniones de seguridad realizadas en planta por parte del personal de planta.

Fuente: *Elaboración propia.*

3.4. Elaboración de la memoria de cálculo

3.4.1 Cálculos del servomotor

Para el cálculo del servomotor, se determina la potencia requerida para mover la carga (que en este caso es la llanta). De ahí, se determina también el par motor necesario para el trabajo requerido.

Del diseño en campo, se obtienen los siguientes datos:

$$m= 30\text{kg}$$

$$d= 3\text{m}$$

$$t= 3\text{s}$$

Con estos datos, se procederá a realizar los cálculos necesarios que permitan obtener los valores requeridos.

$$P= W/t$$

$$W= F.d$$

$$F= m.a$$

$$g(a)= 9,81 \text{ m/s}^2$$

1. Cálculo de la fuerza

Utilizando la fórmula para el cálculo de la fuerza, se toman los valores de la masa de la llanta que corresponde a 30kg, así como también el valor de la aceleración de la gravedad que corresponde a 9,81 m/s². Con ello, se obtiene lo siguiente:

$$F= m.a$$

$$g(a)= 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F= (30) (9.81) = 294.3 \text{ N}$$

2. Cálculo del trabajo mecánico

Para este cálculo, se requiere el valor de la fuerza aplicada, así como la distancia en la que se aplica la fuerza. De esta manera, se tiene un valor de fuerza recién calculado que corresponde a 294.3N y una distancia de 3m. A partir de ello se realiza el siguiente cálculo:

$$W = F \cdot d$$

$$W = (294.3\text{N}) (3\text{m}) = 882.9 \text{ Nm} = \mathbf{882.9 \text{ J}}$$

3. Cálculo de la potencia mecánica

La potencia mecánica, corresponde al trabajo que se realiza o que se requiere en un tiempo específico o determinado. Es por ello, que se requiere el valor recién calculado de trabajo mecánico, el cual corresponde a 882.9 J, junto con el tiempo de 3 segundos. Con esto, se determina el valor de la potencia de la siguiente manera:

$$P = W/t$$

$$P = (882.9) / (3) = \mathbf{2648.7 \text{ W} = 2.6 \text{ kW}}$$

Con los cálculos realizados, se determina que la potencia del servomotor del brazo robótico para mover la llanta con las condiciones requeridas en el proyecto debe ser de al menos 2.6 kW.

A partir del valor calculado, se busca en los catálogos de fabricantes de servomotores y se selecciona el mostrado en la siguiente imagen:

Figura 27

Figura que muestra el servomotor seleccionado de la tabla.

Kinetix MPL Servo Motor (400V-class) Performance Specifications							
Motor Cat. No.	Rated Speed rpm	Maximum Speed rpm	Continuous Stall Torque N·m (lb·in)	Peak Stall Torque N·m (lb·in)	Motor Rated Output kW	Rotor Inertia ⁽¹⁾ kg·m ² (lb·in·s ²)	Motor Weight, approx ⁽¹⁾ kg (lb)
MPL-B151CV	8000	8000	0.26 (2.3)	0.77 (6.8)	0.16	0.000074 (0.000065)	1.0 (2.2)
MPL-B1520U	7000	7000	0.49 (4.3)	1.58 (14)	0.27	0.000013 (0.000012)	1.2 (2.6)
MPL-B1530U	7000	7000	0.90 (8.0)	2.80 (25)	0.39	0.000023 (0.000020)	1.6 (3.4)
MPL-B210V	8000	8000	0.35 (4.3)	1.50 (13.5)	0.37	0.000015 (0.000013)	1.4 (3.1)
MPL-B220F	6000	6000	1.61 (14.2)	4.74 (42)	0.32	0.000039 (0.000035)	2.0 (4.4)
MPL-B230P	5000	5000	2.10 (18.6)	8.20 (73)	0.36	0.000063 (0.000056)	2.6 (5.7)
MPL-B310P	5000	5000	1.58 (14)	3.61 (32)	0.77	0.000044 (0.000039) ⁽²⁾	2.7 (5.8)
MPL-B320P	5000	5000	3.05 (27)	7.91 (70)	1.5	0.000078 (0.000069) ⁽²⁾	3.7 (8.0)
MPL-B330P	5000	5000	4.8 (37)	11.1 (98)	1.8	0.00012 (0.00010) ⁽²⁾	4.6 (10)
MPL-B420P	5000	5000	4.74 (42)	13.5 (120)	1.8	0.00026 (0.00023) ⁽²⁾	4.3 (9.4)
MPL-B430P	5000	5000	6.55 (58)	19.8 (175)	2.2	0.00038 (0.00033) ⁽²⁾	5.5 (12)
MPL-B4530F	3000	3000	8.25 (73)	20.3 (180)	2.3	0.00040 (0.00036) ⁽²⁾	7.3 (16)
MPL-B4530K	4000	4000	8.25 (73)	20.3 (180)	2.3	0.00040 (0.00036) ⁽²⁾	7.3 (16)
MPL-B4540F	3000	3000	10.2 (90)	27.1 (240)	2.6	0.00052 (0.00046) ⁽²⁾	8.6 (19)
MPL-B460F	3000	3000	14.1 (125)	34.4 (305)	3.2	0.00078 (0.00067) ⁽²⁾	11.82 (26)
MPL-B520K	3500	4000	10.7 (95)	23.2 (205)	3.5	0.00078 (0.00069)	9.8 (21.5)
MPL-B540D	2000	2000	19.4 (172)	41.0 (362)	3.4	0.00147 (0.013)	15 (33)
MPL-B540K	4000	4000	19.4 (172)	48.6 (430)	5.4	0.00147 (0.013)	20.2 (44.5)
MPL-B560F	3000	3000	26.8 (237)	67.8 (600)	5.5	0.00213 (0.019)	25.4 (56)
MPL-B580F	3000	3000	34.0 (301)	87.0 (770)	7.1	0.00289 (0.023)	26.8 (59)
MPL-B580J	3800	3800	34.0 (301)	81.0 (716)	7.9	0.00289 (0.023)	35.0 (77)
MPL-B640F	2000	3000	36.7 (325)	72.3 (640)	6.1	0.004 (0.0354)	62.8 (556)
MPL-B660F	2000	3000	48.0 (425)	101.1 (895)	6.5	0.0058 (0.051)	60.0 (531)
MPL-B680D	2000	2000	62.8 (556)	154.2 (1365)	9.3	0.0075 (0.0685)	146.9 (1300)
MPL-B680F	2000	3000	60.0 (531)	108.5 (960)	7.5	0.0075 (0.0685)	152.5 (1350)
MPL-B680H	2000	3500	60.0 (531)	146.9 (1300)	7.5	0.0169 (0.150)	203 (1800)
MPL-B860D	2000	2000	82.0 (735)	152.5 (1350)	12.5	0.0224 (0.198)	231 (2050)
MPL-B880C	1500	1500	110.0 (973)	203 (1800)	12.6	0.0273 (0.242)	226 (2000)
MPL-B880D	2000	2000	110.0 (973)	147 (1300)	12.6	0.0273 (0.242)	226 (2000)
MPL-B9603	1200	1200	130.0 (1150)	231 (2050)	12.7	0.0354 (0.313)	278 (2460)
MPL-B960C	1500	1500	124.3 (1100)	226 (2000)	14.8	0.0354 (0.313)	271 (2400)
MPL-B960J	2000	2000	124.3 (1100)	226 (2000)	15.0	0.0354 (0.313)	260 (2300)
MPL-B9803	1000	1000	162.7 (1440)	278 (2460)	15.2	0.0354 (0.313)	237 (2100)
MPL-B980C	1500	1500	158.2 (1400)	271 (2400)	16.8	0.0354 (0.313)	237 (2100)
MPL-B980J	2000	2000	158.2 (1400)	260 (2300)	18.6	0.0354 (0.313)	237 (2100)
MPL-B980E	1500	2750	144.0 (1250)	237 (2100)	13.0	0.0354 (0.313)	237 (2100)

(1) Refer to Kinetix MPL Servo Motor Brake Specifications on page 94 for brake rotor inertia and brake motor weight.
 (2) Rotor inertia can vary slightly depending on feedback.

Nota. Se muestra la tabla de especificaciones para servomotores.

Fuente: Kinetix MPL Servo Motor

4. Especificaciones del servomotor seleccionado

Figura 28

Especificaciones y características del servo motor.

Kinetix MPL Low-inertia Servo Motors



Kinetix MPL servo motors have a compact design to reduce motor size while delivering significantly higher torque. These compact and highly-dynamic brushless servo motors are designed by Allen-Bradley to meet the demanding requirements of high-performance motion systems.

Kinetix MPL Servo Motor Features

Attribute	Value
Main characteristics	<ul style="list-style-type: none"> • High torque to size ratio • Smart Motor Technology • Hiperface (Stegmann) encoder protocol • Low rotor inertia
Features	<ul style="list-style-type: none"> • 200V and 400V-class windings • Single-turn and multi-turn absolute feedback • Incremental and resolver feedback options • High-energy rare-earth magnets • Shaft-end threaded hole • DIN connectors, rotates 180° • Standard IEC 72-1 mounting dimensions
Motor type	Brushless AC synchronous servo motors
Environmental rating	<ul style="list-style-type: none"> • IP50 minimum, without shaft seal (standard). • IP66 with optional shaft seal and use of environmentally sealed cable connectors.
Certifications	Kinetix MPL rotary motors are UL Recognized components to applicable UL and CSA standards. CE marked for all applicable directives. Refer to rok.automation.com/certifications for the Product Certifications website.
Continuous stall torque	0.26...163 N•m (2.3...1440 lb•in)
Peak stall torque	0.74...278 N•m (6.6...2460 lb•in)
Rated speed	Up to 8000 rpm
Motor rated output	0.16...18.6 kW
Compatible servo drives	<ul style="list-style-type: none"> • Kinetix 5500 ⁽¹⁾ • Kinetix 5700 ⁽²⁾ • Kinetix 6200/6500 • Kinetix 6000 • Kinetix 300/350 • Kinetix 2000 • Kinetix 7000
Compatible servo cables	2090-CxxM7xx cables
Typical applications	<ul style="list-style-type: none"> • Packaging • Converting • Material handling • Electronic assembly • Automotive

(1) Requires the 2198-H2DCK (series B or later) Hiperface-to-DSL feedback converter kit.

(2) Requires the 2198-K57CK-015M universal feedback connector kit.

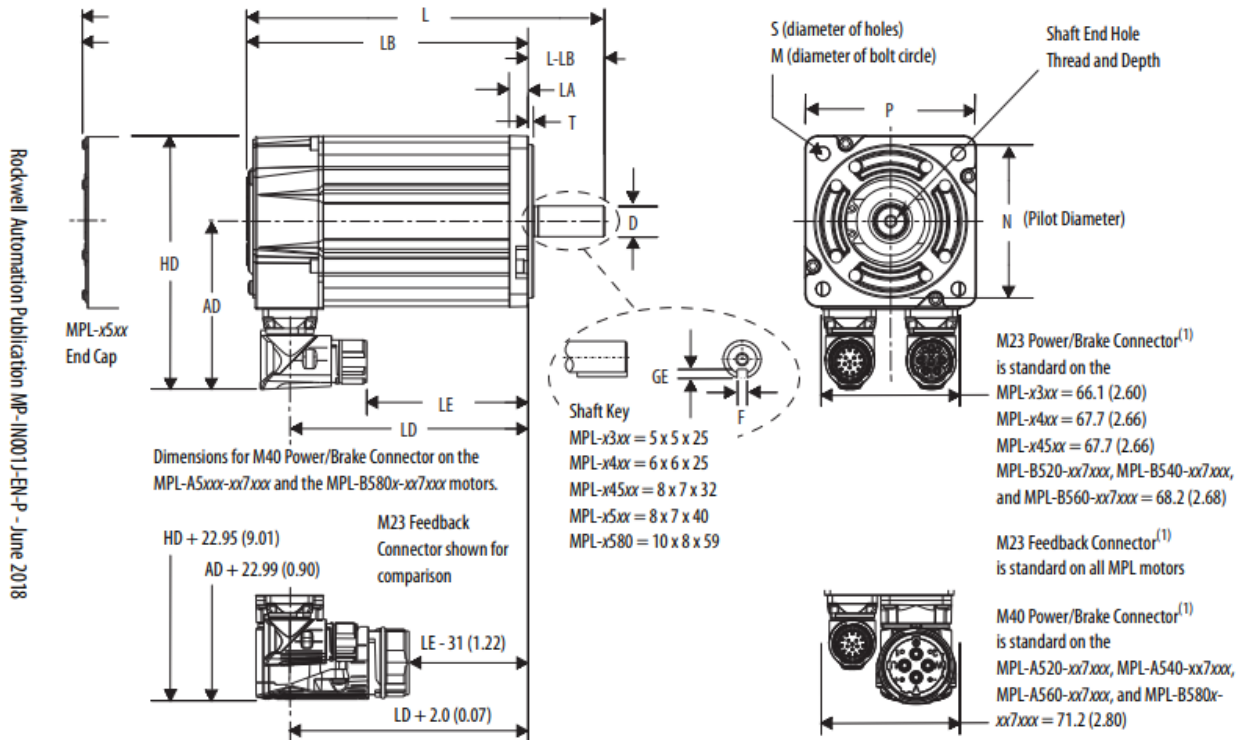
Nota. Se muestran las especificaciones y características principales del servomotor.

Fuente:

https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/2094-um002_-es-p.pdf.

Figura 29

Imagen muestra características del servomotor del brazo descargador.



Nota. Se muestran las características físicas del servomotor, de acuerdo con datos de placa de fabricante.

Fuente:

https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/mp-in001_-en-p.pdf

Luego de seleccionado el servomotor se procede a instalar los servomotores tanto de posición vertical como de posición horizontal para el debido control de posiciones y movimientos del brazo descargador.

Figura 30.

Posiciones del motor.



Con base en la selección del servomotor, se procede por recomendación del fabricante la utilización de los servodrive instalar para dicho proyecto un modelo Allen Bradley Kinetix 6500 el cual cumple con todos los requerimientos de operación necesarios para un correcto uso de los equipos eléctricos.

Estos equipos cuentan con comunicación vía ethernet, posee un excelente filtro que evita interferencias en la comunicación y tráfico de datos, posee excelentes

características de protección contra fallas internas, variedad de configuraciones para los servomotores, controles de encoder, programación sencilla y un excelente stock de repuestos a nivel de mercado.

Figura 31.

Servodrives de control.



Nota. Se muestra la imagen de los servodrives Allen Bradley Kinetix 6500 los cuales son los equipos seleccionados para este proyecto

Fuente: Elaboración propia.

3.4.3 Elaboración de la programación del PLC

Como parte de los alcances del proyecto, se desarrolla toda la lógica de funcionamiento del ciclo del brazo descargador donde a través del análisis realizado, se comienza a implementar la nueva lógica de programación del PLC para que esta cumpla con todas las normas de funcionamiento y seguridad que protejan al personal que opera la máquina, así como el personal de los diferentes departamentos que de una u otra manera deben de estar cerca de la máquina

Para el desarrollo de la programación, se trabaja sobre un PLC marca Allen Bradley modelo SLC 5000, donde a través de la metodología de programación se trabaja en diagrama de escalera, este tipo de programación es el más frecuente en la planta y se utiliza a través del programa Asset centre, el cual permite todo el desarrollo de la herramienta de programación necesaria para poder llevar a cabo el proyecto de mejora

Se realizan diferentes mejoras en cuanto al ciclo de funcionamiento de la máquina, adicional, se modifican las pantallas operativas donde los operadores pueden contar con mejores ajustes de posiciones de los carros de descarga, así como ajustes de posiciones de desplazamiento del brazo descargador tanto vertical como horizontalmente

Figura 32.

PLC instalado: Allen Bradley.



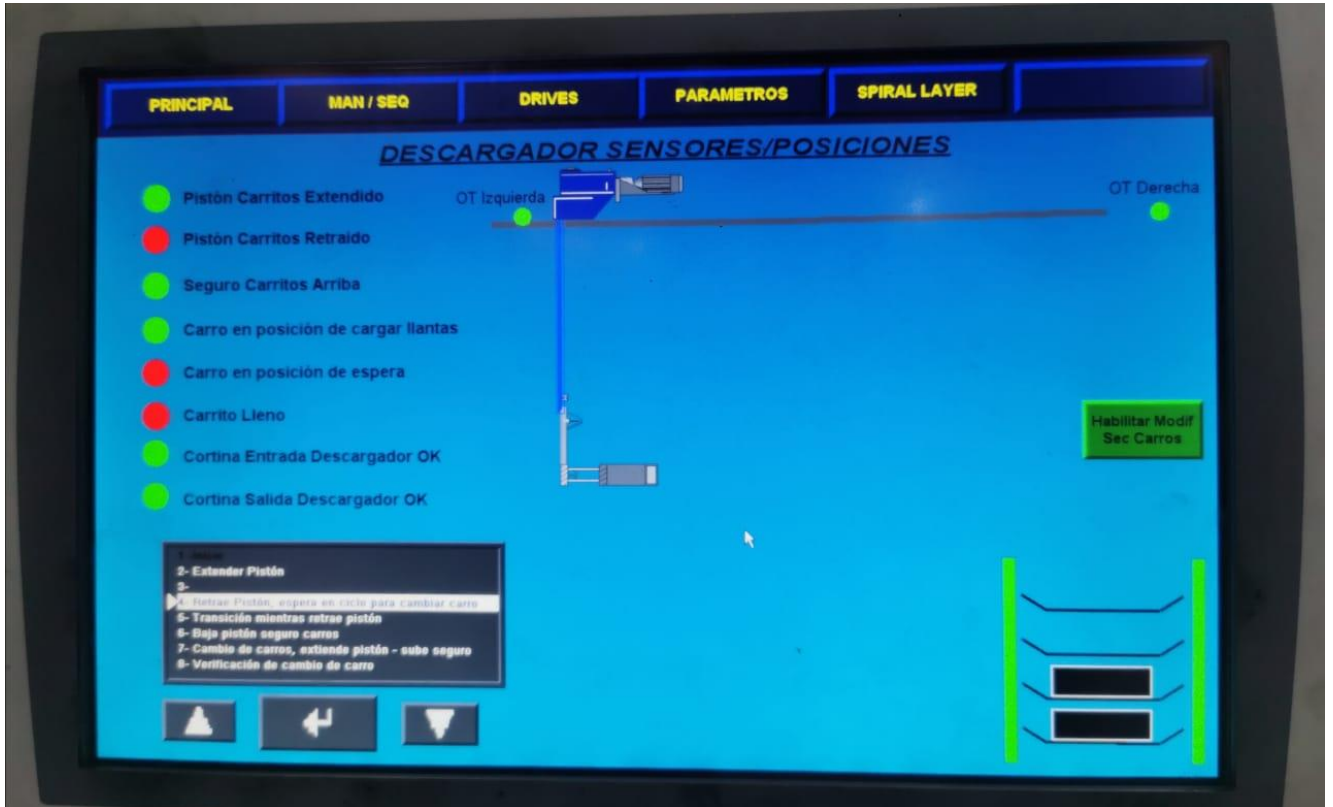
Nota. La imagen muestra el PLC instalado en máquina una vez implementada la mejora del brazo descargador automatizado.

Fuente: *Elaboración propia.*

Se utiliza una pantalla marca Allen Bradley modelo Panel View 1250, el cual es una pantalla touch y la cual permite tener una completa interacción con los usuarios según sea la necesidad de funcionamiento que se requiera en el momento.

Figura 33.

Pantalla operativa #1

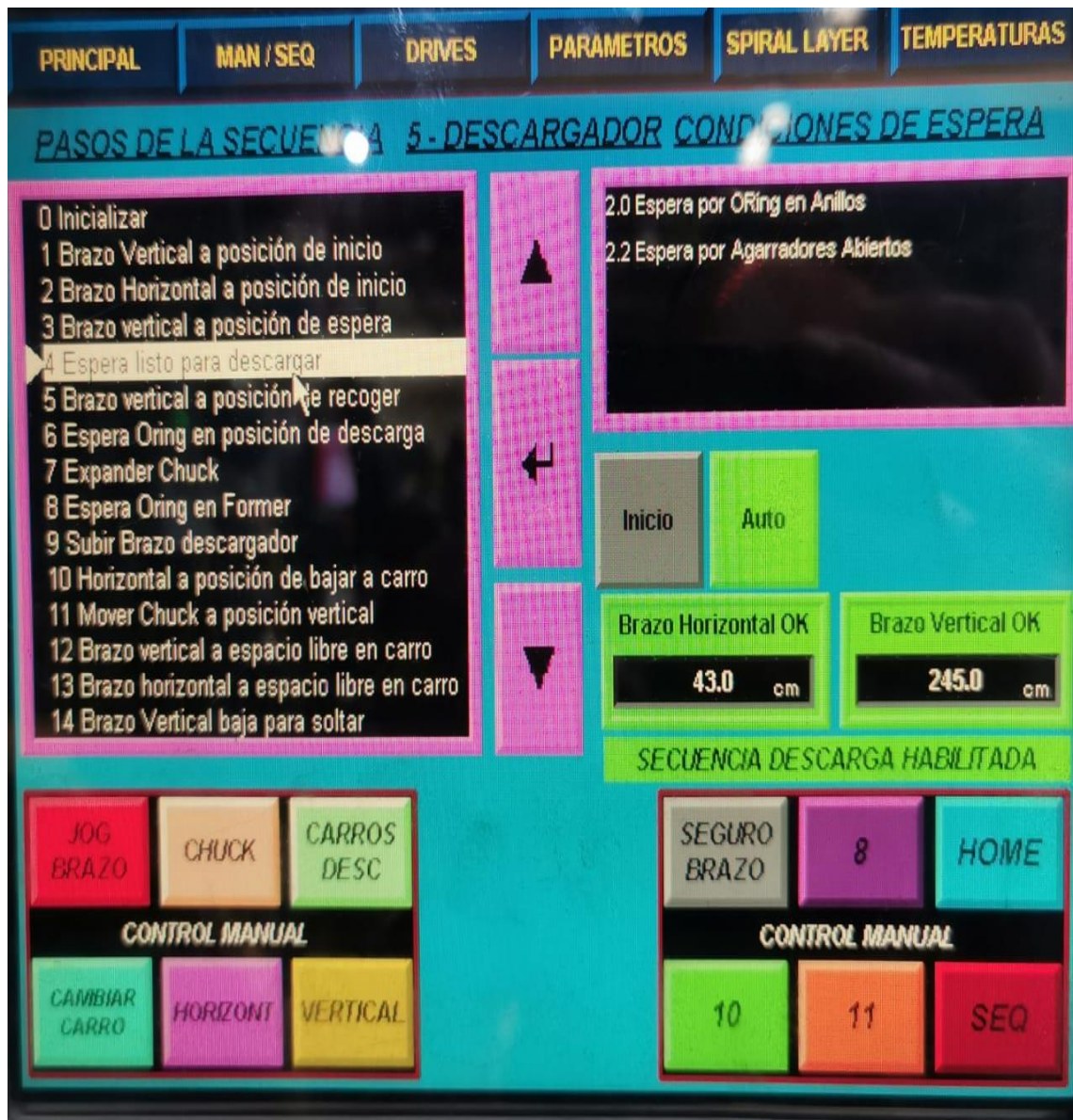


Nota. Se muestran las pantallas programadas para los controles de todas las acciones del brazo descargador que a su vez ayudan con los ajustes tanto manuales como automáticos para mejorar la calidad de ciclo de la máquina

Fuente: *Elaboración propia, del terminal gráfico de Allen Bradley.*

Figura 34.

Pantalla operativa #2

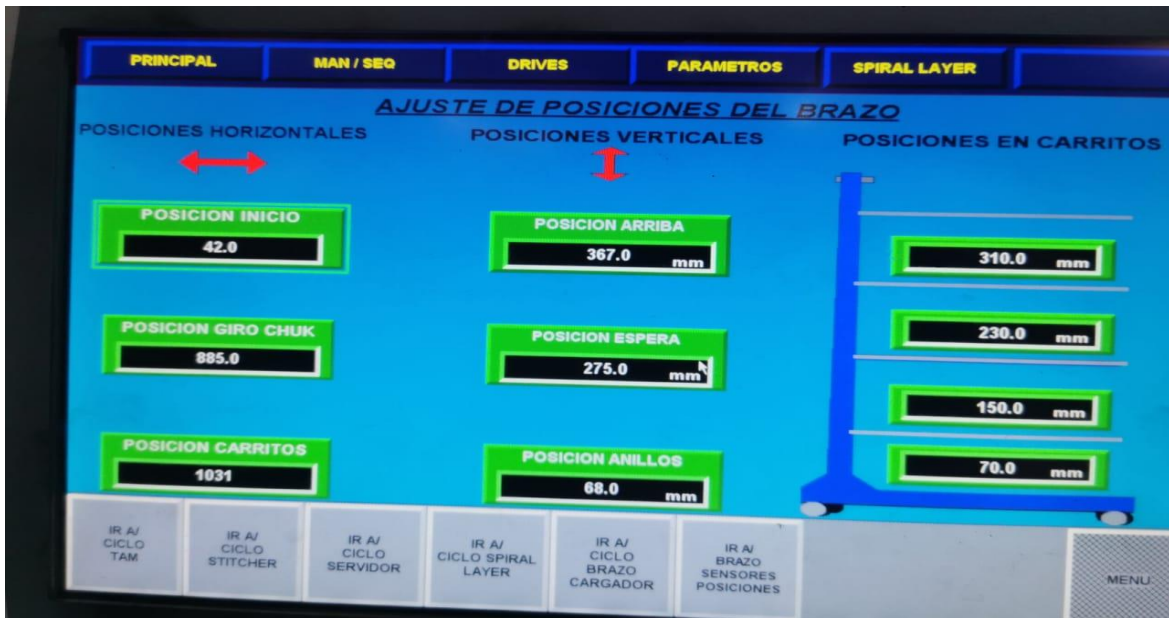


Nota. Se muestran las pantallas programadas para los controles de todas las acciones del brazo descargador que a su vez ayudan con los ajustes tanto manuales como automáticos para mejorar la calidad de ciclo de la máquina

Fuente: Elaboración propia, del terminal gráfico de Allen Bradley.

Figura 35.

Pantalla operativa #3

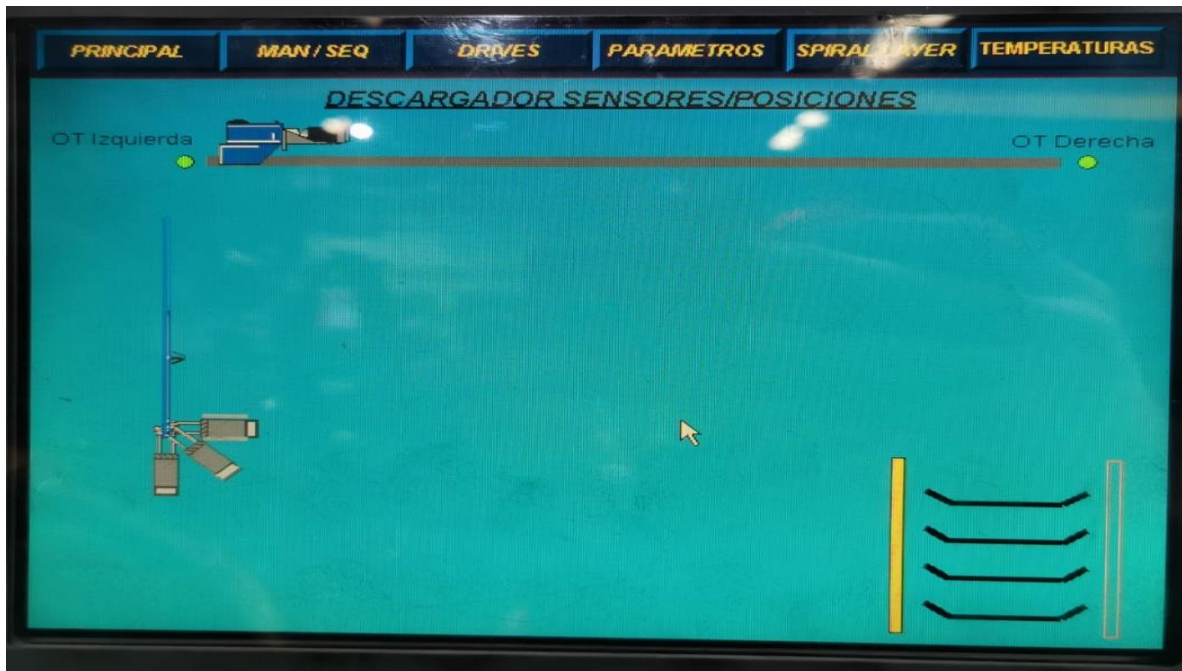


Nota. Se muestran las pantallas programadas para los controles de todas las acciones del brazo descargador que a su vez ayudan con los ajustes tanto manuales como automáticos para mejorar la calidad de ciclo de la máquina

Fuente: Elaboración propia, del terminal gráfico de Allen Bradley.

Figura 36.

Pantalla operativa #4



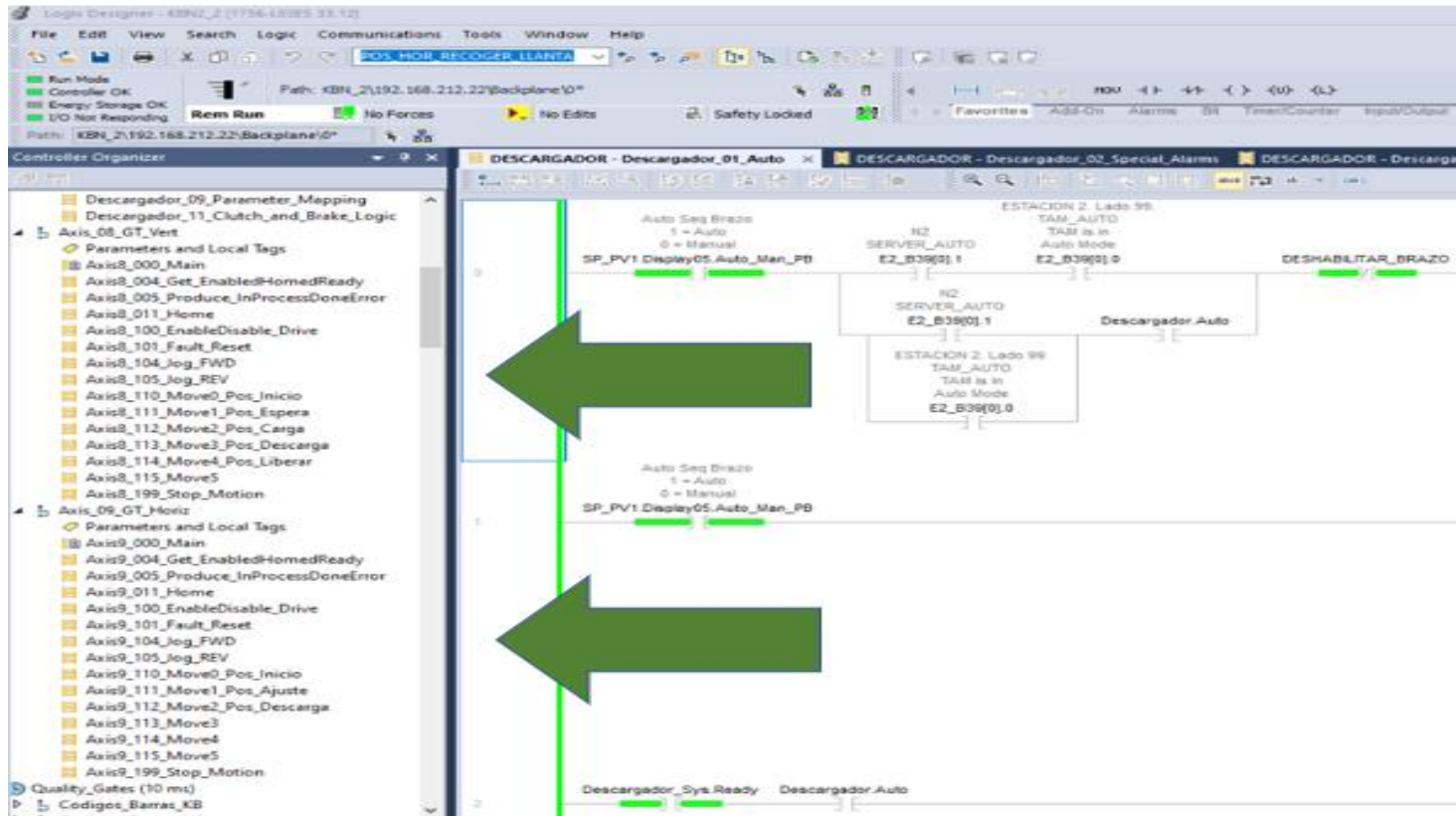
Nota. Se muestran las pantallas programadas para los controles de todas las acciones del brazo descargador que a su vez ayudan con los ajustes tanto manuales como automáticos para mejorar la calidad de ciclo de la máquina

Fuente: *Elaboración propia, del terminal gráfico de Allen Bradley.*

A continuación se adjunta la logica de programación del PLC realizada para el funcionamiento del brazo descargador:

Figura 37.

Logica de programacion del PLC.

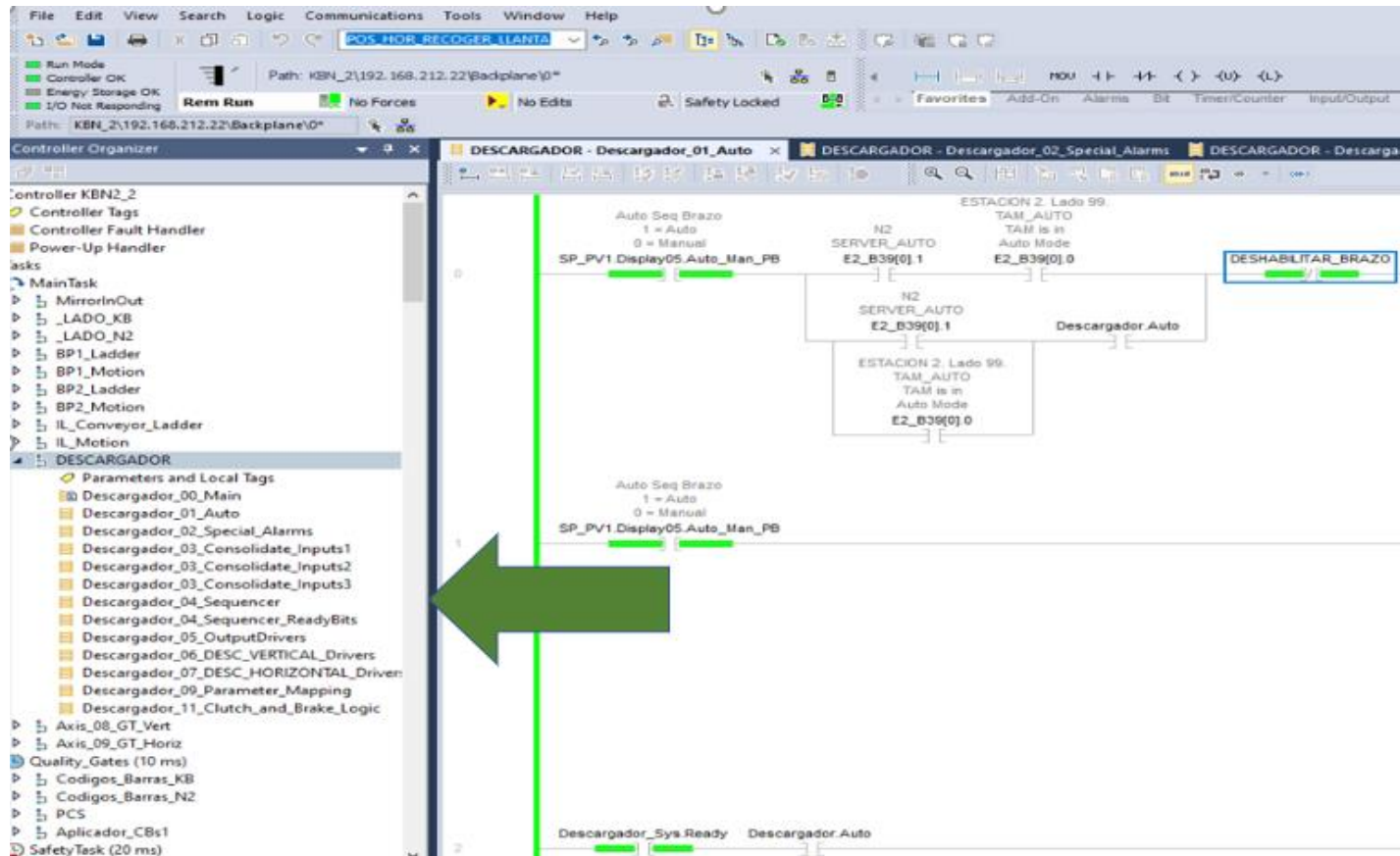


Nota. En esta imagen se aprecia la configuración en de los bloques de escalera de los ejes de control del brazo descargador en los cuales se realizan las diferentes rutinas de programación para los diferentes pasos de la secuencia.

Tomado del software de Allen Bradley.

Figura 38.

Rutinas de secuencia del brazo descargador.

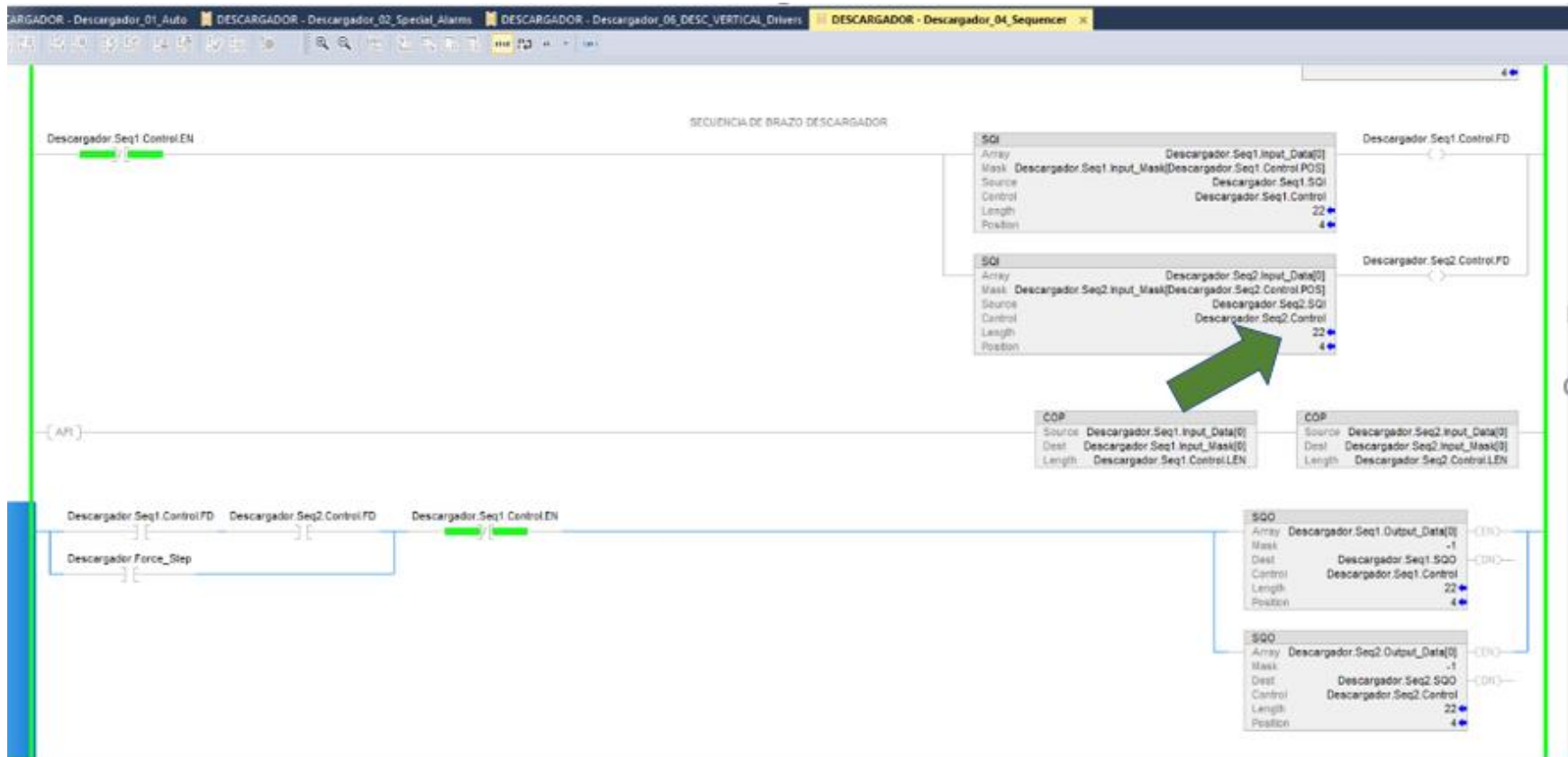


Nota. En esta imagen se muestran las rutinas de secuencia del brazo descargador donde se ubican las entradas, salidas, alarmas, parametros y configuración de control del programa del PLC.

Tomado del software de Allen Bradley.

Figura 39.

Secuenciadores del brazo descargador.

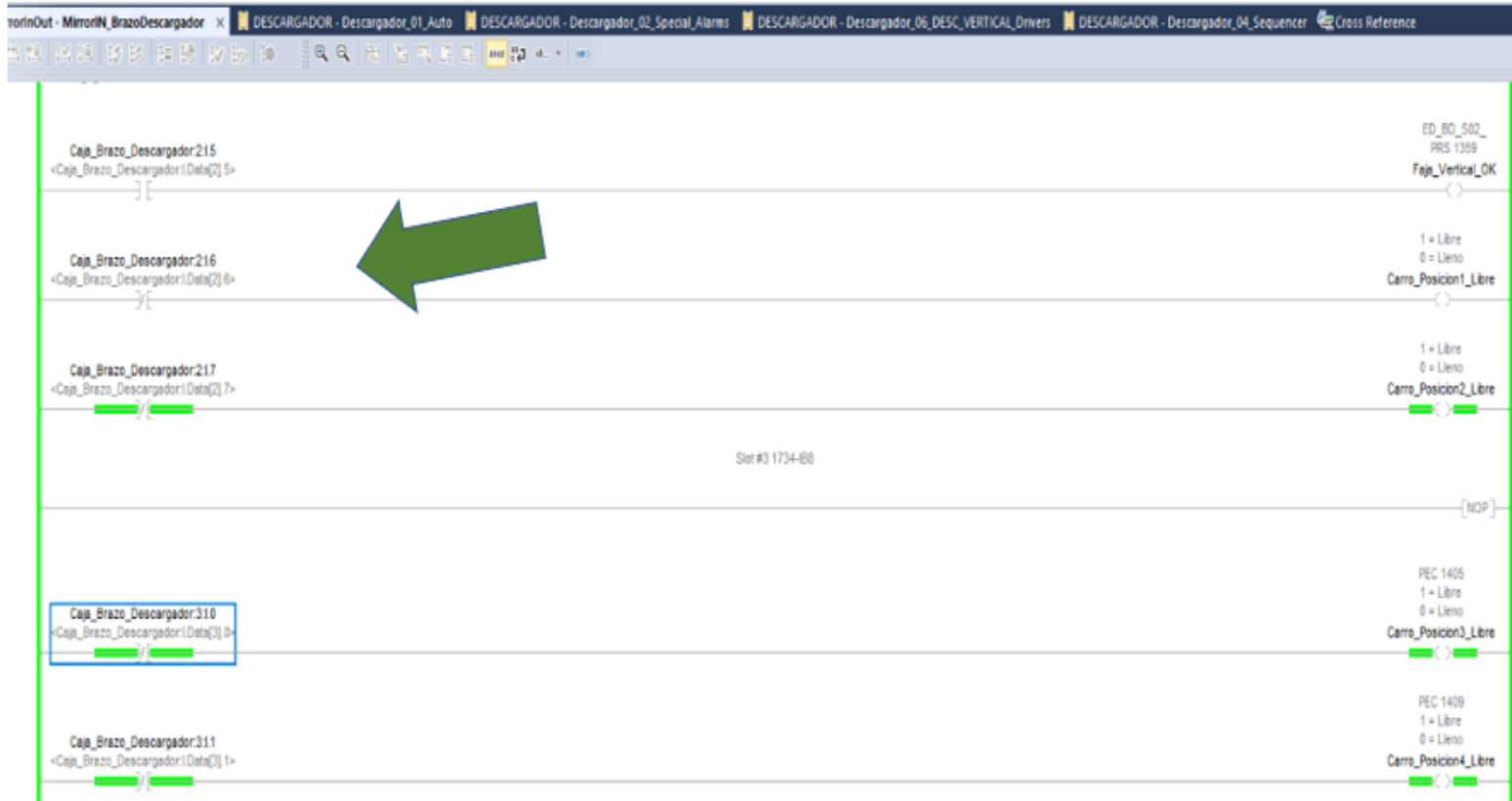


Nota. En esta imagen se aprecia los secuenciadores del brazo descargador donde se especifican 22 pasos de secuencia para el control de las rutinas de funcionamiento.

Tomado del software de Allen Bradley.

Figura 40.

Entradas físicas que controlan los carritos de descarga trabajados por fotoceldas detectoras de posición.

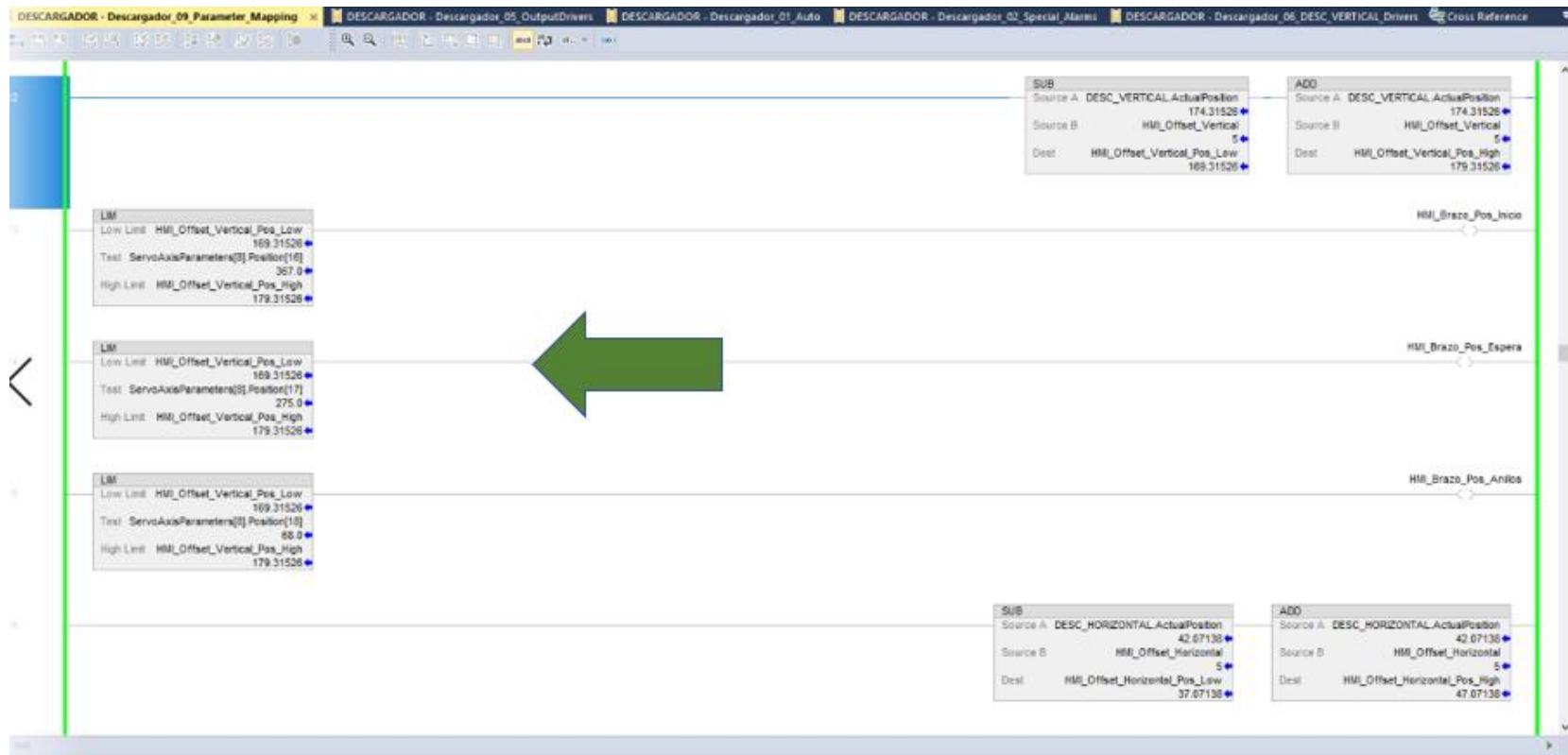


Nota. En esta imagen se muestra parte de las entradas físicas que controlan los carritos de descarga trabajados por fotoceldas detectoras de posición de llanta verde para evitar que no incurra un incidente por un problema de detección de llanta en los carritos.

Tomado del software de Allen Bradley.

Figura 41.

Comparadores referenciados desde una pantalla con un rango mínimo y máximo para dar una posición del brazo descargador.

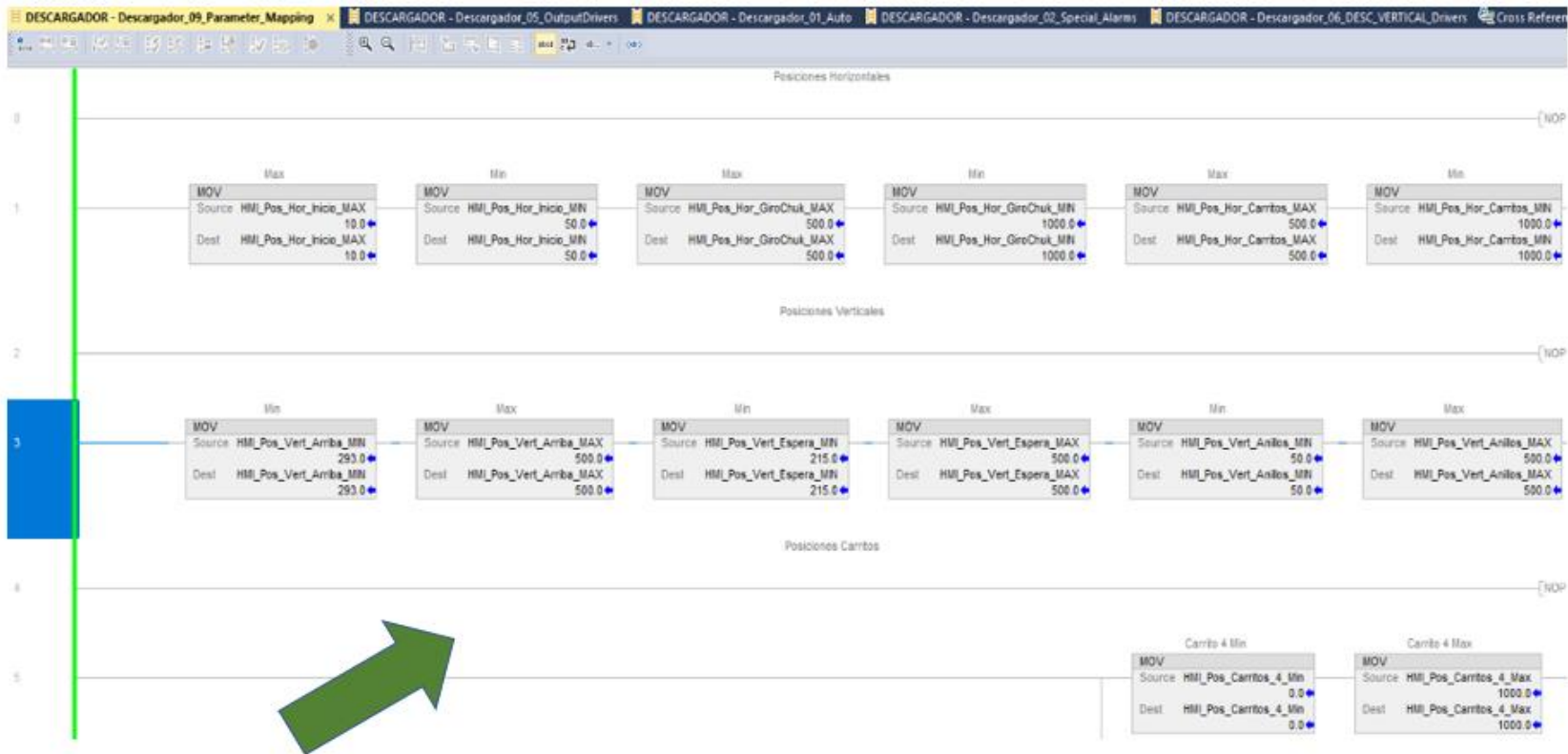


Nota. En esta imagen se muestra parte de los comparadores referenciados desde una pantalla con un rango mínimo y máximo para dar una posición del brazo descargador en máquina donde se controla la posición en la cual esta se ubica según la digitación que el operador quiera darle para el funcionamiento de la máquina.

Tomado del software de Allen Bradley.

Figura 42.

Logica del PLC controladas desde el panel view del operador.

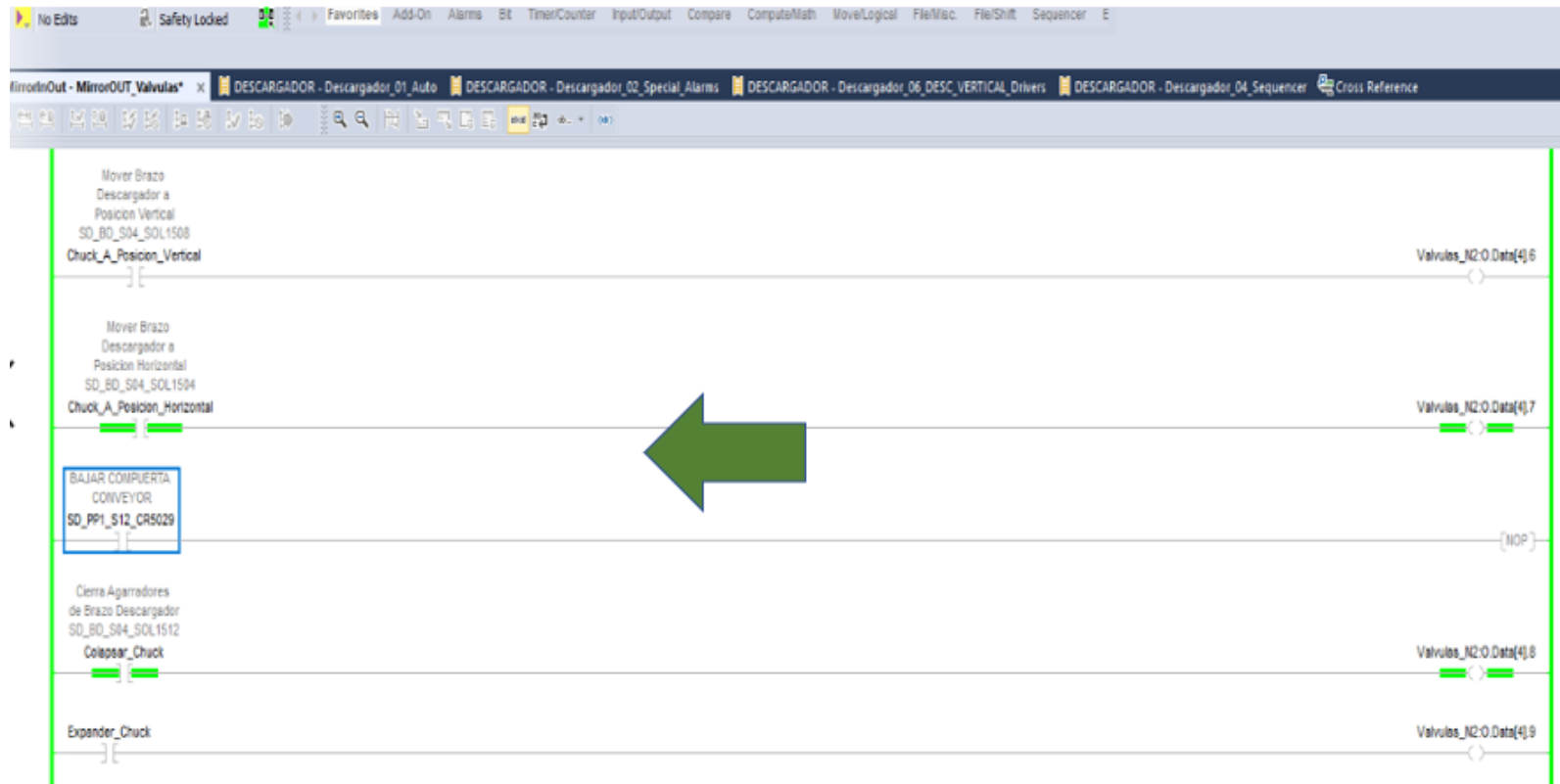


Nota. La imagen muestra las diferentes posiciones a través de la logica del PLC controladas desde el panel view del operador que le indican alturas y desplazamientos de los servomotores para el control del brazo.

Tomado del software de Allen Bradley.

Figura 43.

Salidas directamente desde las válvulas neumáticas que controlan el expandido y colapsado del chuck del brazo descargador.

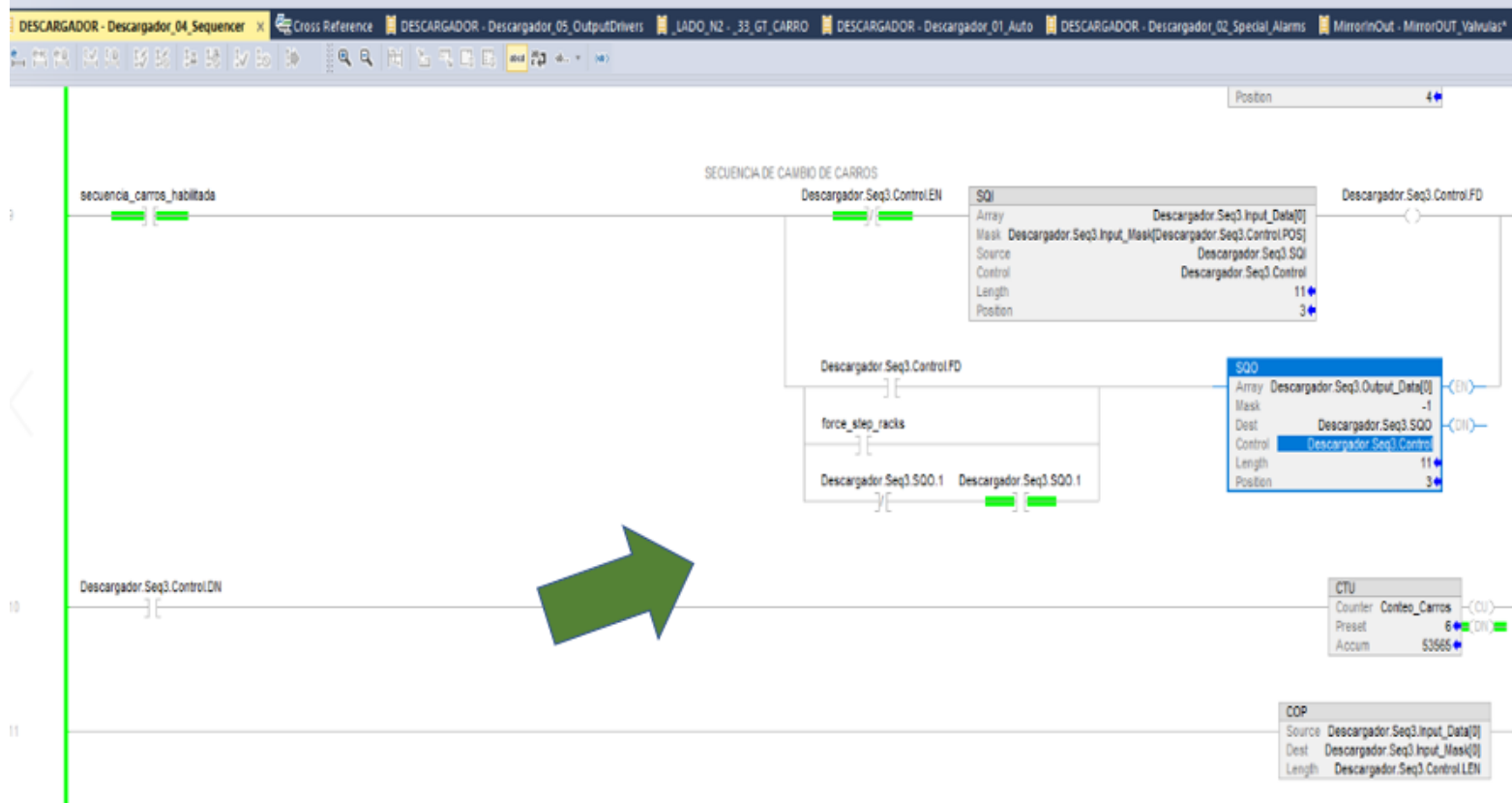


Nota. En esta imagen se muestran las salidas directamente desde las válvulas neumáticas que controlan el expandido y colapsado del chuck del brazo descargador en el cual de igual manera es controlado por la lógica de programación del PLC.

Tomado del software de Allen Bradley.

Figura 44.

Secuenciador de entradas y salidas de los carros de descarga.

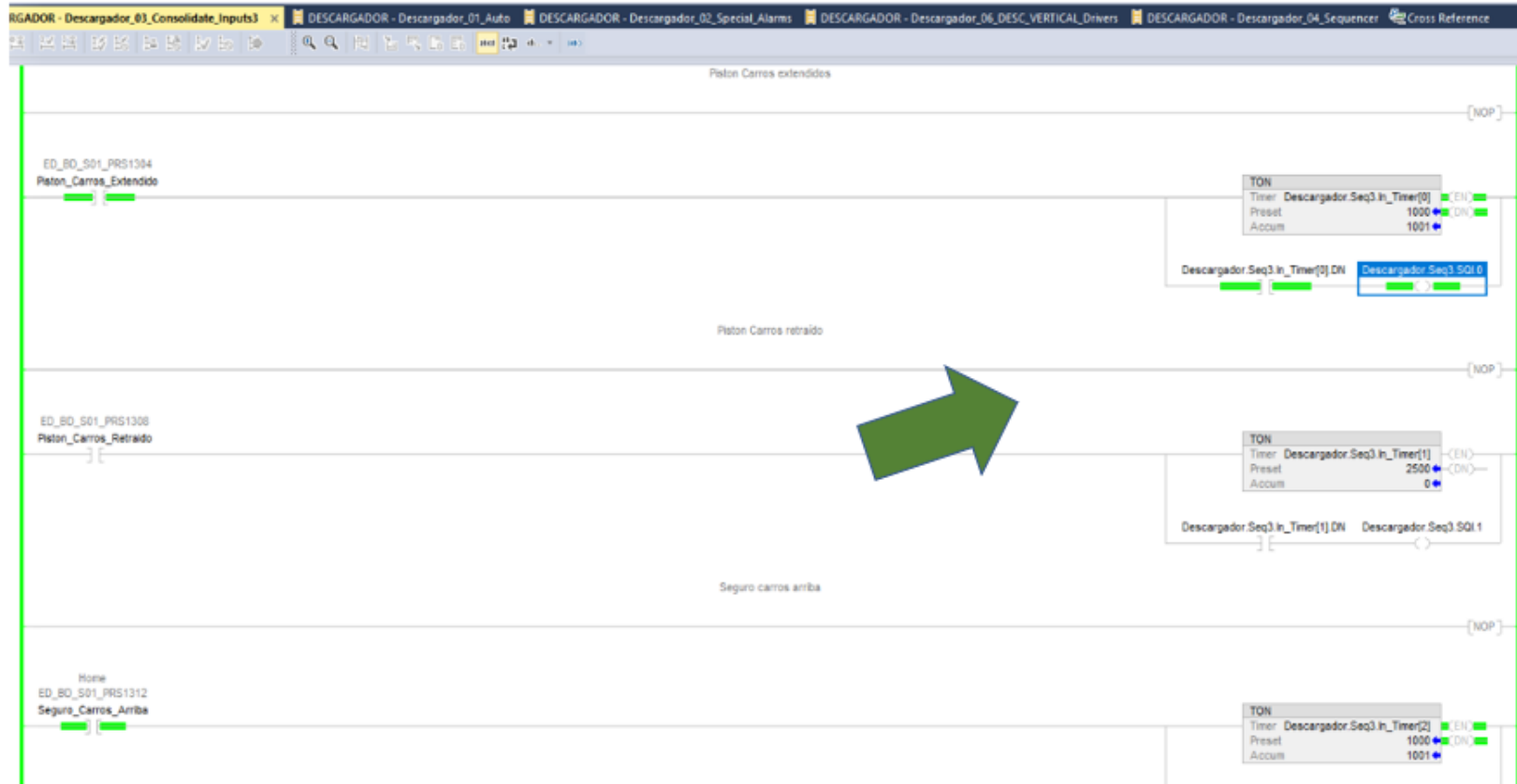


Nota. Esta imagen muestra parte del secuenciador de entradas y salidas de los carros de descarga los cuales hacen los cambios una vez que estos son llenos de llanta verde para así continuar con el transporte de llantas para el área de vulcanización.

Tomado del software de Allen Bradley.

Figura 45.

Rutina de trabajo del pistón de descarga.

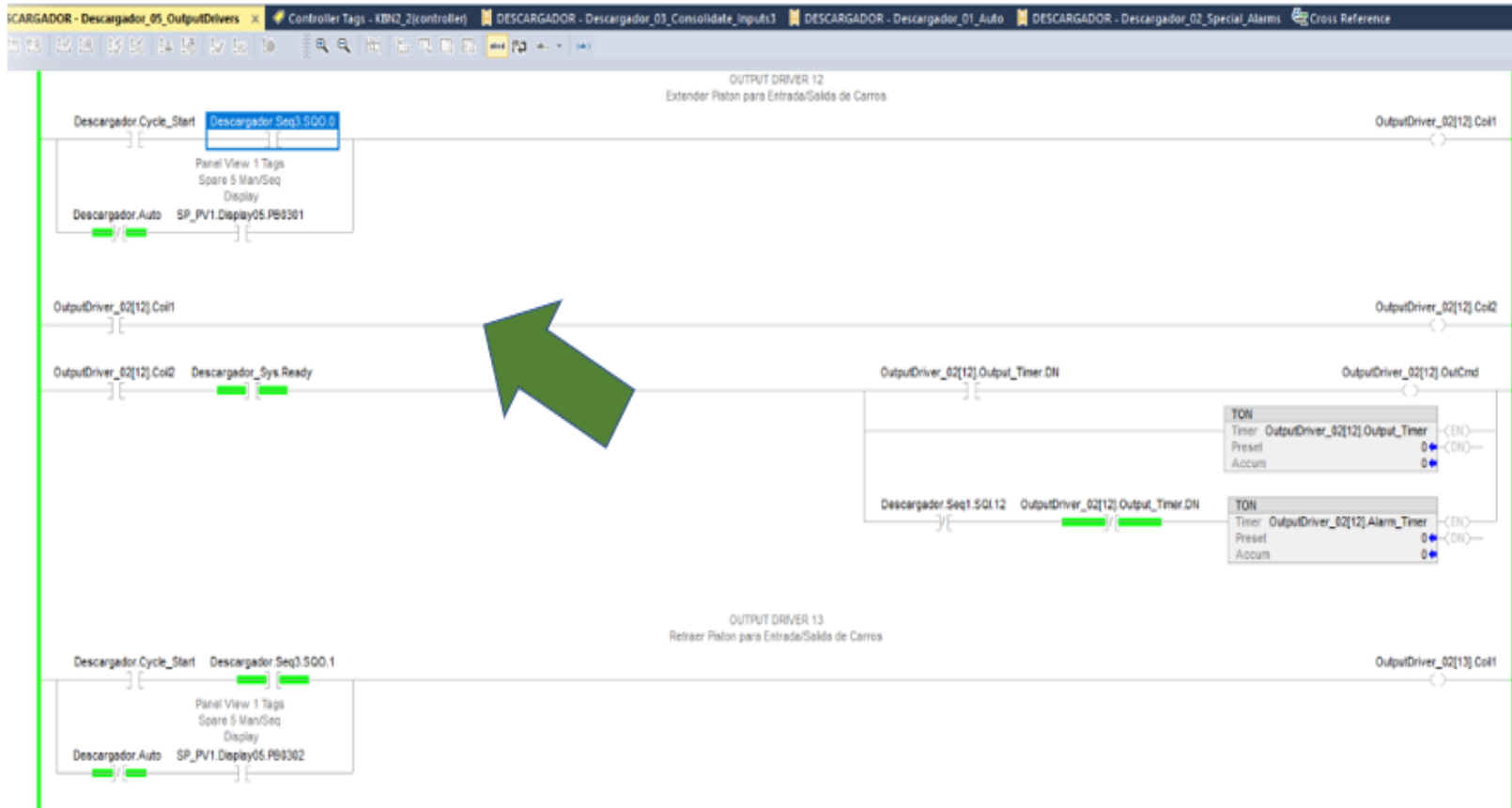


Nota. Esta imagen muestra la rutina de trabajo del pistón de descarga que empuja y retrae los carritos de descarga.

Tomado del software de Allen Bradley.

Figura 46.

Logica de programación de control de los carritos.



Nota. La siguiente imagen muestra parte de la programación realizada para la lógica de programación de control de los carritos, también es parte de la secuencia de lógica de la posición de las llantas en los carros descargadores.

Tomado del software de Allen Bradley.

3.4.4 Elaboración de planos eléctricos del brazo descargador

Parte de los alcances lo que se buscaba es que el proyecto permitiera tener un respaldo de la información técnica que permita en un futuro, tener a mano la información de los equipos, la distribución y la lógica de programación para una posible solución de averías mecánicas o eléctricas

Es por eso por lo que se procede a la elaboración de los planos eléctricos del proyecto lo cual es parte fundamental de información que los técnicos de planta necesitan para la resolución de averías de mantenimiento.

3.5 Simbología eléctrica

Figura 47.

Simbología eléctrica.

EJEMPLO DE NOMENCLATURA ELÉCTRICA		SIMBOLOGÍA DE LÍNEAS		SIMBOLOGÍA					
1001	BOBINA DE CONTACTOR (M)								
1002	SIGLA DEL COMPONENTE Nº DE PAGINA Nº DE FILA								
1003	M1004								
1004	A1 A2								
1005	NO 1007 NC 1008								
1006	M1004								
1007	13 14								
1008	M1004								
1009	21 N22								
	Nº DE FILA								
	Nº DE PAGINA								
SIGLAS DE LOS EQUIPOS									
SIGLA	DESCRIPCIÓN	SIGLA	DESCRIPCIÓN						
AC	AIRE ACONDICIONADO	PBL	BOTÓN PULSADOR ILUMINADO						
ADT	ADAPTADOR	PBD	BLOQUE DE DISTRIBUCIÓN DE POTENCIA						
CR	RELÉ DE CONTROL	PLC	CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE						
DISC	SWITCH DE DESCONEXIÓN	POT	POTENCIÓMETRO						
DR	SERVO DRIVE	PS	SWITCH DE PRESIÓN						
ES	SWITCH ETHERNET	PRS	SWITCH DE PROXIMIDAD						
FAN	VENTILADOR	PAS	FUENTE DE ALIMENTACIÓN						
FU	FUSIBLE	RL	REACTOR DE LÍNEA						
FLS	SWITCH DE FLUJO	REC	RECEPTACULO						
HMI	INTERFAZ DE OPERADOR Y MÁQUINA	SCR	RELÉ DE SEGURIDAD						
M&E	PANEL DE OPERADOR	SF	FILTRO SUPRESOR DE TRANSIENTES						
LS	SWITCH DE LÍMITE	SOL	VÁLVULA SOLENOIDE						
L&L	SWITCH DE LÍMITE BAJO	SAC	CONTROLADOR DE ARRANQUE SUAVE						
LSH	SWITCH DE LÍMITE ALTO	SS	SELECTOR						
LT	LUZ PILOTO	SSL	SELECTOR ILUMINADO						
M	CONTACTOR	T	TRANSFORMADOR						
MN	MÚLTIPLE NEUMÁTICO	TC	TERMOCUPLA						
MTR	MOTOR	TR	RELÉ TEMPORIZADO						
OL	RELÉ DE SOBRECARGA	TAL	TORRE DE LUCES						
PRD	DISTRIBUIDOR POTENCIAL DE CAMPO	UPS	SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIDO						
PB	BOTÓN PULSADOR	VF	VARIADOR DE FRECUENCIA						

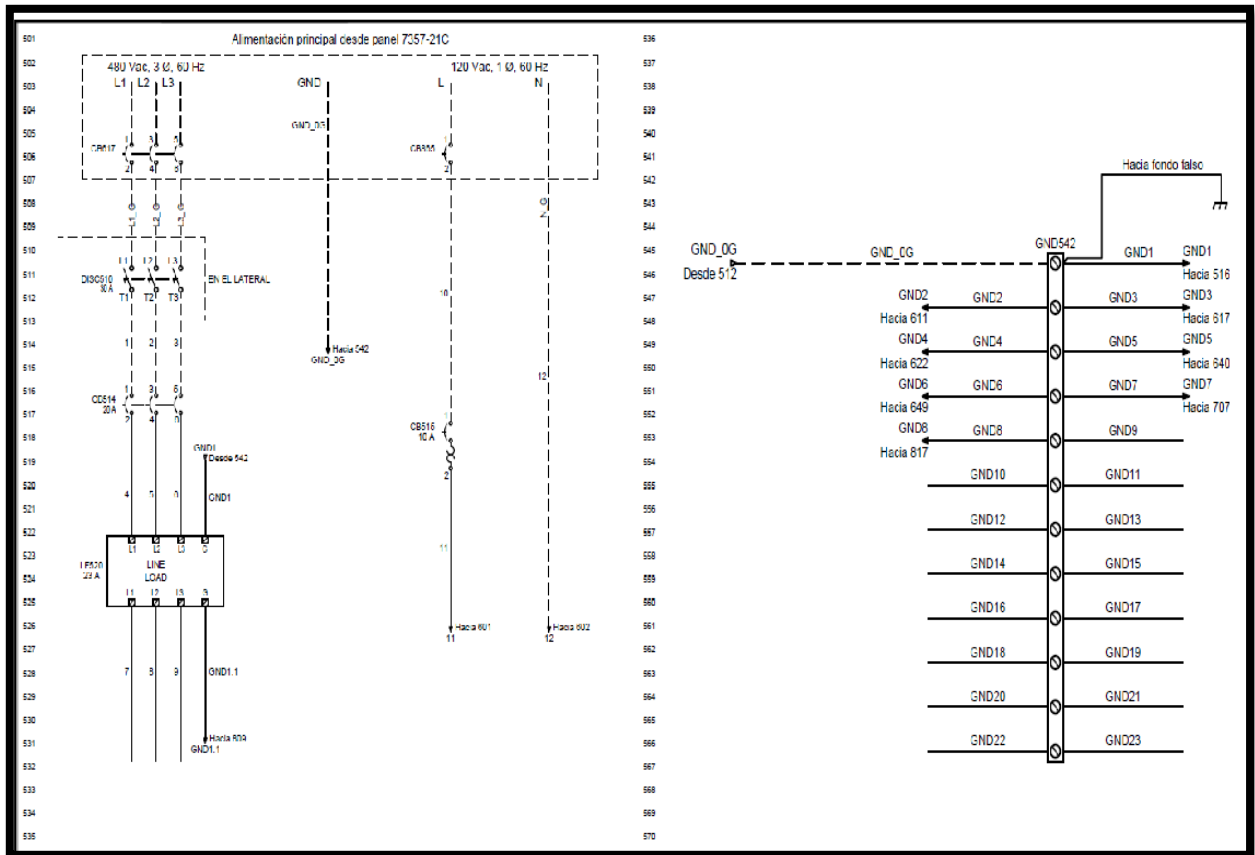
Nota: A continuación, se procede a adjuntar la simbología eléctrica.

Fuente: *Elaboración propia en AutoCAD.*

3.5.1 Panel de control del Brazo descargador

Figura 48.

Alimentación principal desde el panel 7357-21C.

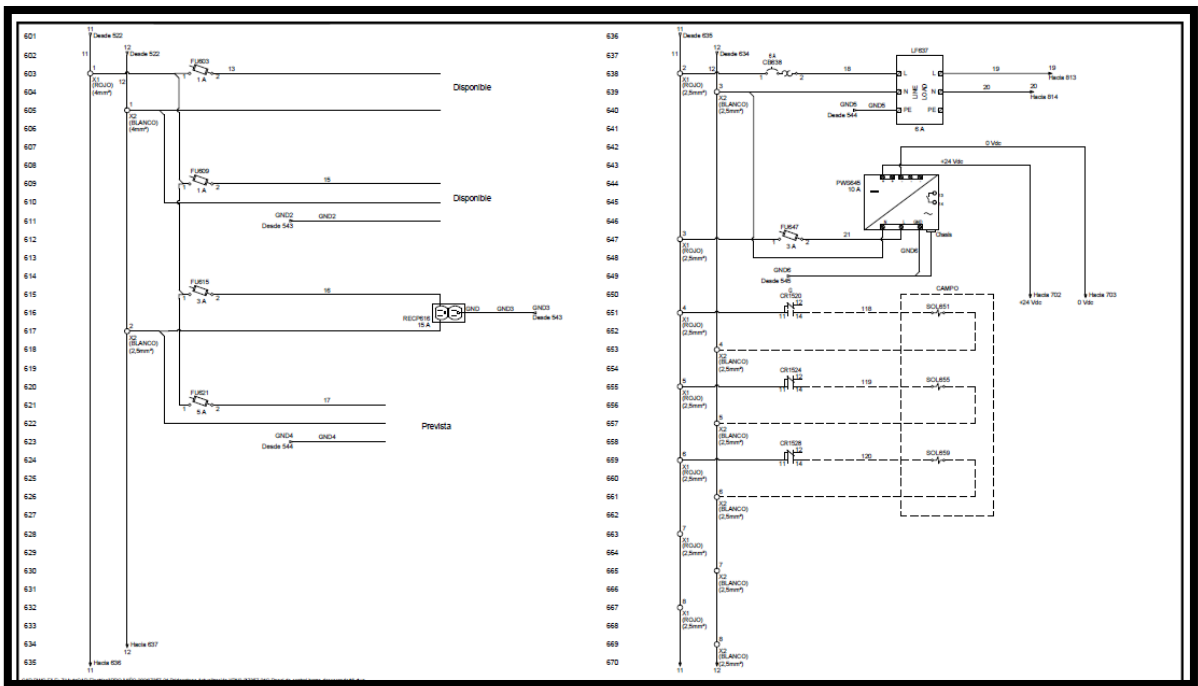


Nota. Figura que muestra la alimentación principal desde el panel 7357-21C, con una tensión nominal de 480 VAC, 3f y una frecuencia de operación de 60 Hz.

Fuente: *Elaboración propia en AutoCAD.*

Figura 49.

Alimentaciones de equipos de 120 VAC.

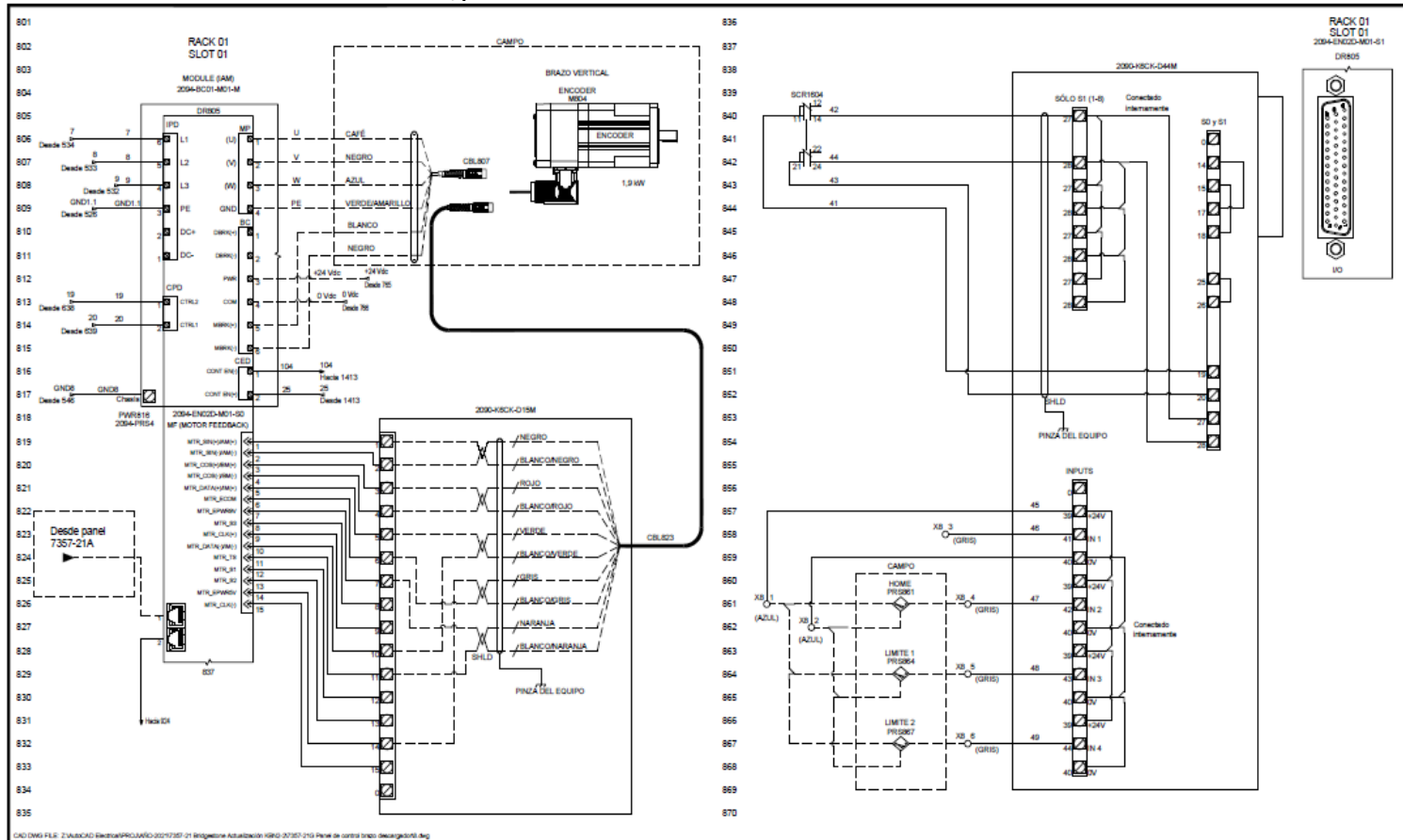


Nota. Se muestran las alimentaciones a los equipos que tienen una tensión nominal de 120 VAC, con sus respectivas protecciones.

Fuente: *Elaboración propia en AutoCAD.*

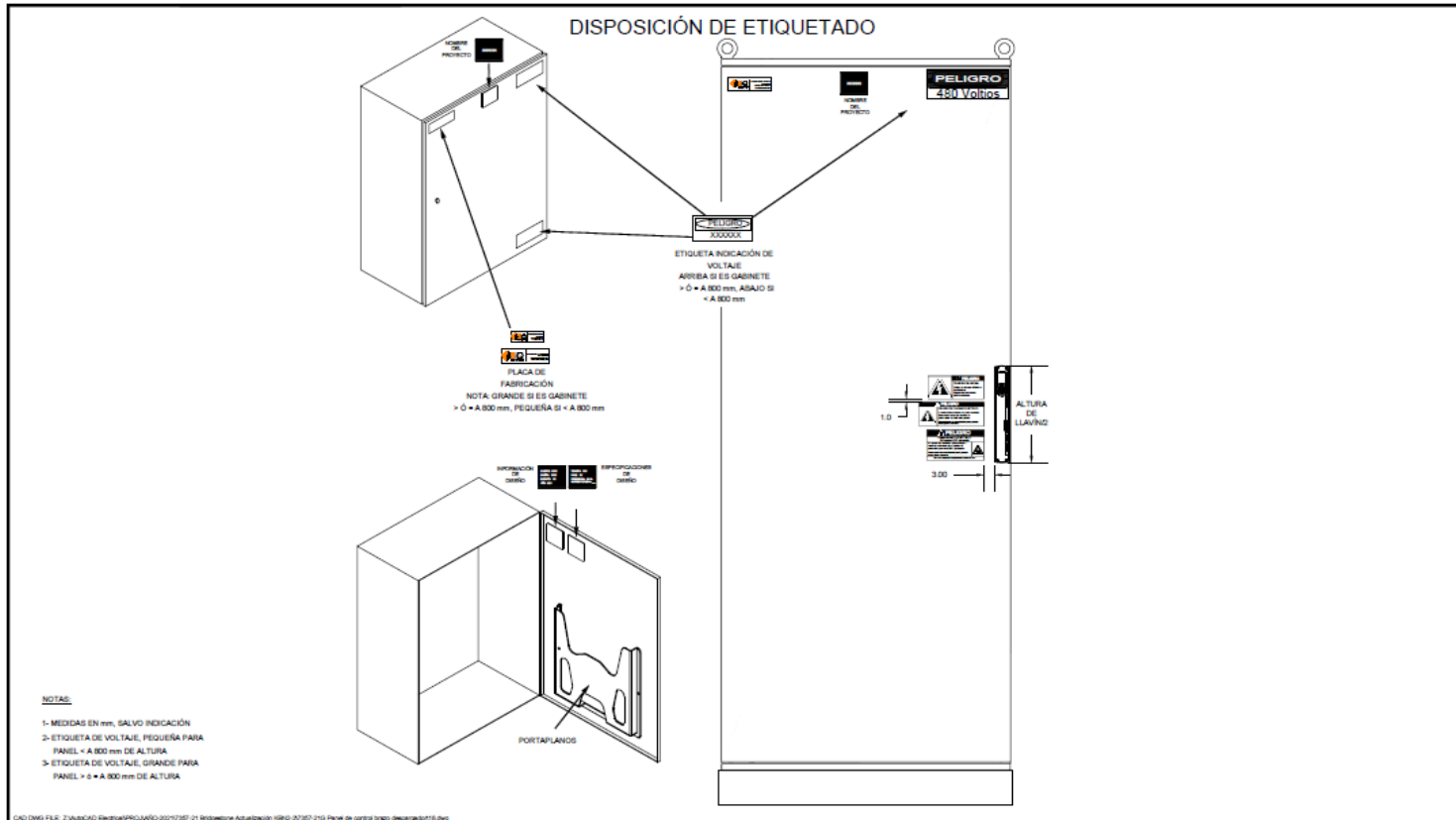
Figura 50.

Panel de control del brazo descargador.



Nota. En esta imagen se muestra el panel de control del brazo descargador, con las respectivas conexiones para el módulo y el servodrive, así como el slot 1.

Fuente: *Elaboración propia en AutoCAD.*



Nota. La imagen muestra el gabinete de control, con sus respectivas disposiciones de etiquetado, que permitan su correcta identificación.

Fuente: *Elaboración propia en AutoCAD.*

3.5.2 Lista de equipos del brazo descargador

Figura 52.

Lista de equipos del brazo descargador.

LISTA DE EQUIPOS						
PAG.	ETIQUETA	CANTIDAD	MARCA	N° DE PARTE	DESCRIPCION	CAPACIDAD
5	DISCS10	"1	HUBBELL	HBLD33AC	INTERRUPTORES DE DESCONEXION, SIN FUSIBLE, TRES POLOS, 30 A 600 Vca, NEMA 4X	30 A
5	CB614	"1	AB	1492-SPM3C200	BREAKER SUPLEMENTARIO DE 3 POLOS, CURVA C, 20 A	20 A
5	CB615	"1	AB	1489-M1C100	BREAKER DE 1 POLO, CURVA C, 10 A	10 A
5	LF520	"1	AB	2090-UXLF-HV323	FILTRO DE LINEA AC TRIFASICO, 460 V / 23 A, @ 40 °C	23 A
5	GND542	"1	HOFFMAN	PGS2K	BARRA PARA TIERRAS AISLADA, 200 mm	
6	FU603	"1	BUSSMANN	BK-AGC-1	FUSIBLE DE ACCION RAPIDA CON PORTAFUSIBLE	1 A
		"1	AB	1492-H6	PORTAFUSIBLE 1492-H6	
6	FU609	"1	BUSSMANN	BK-AGC-1	FUSIBLE DE ACCION RAPIDA CON PORTAFUSIBLE	1 A
		"1	AB	1492-H6	PORTAFUSIBLE 1492-H6	
6	FU615	"1	BUSSMANN	BK-AGC-3	FUSIBLE DE ACCION RAPIDA CON PORTAFUSIBLE	3 A
		"1	AB	1492-H6	PORTAFUSIBLE 1492-H6	
6	REC0616	"1	AB	1492-REC15	RECEPTACULO DOBLE	15 A
6	FU621	"1	BUSSMANN	BK-AGC-5	FUSIBLE DE ACCION RAPIDA CON PORTAFUSIBLE	5 A
		"1	AB	1492-H6	PORTAFUSIBLE 1492-H6	
6	LF637	"1	AB	2090-UXLF-106	FILTRO DE LINEA AC MONOFASICO, 250 V / 6 A, @ 40 °C	6 A
6	CB638	"1	AB	1489-M1C060	BREAKER DE 1 POLO, CURVA C, 6 A	6 A
6	PWS645	"1	AB	1606-XLE240E	FUENTE DE PODER ESENCIAL DE 240 W A 24 Vdc	10 A
6	FU647	"1	BUSSMANN	BK-AGC-3	FUSIBLE DE ACCION RAPIDA CON PORTAFUSIBLE	3 A
		"1	AB	1492-H6	PORTAFUSIBLE 1492-H6	
7	ADT703	"1	AB	1734-AENTR	MODULO ADAPTADOR DE DOS PUERTOS ETHERNET / IP, PARA POINT I/O	
7	CB709	"1	AB	1489-M1C020	BREAKER DE 1 POLO, CURVA C, 2 A	2 A
7	FU713	"1	BUSSMANN	BK-AGC-1	FUSIBLE DE ACCION RAPIDA CON PORTAFUSIBLE	1 A
		"1	AB	1492-H6	PORTAFUSIBLE 1492-H6	
7	FU715	"1	BUSSMANN	BK-AGC-1	FUSIBLE DE ACCION RAPIDA CON PORTAFUSIBLE	1 A
		"1	AB	1492-H6	PORTAFUSIBLE 1492-H6	
7	FU717	"1	BUSSMANN	BK-AGC-1	FUSIBLE DE ACCION RAPIDA CON PORTAFUSIBLE	1 A
		"1	AB	1492-H6	PORTAFUSIBLE 1492-H6	
7	FU719	"1	BUSSMANN	BK-AGC-1	FUSIBLE DE ACCION RAPIDA CON PORTAFUSIBLE	1 A
		"1	AB	1492-H6	PORTAFUSIBLE 1492-H6	
8	DR605	"1	AB	2094-BM02D-M01-S0	MODULO DE CONTROL MULTI EJES PARA SERVO MOTORES KINETIX 6500, SAFE OFF	0.60 A
		"1	AB	2090-H6CX-D44M	KIT DE CONEXION I/O DE 44 PINES, SERIE KINETIX 6000	
		"1	AB	2094-BC01-M01-M	MODULO BASE DE POTENCIA MULTI EJES PARA SERVO MOTORES KINETIX 6200 / 6500, 460 V, 6 KW 9 A	
		"1	AB	2090-H6CX-D15M	KIT DE CONEXION RETROALIMENTACION DEL MOTOR DE 15 PINES, SERIE KINETIX 6200 / 6500	
8	CBL807	"1	AB	2090-CPBMTDF-16AF15	CABLE ALIMENTACION DEL SERVO MOTOR, 15 m	
8	PWR816	"1	AB	2094-PRF4	RIEL DE POTENCIA PARA 4 EQUIPOS, KINETIX 6500	
8	CBL823	"1	AB	2090-CPBMTDF-CEAA15	CABLE MULTICONDUCTOR PARA RETROALIMENTACION DEL MOTOR DE KINETIX 6200 / 6500, CONECTOR DIN, 15 METROS DE LONGITUD, 22 AWG	VERDE
9	DR605	"1	AB	2094-BM02D-M01-S0	MODULO DE CONTROL MULTI EJES PARA SERVO MOTORES KINETIX 6500, SAFE OFF	0.60 A
		"1	AB	2090-H6CX-D44M	KIT DE CONEXION I/O DE 44 PINES, SERIE KINETIX 6000	
		"1	AB	2094-BM02-M	MODULO BASE MULTI EJES PARA SERVO MOTORES KINETIX 6200 / 6500	
		"1	AB	2090-H6CX-D15M	KIT DE CONEXION RETROALIMENTACION DEL MOTOR DE 15 PINES, SERIE KINETIX 6200 / 6500	
9	CBL807	"1	AB	2090-CPBMTDF-16AF15	CABLE ALIMENTACION DEL SERVO MOTOR, 15 m	
9	CBL823	"1	AB	2090-CPBMTDF-CEAA15	CABLE MULTICONDUCTOR PARA RETROALIMENTACION DEL MOTOR DE KINETIX 6200 / 6500, CONECTOR DIN, 15 METROS DE LONGITUD, 22 AWG	VERDE
10	SFR1006	"1	AB	2094-PRF	MODULO PARA RELLENAR ESPACIO EN EL RIEL DE POTENCIA PARA KINETIX 6200 / 6500	
11	SFR1107	"1	AB	2094-PRF	MODULO PARA RELLENAR ESPACIO EN EL RIEL DE POTENCIA PARA KINETIX 6200 / 6500	
13	PLC1304	"1	AB	1734-IB8	MODULO DE 8 ENTRADAS DIGITALES	
		"1	AB	1734-TB8	BASE DE TERMINALES EXTRAIBLE PARA MODULOS POINT I/O, IEC	
13	PLC1339	"1	AB	1734-IB8	MODULO DE 8 ENTRADAS DIGITALES	
		"1	AB	1734-TB8	BASE DE TERMINALES EXTRAIBLE PARA MODULOS POINT I/O, IEC	
14	PLC1405	"1	AB	1734-IB8	MODULO DE 8 ENTRADAS DIGITALES	
		"1	AB	1734-TB8	BASE DE TERMINALES EXTRAIBLE PARA MODULOS POINT I/O, IEC	
15	PLC1504	"1	AB	1734-OB8	MODULO DE 8 SALIDAS DIGITALES	
		"1	AB	1734-TB8	BASE DE TERMINALES EXTRAIBLE PARA MODULOS POINT I/O, IEC	

Nota. La imagen muestra una lista detallada de todos los equipos que forman parte de la integración del módulo de brazo cargador y descargador.

Fuente: *Elaboración propia en AutoCAD.*

Figura 53.

Lista de equipos del brazo descargador.

LISTA DE EQUIPOS						
PAG.	ETIQUETA	CANTIDAD	MARCA	N° DE PARTE	DESCRIPCIÓN	CAPACIDAD
15	OR1520	"1	AB	700-HA32A24	RELÉ DE BASE DE TUBO TIPO HA CON TERMINALES DE PIN Y TOMA 700-HN100	
		"1	AB	700-HN100	TERMINAL DE TORNILLO ZÓCALO DE BASE DE TUBO, CONSTRUCCIÓN DE TERMINAL PROTEGIDO	
15	OR1524	"1	AB	700-HA32A24	RELÉ DE BASE DE TUBO TIPO HA CON TERMINALES DE PIN Y TOMA 700-HN100	
		"1	AB	700-HN100	TERMINAL DE TORNILLO ZÓCALO DE BASE DE TUBO, CONSTRUCCIÓN DE TERMINAL PROTEGIDO	
15	OR1528	"1	AB	700-HA32A24	RELÉ DE BASE DE TUBO TIPO HA CON TERMINALES DE PIN Y TOMA 700-HN100	
		"1	AB	700-HN100	TERMINAL DE TORNILLO ZÓCALO DE BASE DE TUBO, CONSTRUCCIÓN DE TERMINAL PROTEGIDO	
16	SCR1604	"1	AB	700-HPS2224	RELÉ DE SEGURIDAD 700-HPS DPDT CON BASE 700-HN123	
		"1	AB	700-HN123	BASE PARA RELÉ DPDT, MONTAJE EN RIEL DIN	
16	SCR1608	"1	AB	700-HPS2224	RELÉ DE SEGURIDAD 700-HPS DPDT CON BASE 700-HN123	
		"1	AB	700-HN123	BASE PARA RELÉ DPDT, MONTAJE EN RIEL DIN	
ACCESORIOS DEL PANEL						
ETIQUETA	CANTIDAD	MARCA	N° DE PARTE	DESCRIPCIÓN		
	2	RITTAL	M1202800400G	GABINETE EN ACERO AL CARBONO, NEMA/EN/AC TIPO 4, 12, 13, 1200 x 800 x 400 mm		
X4	8	AB	1492-J3-B	BORNE DE CONEXIÓN POR TORNILLO 1492-J, 2,5 mm ² , AZUL		
X5	8	AB	1492-J3-B	BORNE DE CONEXIÓN POR TORNILLO 1492-J, 2,5 mm ² , AZUL		
X2	7	AB	1492-J3-W	BORNE DE CONEXIÓN POR TORNILLO 1492-J, 2,5 mm ² , BLANCO		
X2	1	AB	1492-J4-W	BORNE DE CONEXIÓN POR TORNILLO 1492-J, 4 mm ² , BLANCO		
X1	7	AB	1492-J3-RE	BORNE DE CONEXIÓN POR TORNILLO 1492-J, 2,5 mm ² , ROJO		
X1	7	AB	1492-J4-RE	BORNE DE CONEXIÓN POR TORNILLO 1492-J, 4 mm ² , ROJO		
X3	12	AB	1492-J3-B	BORNE DE CONEXIÓN POR TORNILLO 1492-J, 2,5 mm ² , AZUL		
X3	24	AB	1492-J3	BORNE DE CONEXIÓN POR TORNILLO 1492-J, 2,5 mm ² , GRIS		
X3	8	AB	1492-WFB4	BORNE DE CONEXIÓN POR TORNILLO CON FUSIBLE DE 1 A		
X3	8	BUSSMANN	BK-GMA-1	FUSIBLE MINIATURA DE VIDRIO, ACCIÓN RÁPIDA, 5x20 mm		
X8	12	AB	1492-J3	BORNE DE CONEXIÓN A TIERRA POR TORNILLO 1492-J, 2,5 mm ² , GRIS		
X8	12	AB	1492-J3-B	BORNE DE CONEXIÓN POR TORNILLO 1492-J, 2,5 mm ² , AZUL		
ACCESORIO	1	AB	1492-N37	TAPA FINAL PARA PORTAFUSIBLE H6		
ACCESORIO	8	AB	1492-EA35	SEPARADOR DE BORNES CON ANCLAJE		
ACCESORIO	16	AB	1492-EBJ3	TAPA FINAL PARA BORNES 1492		
ACCESORIO	8	AB	1492-ERL35	SEPARADOR DE BORNES SIN ANCLAJE		
ACCESORIO	3	AB	199-DR2	RIEL DIN DE ACERO 35 mm x 7,5 mm x 2000 mm		
	3			DUCTO DE 60 X 100 X 2000 mm		
	1			DUCTO DE 100 X 100 X 2000 mm		

Nota. La imagen muestra una lista detallada de todos los equipos que forman parte de la integración del módulo de brazo cargador y descargador.

Fuente: *Elaboración propia en AutoCAD.*

3.5.3 Controles para análisis de trabajo, avisos y costos de repuestos

Parte de los controles que se necesitan luego del desarrollo del proyecto son los mantenimientos preventivos

Es por eso por lo que se desarrolla un estándar de mantenimiento preventivo para el brazo descargador el cual va a permitir darle el mantenimiento necesario y que este pueda trabajar en perfecto estado a través del tiempo.

También se desarrolla un Walk thru el cual es un plan de acciones que ayuden a visualizar el funcionamiento del equipo en su etapa de operación

A través de la plataforma del SAP, podemos llevar control de los repuestos sacados de bodega de repuestos para así encontrar la viabilidad del proyecto como tal y verificar el movimiento de los repuestos necesarios para el brazo descargador

A continuación, se adjunta plan de mantenimiento preventivo el cual como recomendación se debe realizar una vez cada 3 meses durante 10 horas.

Figura 54

Estándar preventivo de mantenimiento.

Mes:		Año:		Equipo:		[ESTANDAR DE PREVENTIVO]		Simbología									
May		2022		Armadora kbn#1		BRIDGESTONE DE COSTA RICA		Clasificación		Estatus		Especialista		Ejecución			
								S: Seguridad, C: Calidad, M: Mantenimiento, E: Sist.Energía		P: Parada, T: Trabajando		M: Mecánico, E: Eléctrico, I: Instrumentista, A: Auxiliar, P: Producción		X: Pendiente, v: Realizado			
Item	Sub Equipo	Parte	Descripción	Estado o Parámetro	Acción Correctiva Reparación /Cambio/Ajuste/Lubricación	Estatus		Tiem po [Min /H /D]	Responsible de ejecución	Se Ejecut ó ? [V / X]	Tiem po [Min /H /D]	Observaciones Cuando se requiere / Firma					
						Parada	Trabajando										
1	Sistema de Bloqueo de Energía	Sistema Eléctricos, Neumáticos	Verificar estado de energías peligrosas	Sistemas Apagados, Sistemas cerrados y puegados, sistemas con candado.	Apagar, cerrar, purgas y bloquear.	S	●	2	M	0,3	0	0					
2	Brazo Descargador	Seguro del sistema de los carritos y pistón neumático	Comprobar la eficiencia de los sellos del pistón, sin fugas de aire. Comprobar estado general	Horquillas y pernos sin desgaste, sin fugas de aire. Seguro con buena articulación, sin desgaste en los bushing o rodamientos.	Cambiar sellos / Cambio de pistón / Cambiar bushing o rodamientos / Resocar prisioneros	M	●	1	M	0,5	0	0					
3	Brazo Descargador	Pistón de traslado de carritos	Comprobar la eficiencia de los sellos del pistón, sin fugas de aire. Comprobar estado del pivot del pin, estado de los bushing. Comprobar estado general de guías y rieles.	Correcto funcionamiento del pistón, sin fugas. Guías sin raspones, sin daños y con tornillería socada y completa. Balineras con desplazamiento constante y sin dificultad	Cambiar riel / Cambiar balinera / Resocar y marcar tornillería / Cambiar sellos / Cambiar pistón / Cambiar balinera o riel.	M	●	0	#	0,5	0	0					
4	Brazo Descargador	Fotoceldas, sensores inductivos y Cortina de seguridad en sistema de desplazamiento de carritos	Revisar estado de los sensores, sin golpes y alineados. Chequear alineamiento de fotoceldas o cortinas de seguridad.	Sensores y cortinas sin golpes, ni lentes rayados. Cableado completo, sin empalmes y en buen estado. Sensores correctamente alineados.	Cambiar sensores o cortinas de seguridad / Cambiar o reparar cableado.	M	●	1	M	0,5	0	0					
5	Brazo Descargador	PISTÓN DEL CHUCK VERTICAL / HORIZONTAL. CUCK EXPANDIR/ COLAPSAR	Comprobar eficiencia de los sellos, sin fugas de aire. Comprobar estado general de las uñas o agarradores. Verificar estado de bujes y rodamientos de sistema de giro Vertical u Horizontal de Chuck y sistema de expandir y colapsar uñas	Horquillas y pernos sin desgaste, sin fugas de aire. Pistón sin fugas. Sistemas mecánicos sin juegos, bushing sin desgastes.	Cambiar sellos / Cambio de pistones / Cambiar Bushings o rodamientos/ Cambiar resorte / Resocar tornillería.	M	●	1	M	0,5	0	0					
6	Brazo Descargador	CHUCK	Verificar estado de los sensores y cableado.	Que este en buen estado, en correcto funcionamiento, que el cableado no este expuesto	Reparar o cambiar sensor, fijar correctamente con un torque recomendado de 0,05-0,15 N.m.	M	●	1	E	0,5	0	0					

Nota. Imagen del estándar de mantenimiento preventivo del brazo descargador.

Fuente: *Elaboración propia.*

Figura 55

Estándar preventivo de mantenimiento.

7	Sistema de Brazo Descargador	Orugas	Verificar estado de la oruga, cableado y mangueras neumáticas.	Que este en buen estado, que no le falten segmentos, que este bien fijada, que los cables estén ordenados, mangueras sin fugas.	Revisar, resacar o cambiar de ser necesario.	M	●	1	M	0,5	0	0						
8	Sistema de Brazo Descargador	Desplazamiento brazo vertical	Chequear desgaste en balineras o rieles. Comprobar fijaciones	Guías sin raspones, sin daños y con tornillería socada y marcada. Balineras con desplazamiento constante y sin dificultad.	Cambiar Riel / Cambiar balinera / Resocar y marcar tornillería.	M	●	1	M	0,5	0	0						
9	Sistema de Brazo Descargador	Desplazamiento brazo vertical	Verificar estado y funcionamiento del pistón del seguro del brazo vertical	Horquillas y pernos sin desgaste, sin fugas de aire. / Cavidad donde ingresa seguro sin desgastes	Cambiar sellos / Cambio de pistones / Reparación de base.	M	●	1	M	0,3	0	0						
10	Sistema de Brazo Descargador	Sensores y swiches de posicionamiento de brazo vertical	Comprobar funcionamiento, fijación, estado y cableado de los sensores o limit switches. Inspeccionar estado de las placas que activan los sensores.	Sensores y limit switches fijados correctamente, cableado bien ubicado, socado en los terminales.	Cambiar sensores o limit switches / Reparar cableado.	M	●	1	E	0,6	0	0						
11	Sistema de Brazo Descargador	Faja y poleas de transmisión del brazo vertical	Comprobar tensión y desgaste. Verificar rodamientos de las poleas.	Comprobar presionando o jalando la faja dentada asegurarse que esta no se salga de las poleas, no se debe exceder los límites de tensión para evitar aplastamiento del material en los dientes de los componentes. Sin desgaste. Poleas sin desgaste o signos de aplastamiento. Rodamientos giran libremente.	Tensar Faja / Cambiar faja / Cambiar poleas o rodamientos / Resocar y marcar tornillería.	M	●	1	M	0,5	0	0						
12	Sistema de Brazo Descargador	Reductor de Desplazamiento brazo vertical	Inspeccionar el ruido causado por la caja reductora en funcionamiento, para detectar posibles fallos en los rodamientos o engranajes. Verificar una clara rotación del eje.	Sin ruidos y vibraciones anormales y eje con giro libre sin cabeceo.	Programar cambio de reductor	M	●	1	M	0,5	0	0						
13	Sistema de Brazo Descargador	Motor de Desplazamiento brazo vertical	Inspeccionar estado del bobinado del motor, conexiones eléctricas y estado del cableado de potencia y control	Los tres bobinados están bien aislados y no tienen continuidad con tierra. Con el freno desenergizado se debe bloquear el giro del eje del motor. Conexiones bien socadas. Las terminales de conexión de los cableados deben estar completamente limpias y sin signos de desgaste o cortocircuito	Limpiar terminales de conexión / Cambiar o reparar cableado / Cambiar Servomotor	M	●	1	E	0,8	0	0						
14	Sistema de Brazo Descargador	Desplazamiento brazo horizontal	Chequear desgaste en balineras o rieles. Comprobar rodamientos Mgnill, y guías del sistema. Verificar fijaciones de sistema.	Guías sin raspones, sin daños y con tornillería socada y marcada. Balineras con desplazamiento constante y sin dificultad. Rodamientos giran sin dificultad.	Cambiar Riel / Cambiar balinera / Cambiar rodamientos / Resocar y marcar tornillería.	M	●	1	M	0,8	0	0						

Nota. Imagen del estándar de mantenimiento preventivo del brazo descargador.

Fuente: *Elaboración propia.*

Figura 56

Estándar preventivo de mantenimiento.

15	Sistema de Brazo Descargador	Sensores y switches de posicionamiento de brazo horizontal	Comprobar funcionamiento, fijación, estado y cableado de los sensores o limit switches. Inspeccionar estado de las placas que activan los sensores.	Sensores y limit switches fijados correctamente, cableado bien ubicado, socado en los terminales.	Cambiar sensores o limit switches / Reparar cableado.	M	●				1	E	0,8	0	0				
16	Sistema de Brazo Descargador	Faja y poleas de transmisión del brazo horizontal	Comprobar tensión y desgaste. Verificar rodamientos de las poleas.	Comprobar presionando o jalando la faja dentada asegurarse que esta no se salga de las poleas, no se debe exceder los límites de tensión para evitar aplastamiento del material en los dientes de los componentes. Sin desgaste. Poleas sin desgaste o signos de aplastamiento. Rodamientos giran libremente.	Tensar Faja / Cambiar faja / Cambiar poleas o rodamientos / Resocar y marcar tornillería.	M	●				1	M	0,8	0	0				
17	Sistema de Brazo Descargador	Motor de Desplazamiento brazo horizontal	Inspeccionar estado del bobinado del motor, conexiones eléctricas y estado del cableado de potencia y control	Los tres bobinados están bien aislados y no tienen continuidad con tierra. Con el freno desenergizado se debe bloquear el giro del eje del motor. Conexiones bien socadas. Las terminales de conexión de los cableados deben estar completamente limpias y sin signos de desgaste o cortocircuito	Limpiar terminales de conexión / Cambiar o reparar cableado / Cambiar Servomotor	M	●				1	E	0,8	0	0				
18	Circuito Neumático	Blocks de válvulas, Mangueras, Reguladores de Presión, Manómetros	Inspeccionar estado de los sellos y empaques. Comprobar filtros de entrada de la máquina.	Empaques completos, sin daños, sin fugas.	Limpiar filtros / Reparar fugas.	M	●				1	M	1	0	0				
19	Circuito Neumático	Block de Válvulas y reguladores de presión	Inspeccionar fugas en las válvulas. Inspeccionar cableado del block.	Cableado en buen estado, sujetado y socado en el terminal. Válvulas sin fugas, tornillería socada y marcada	Reparar o cambiar cableado / Cambiar válvulas / Resocar y marcar tornillería.	M	●				1	E	0,8	0	0				
20	Panel Principal	Componente electrónicos	Realizar limpieza del panel en general, aspirar polvo. Inspeccionar fijación correcta de todos los componentes. Inspeccionar cableado de potencia, control y comunicación. Resocar tornillería	Panel completamente limpio, componentes asegurados en los racks. Cableado en buenas condiciones. Tornillería socada	Limpiar y aspirar polvo del gabinete y componente electrónicos. / Fijar correctamente componentes / Resocar Tornillería.	M	●				1	E	1,5	0	0				
21	Panel Principal	Extractor	Chequear suciedad de filtros y componentes de la Unidad. Revisar cableado	Cableado en buen estado. Sistemas limpios y sin polvo. Filtros limpios. Unidad sin ruidos extraños.	Cambiar o Limpiar filtros / Limpiar y aspirar polvo acumulado en el interior de la unidad / Cambiar unidad A/C.	M	●				1	E	0,3	0	0				

Nota. Imagen del estándar de mantenimiento preventivo del brazo descargador.

Fuente: *Elaboración propia.*

3.6 Lista de repuestos del brazo descargador

Parte de los trabajos realizados en el proyecto corresponde a levantar la lista de equipos y repuestos necesarios para realizar el proyecto.

Se hace un inventario y a la vez se le abre código en bodega de repuestos a los repuestos que se necesitan para completar dicha instalación

Figura 58

Listado de repuestos.

No. Parte	Descripción	Cantidad
445LP4S1200YD	SAFE 4 LIGHT CURTAIN, 1200mm PROTECTED HEIGHT,	2
889DF5AC10	CORDSET: DC MICRO (M12) FEMALE STRAIGHT 5-PIN PVC CABLE YELLOW UNSHIELDED 22AWG	4
1783BMS10CA	Stratix 5700 Switch, Managed, 8 Fast Ethernet Copper Ports, 2 Fast Ethernet Combo Ports, Full Software	1
1585JM8CBJM2	ETHERNET MEDIA RJ45 2M	2
2090CFBM7E7CEAF12	12 M FEEDBACK EXTENSION CABLE SPEEDTEC	2
2090CPBM7E716AF12	MP-SERIES 12M POWER AND BRAKE CABLE	1
1732E16CFGM12QCR	1732 ArmorBlock EtherNet/IP, EtherNet/ IP, Self-Configuring, 16 Self-Configuring, Dual-Port, Quick Connect, DC Micro (M12), Without CIP SYNC Input, Without Diagnostics, Dual Port	1
879DF4DM	SPLITTER DC MICRO	5
889DM4EC5	889D DCMICRO CORDSET/PATCHCORD	13
889DM4EC5	889D DCMICRO CORDSET/PATCHCORD	4
1585DM4UBJM10	M12 to RJ45 Patchcord, Shielded - Braided with Foil shielded, PUR Cable, 10 Meter	1
872CD3NE12D4	SENSOR INDUCTIVO, TAMAÑO DE CABEZA DE: 12MM, DISTANCIA DETECCIÓN DE: 3MM BLINDADO,ALIMENTACIÓN: 10...30VCD, TIPO SALIDA: NA , TIPO CONEXIÓN: MICRO CD 4 PINES	10

No. Parte	Descripción	Cantidad
42JTD2LAT1P4	SENSOR DIFUSO NORMAL VISISIGHT , CON DISTANCIA DE SENSADO DE 3... 800MM, ALIMENTACIÓN 24VDC, SALIDA: AUTO NPN O PNP, IP 67/69K, CONECTOR PICO CD 4 PINES	2
42JTP2LAT1P4	SENSOR RETROREFLECTIVO VISISIGHT , CON DISTANCIA DE SENSADO DE 0.1... 6M, ALIMENTACIÓN 24VDC, SALIDA: AUTO NPN O PNP, IP 67/69K, CONECTOR PICO CD 4 PINES	4
889PF4AB2	CABLE CON CONECTOR RECTO TIPO PICO 4 PINES, ROSCA M8, FORRO PVC AMARILLO, LONGITUD 2 METROS	6
2094EN02DM01S0	KINETIX 6500 SAFE OFF CONTROL MODULE ETHERNET	1
2094SE02FM00S0	KINETIX 6200 SAFE OFF CONTROL MODULE SEERCOS	1
2094-BC02-M02-M	POWER MODULE KINETIX IAM	1
MPL-B420P-MJ74AA	SERVOMOTOR	1
2090-CPWM7DF-16AA30	POWER CABLE SERVOMOTOR	1
2090-CFBM7DF-CEAA30	CONTROL CABLE SERVOMOTOR	1
2094-BM02-M	POWER MODULE KINETIX AM	1
2090-CPWM7DF-16AA30	POWER CABLE SERVOMOTOR	1
2090-CFBM7DF-CEAA30	CONTROL CABLE SERVOMOTOR	1
1734IB8S	8 CHANNEL SAFETY SINKING INPUT MODULE	1
1794PS13	85-264 VAC TO 24 VDC 1.3A POWER SUPPLY	1
1734AENTR	POINT ADAPTER	1
WAGO10400	Modulo de control remoto	1

Nota. Se detalla lista de equipos que conforman parte del proceso del brazo descargador de llanta verde.

Fuente: *Elaboración propia.*

3.7 Proceso de montaje del proyecto

En las figuras 62 y 63, se muestra parte del proceso de montaje, tanto del panel del brazo descargador, así como el control de este.

Figura 59.



Fuente: Elaboración propia.

Imagen del Proceso de montaje del panel del brazo descargador

Figura 60.



Imagen del panel de control del brazo descargador

Fuente: Elaboración propia.

Figura 61.

Proceso de montaje de equipos de desplazamiento.



Nota. Imagen del Proceso de montaje de equipos para el desplazamiento de los carritos de descarga.

Fuente: *Elaboración propia.*

Figura 62.

Barandas de seguridad para el brazo descargador.



Nota. Imagen de instalación de barandas de seguridad para el brazo descargador.

Fuente: *Elaboración propia.*

3.8 Resultado final del sistema de descarga de la línea de producción KBN1

Finalmente, en la siguiente figura se muestra como quedó el brazo ya instalado y funcionando.

Figura 63

Brazo mecánico instalado.



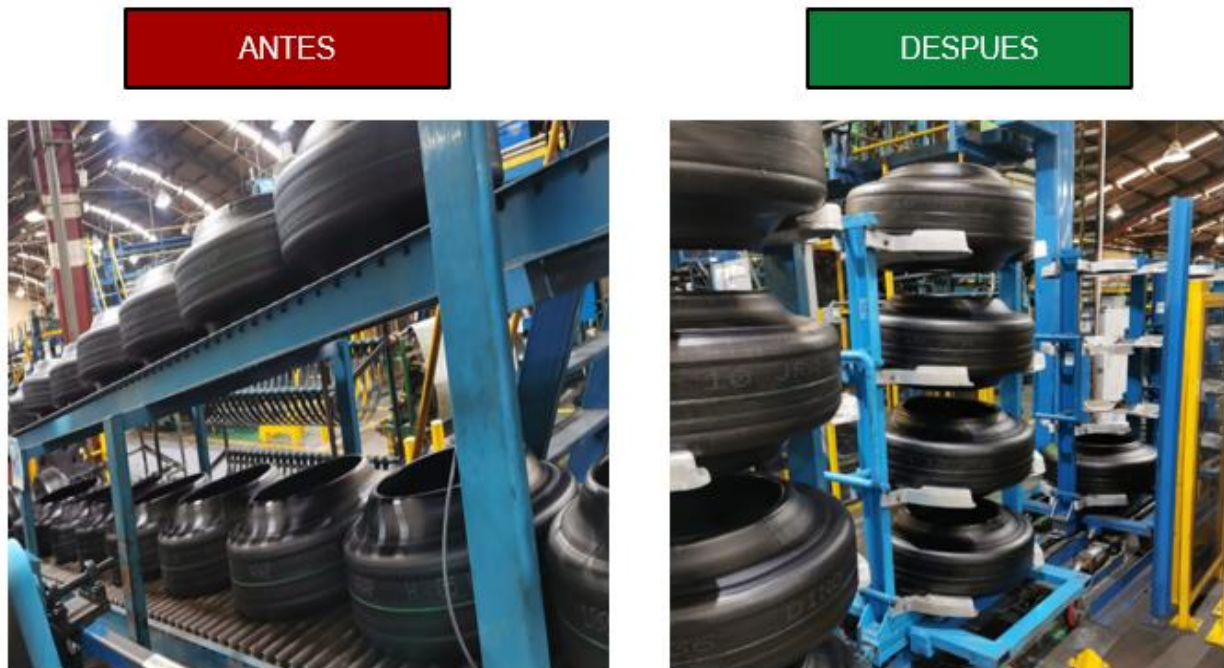
Nota. Figura que muestra como quedó el brazo ya instalado y funcionando.

Fuente: *Elaboración propia.*

Después de instalar y poner en marcha el sistema robotizado de descarga del producto terminado en la salida de la línea de producción KBN1, los procesos mejoraron considerablemente y a continuación se evidencia ello, con las siguientes figuras:

Figura 64

Antes y el después de los procesos de descarga.

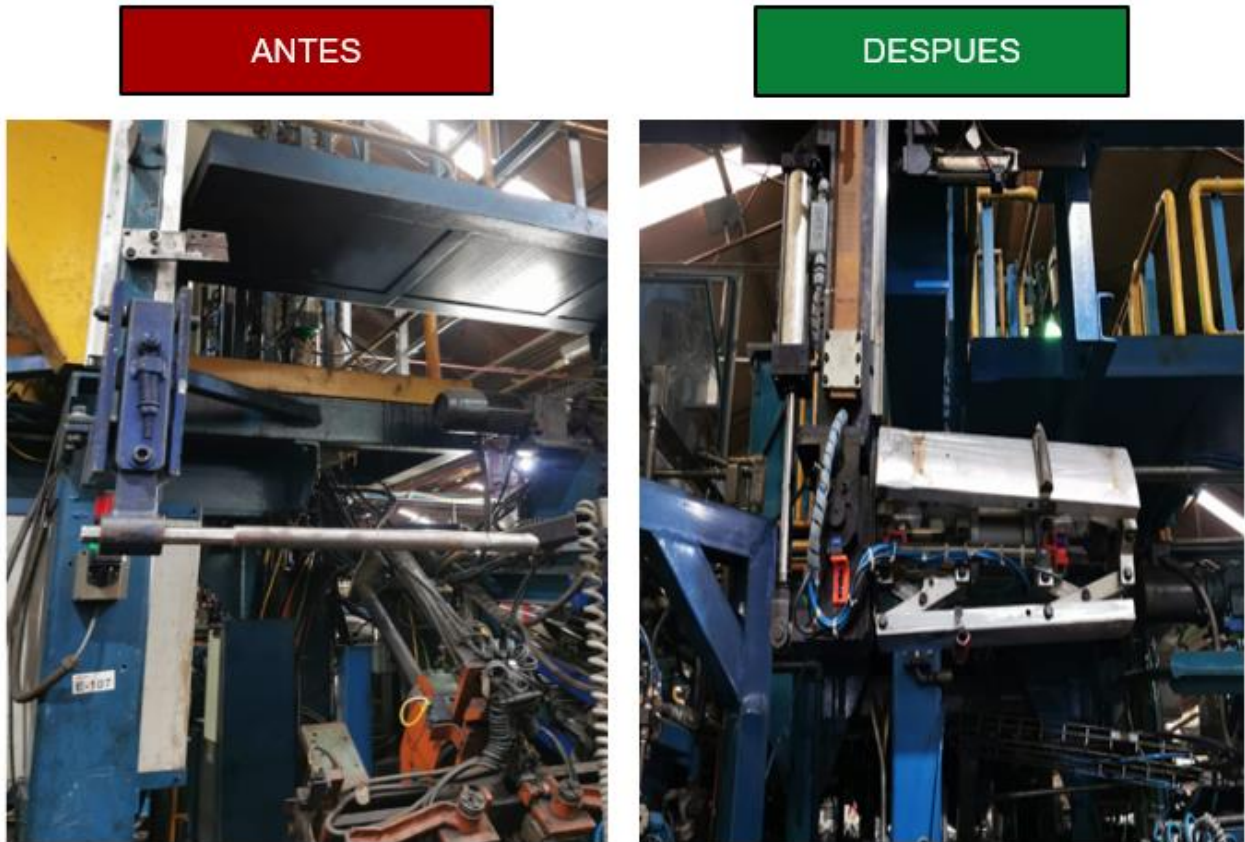


Nota. Imagen del antes y el después de los procesos de descarga de llanta verde.

Fuente: *Elaboración propia.*

Figura 65

Antes y el después del Chuck del brazo descargador.



Nota. Imagen del antes y el después del Chuck del brazo descargador.

Fuente: *Elaboración propia.*

Figura 66

Antes y el después del proceso de descarga.



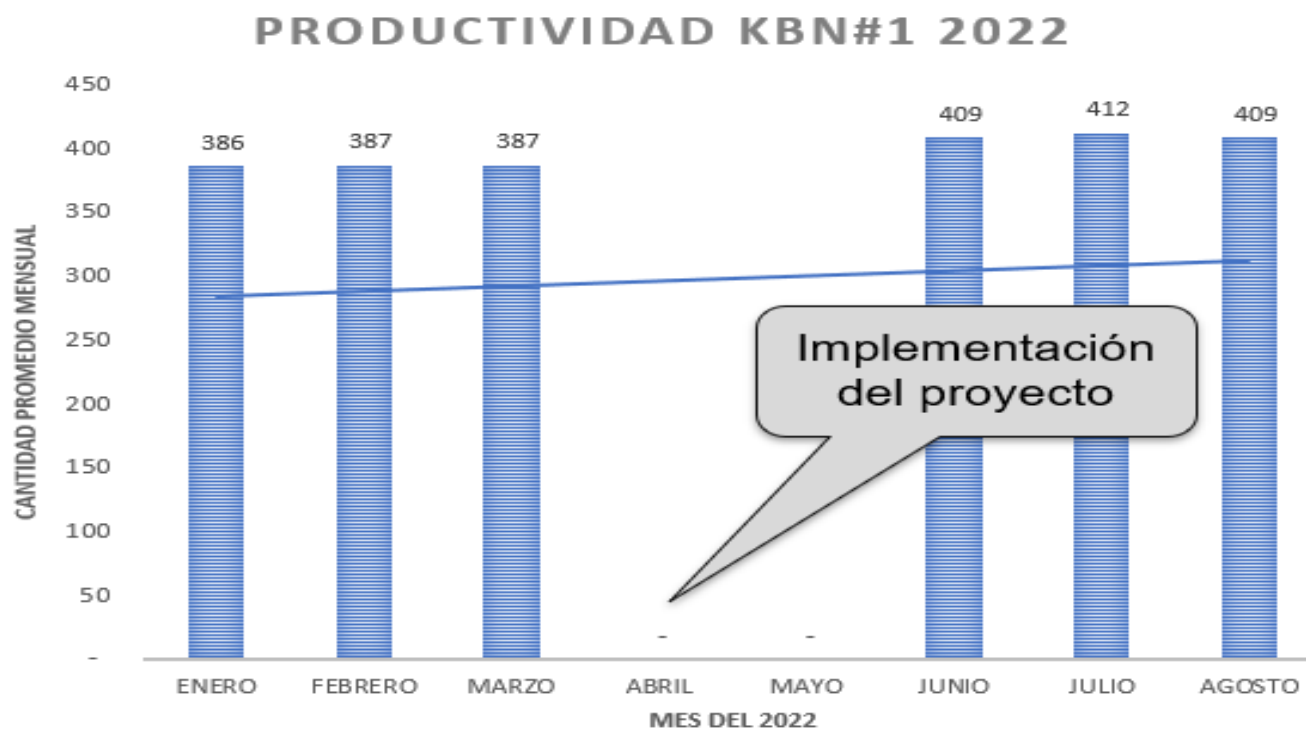
Nota. Imagen del antes y el después del proceso de descarga manual vs. Automático.

Fuente: Elaboración propia.

3.9 Grafica de mejora en el rendimiento de la máquina

Figura 67

Productividad KBN#1: enero-agosto 2022.




Nota. Se muestra la gráfica de mejora en la productividad de la máquina KBN1, con la implementación del proyecto..

Fuente: *Elaboración propia.*

3.10 Rendimiento de las máquinas KBNS de enero a agosto del 2022

Figura 68

Rendimiento KBN#1: enero-agosto 2022.

								
PRODUCCIÓN KBNS 2022								
MÁQUINA	ene	feb	mar	abr	may	jun	Julio	Agosto
KBN1	386	387	387	-	-	409	412	409
KBN2	295	336	279	288	304	316	337	355
KBN3	409	429	403	422	423	419	414	412
KBN4	320	323	336	313	336	367	363	341
KBN5	383	347	365	346	376	356	356	395
KBN6	337	306	310	303	347	310	310	309
KBN7	382	364	353	368	389	363	385	389
KBN8	346	334	354	328	373	336	354	324
KBN9	365	344	350	372	380	331	345	352
KBN10	318	329	381	355	378	353	340	336
KBN11	375	360	374	360	350	344	345	319
KBN12	385	357	418	398	384	410	402	368
KBN13	542	517	530	512	543	555	562	492

Implementación de la mejora

Nota. Se muestra la tabla de mejora en el rendimiento de la máquina KBN1, en relación con las otras máquinas.

Fuente: *Elaboración propia.*

3.11 Desglose de presupuesto del Proyecto Brazo descargador KBN#1



Desglose de presupuesto del Proyecto Brazo descargador KBN#1		
Creado por:	Ing. Andrey Cabalceta, Ing Rolando Umaña	
Fecha del proyecto	abr-22	
Departamento	Armado	
Detalle	Monto	Estado
Mano de obra previa a la instalación	\$ 4 500,00	Concluido
Mano de obra instalación mecánica, neumática	\$ 9 700,00	Concluido
Mano de obra Programación eléctrica	\$ 7 500,00	Concluido
Contratistas	\$ 3 000,00	Concluido
Repuestos	\$ 19 300,00	Concluido
Miscelaneos	\$ 1 500,00	Concluido
Materiales y accesorios de limpieza	\$ 500,00	Concluido
Materiales	\$ 7 000,00	Concluido
Otros	\$ 2 000,00	Concluido
Monto total	₡	55 000,00

CONCLUSIONES

1. Se realiza una correcta instalación de los equipos mejorando el rendimiento de la máquina a nivel de productividad.
2. Se da un aumento de un 5.9 % en cuanto a aumento de productividad, pasando de un promedio diario de 386 llantas diarias a 409 en promedio por cada 24 horas de producción luego de implementada la mejora.
3. Se elimina en un 90% los problemas ergonómicos por parte de los operadores en proceso de la descarga de llantas.
4. La programación del control eléctrico de la remodelación del brazo descargador trabaja satisfactoriamente y no presenta problemas en cuanto a ciclos de trabajo.
5. El realizar el reemplazo de equipos eléctricos obsoletos por equipos eléctricos más modernos favorece la resolución de averías y disminuye los tiempos no operativos de la máquina.
6. Se tuvieron solamente 188 minutos de tiempo no operativo en los últimos 2 meses del 2022 por ajustes o fallas en el brazo descargador
7. Si la producción continua con la tendencia que se lleva, el retorno de inversión se dará en 2 meses, 5 días.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar mantenimiento preventivo al brazo descargador cada 3 meses por un lapso de 10 horas para, así, mantener los equipos en óptimas condiciones
2. Realizar Walk Thru una vez al mes para así detectar condiciones anormales que puedan poner el riesgo el funcionamiento básico del brazo descargador
3. Mantener el stock de repuestos del brazo descargador con un mínimo de 1 unidad en la bodega de repuestos de todos los componentes eléctricos y mecánicos para garantizar que se encuentre repuesto en caso de una avería en los equipos
4. Mantener la estandarización de los repuestos del brazo descargador
5. Realizar capacitaciones cada año para, así, poder entrenar los técnicos en mantenimiento lo cual los ayude a fortalecer las oportunidades de mejora en cuanto a conocimiento técnico
6. Mantener condiciones de 5s en el brazo descargador, llevando un control diario en cada inicio de turno por parte de los operadores
7. Se recomienda realizar esta remodelación eléctrica y de control en la máquina KBN#6 y KBN#7 las cuales, al igual que la KBN#1, presentaban problemas en el sistema eléctrico por obsolescencia de repuestos
8. Crear un estándar de entrenamiento para los operadores de producción que les permita operar correctamente los equipos
9. Mantener respaldo del programa eléctrico en la biblioteca virtual de la empresa para el caso de una falla o pérdida del programa original del brazo descargador

10. Mantener los planos eléctricos en el panel eléctrico principal de la máquina y cerrar con candado eléctrico dicho panel con el fin de mantener seguro los equipos y los planos
11. Tener respaldo de los planos eléctricos en la biblioteca virtual de la empresa
12. Se recomienda hacer análisis de tendencia de fallas cada 3 meses para verificar el funcionamiento correcto en cuanto a averías mecánicas y eléctricas

BIBLIOGRAFÍA.

- Andrew, I. (15 de Julio de 2021). *apd*. Obtenido de <https://www.apd.es/lean-manufacturing-que-es/>
- Bridgestone. (2022). Obtenido de <https://www.firestone.com.mx/es/tips-firestone/tipos-de-llantas-para-autos-y-como-funcionan>
- Camós, J. (2012). Obtenido de <https://www.circulaseguro.com/que-es-el-neumatico/>
- Continental tire. (06 de Enero de 2022). *¿Cuáles son las partes de una llanta?* Obtenido de <https://www.continentaltire.com.ec/car/media-services/noticias/cuales-son-las-partes-de-una-llanta>
- factor, S. (2022). *Success factor Bridgestone*. Obtenido de https://performancemanager4.successfactors.com/sf/orgchart?selected_user=LA34680&company=BSAMProd&_s.crb=P3sq7OG2a%2fPMPvvMI3qTPefphdvzOY%2bjLdEUCnV3cQI%3d
- Gandiaga Alberdi, M. (2002). Automatización en Líneas de Proceso Continuo. *Dyna*, 27-32.
- Gomez, J. L. (2020). Obtenido de <https://www.diariomotor.com/que-es/mecanica/neumatico-elementos/>
- Hernández, L. (2019). Obtenido de <https://noticias.autocosmos.com.mx/2019/07/31/cuales-son-las-partes-que-componen-la-llanta-de-un-automovil>
- INTEL. (2022). *Soluciones para brazos robóticos industriales de Intel*. Obtenido de <https://www.intel.es/content/www/es/es/robotics/robotic-arm.html>
- México, B. (2022). *Partes de un robot industrial: Componentes básicos para su funcionamiento*. Obtenido de <https://www.bfmex.com/automatizacion/partes-de-un-robot-industrial/>

GLOSARIO

1. 88s: Máquina armadora de primera etapa
2. 99s: Máquina armadora de segunda etapa
3. Aplicadora: Máquina armadora de cejas
4. Armadora: Máquina en la cual se arman las diferentes subpartes de la llanta verde antes de pasar por el proceso de vulcanización
5. Aseet centre: Programa eléctrico para programación de los PLC de planta
6. BPMs: Máquina armadora de aros
7. Brazo descargador: Parte esencial de las armadoras que ayuda al proceso de descarga de llantas
8. Carritos: Estructura móvil que ayuda a trasladar la llanta verde a las prensas vulcanizadoras
9. Chuck: Parte de articulación del brazo descargador
10. CPU: Control Processor Unit (Unidad central de procesadora)
11. DC: Corriente directa
12. Ethernet: Estándar de comunicación de área local
13. Gembas: Actividad en la cual un grupo de personas se reúnen para realizar un análisis sobre alguna situación específica
14. KBNS: Tipo de armadora encargada de armar la llanta verde durante el proceso de armado de materiales
15. KBRs: Máquina armadora de dos etapas
16. Llanta Verde: Llanta cuyo caucho no ha sido vulcanizado

17. Módulos: Máquina armadora doble
18. P.L.C: Controlador lógico programable
19. Risk Assesment: Reunión para revisar análisis de riesgos en máquinas o proyectos a desarrollar
20. SAP: Sistema de control de bodega de repuestos
21. Stock: Materiales localizados en una bodega de almacén
22. Tubuladora: Máquina armadora de rodados
23. Vulcanizado: Proceso mediante el cual se calienta (Cura) el caucho crudo en presencia de azufre y otros pigmentos, con el fin de volverlo más duro y resistente al frío
24. Walk thru: Inspecciones realizadas a un equipo mientras opera automática o manualmente con normalidad

ANEXOS

Tabla 1. Tabla de partes de paneles eléctricos

DESCRIPCIÓN
Índice
Especificaciones del proyecto-Tabla de especificaciones técnicas
Especificaciones de siglas y nomenclaturas-Simbología
Alimentación principal a 480 Vac, 3 Ø, 60 Hz / 120 Vac, 1 Ø, 60 Hz
Alimentación de equipos a 120 Vac
Alimentación de equipos a 24 Vdc
Conexión del Kinetix 6500, Slot 1
Conexión del Kinetix 6500, Slot 2
Prevista conexión del Kinetix 6500, Slot 3
Prevista conexión del Kinetix 6500, Slot 4
Prevista
Módulos de 8 entradas digitales
Módulo de 8 entradas digitales
Módulo de 8 salidas digitales
Conexión de salidas de seguridad
Etiquetas para el proyecto
Disposición de etiquetado
Disposición externa del panel
Disposición interna del panel / Disposición del fondo falso
Distribución del IO remoto
Distribución del Kinetix
Diagrama de red ethernet
Lista de equipos
Lista de equipos

Tabla 2. Codificación de colores para el cable.

Tabla de especificaciones técnicas

Codificación de color de cable							
Cables de potencia				Cables de control			
Designación	Color	Tamaño	Cap. @ 60 C°	Designación	Color	Tamaño	Capacidad
Potencia (480/240V)	Negro	16 AWG	10 A	FASE (240/120V)	Rojo	18 AWG	6 A
		14 AWG	15 A			16 AWG	10 A
		12 AWG	20 A			14 AWG	15 A
		10 AWG	30 A	Neutro	Blanco	18 AWG	6 A
		8 AWG	40 A			16 AWG	10 A
		6 AWG	55 A			14 AWG	15 A
		4 AWG	70 A	Tierras	Verde amarillo	18 AWG	6 A
		2 AWG	95 A			16 AWG	10 A
		1/0 AWG	125 A			14 AWG	15 A
		2/0 AWG	145 A	24 Vdc	Azul	18 AWG	6 A
		4/0 AWG	195 A			16 AWG	10 A
300 kcmil	240 A	14 AWG	15 A				
Cables de comunicación				0 Vdc	Azul	18 AWG	6 A
Designación	Color	Tipo	16 AWG			10 A	
I/O analógicas	Multicolor	Belden-8723	14 AWG			15 A	
Ethernet	Azul / Verde	CAT.5e/6					

DESIGNACIÓN ESTÁNDAR DE TERMINALES	
REGLETA	DESCRIPCIÓN
X0	ALIMENTACIÓN PRINCIPAL
X1	FASES 120 Vac
X2	NEUTROS
X3	ENTRADAS/SALIDAS PLC
X4	+ 24 Vdc
X5	0 Vdc
X6	CONEXIÓN A TIERRA (*)
X7	SALIDAS DE POTENCIA
X8	CONEXIONES A CAMPO

ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS	
TENSIÓN	480 Vac / 120 Vdc
TENSIÓN DE CONTROL	24 Vdc
FRECUENCIA	60 Hz
CORRIENTE PLENA	6 A @ 480 V; 5 A @ 120 V
SCCR	5 kA

ESPECIFICACIONES DE OPERACIÓN	
TEMPERATURA INTERIOR MÁX.	55 °C

(*) SOLO SI NO LLEVA BARRA DE Cu PARA TIERRAS

ESPECIFICACIONES	
DIMENSIONES TOTALES DEL GABINETE	1200 x 600 x 400 mm
MONTAJE	<input type="checkbox"/> AUTOSOPORTADO <input checked="" type="checkbox"/> MONTAJE EN PARED <input type="checkbox"/> OTROS
PROTECCIÓN (NEMA)	<input type="checkbox"/> 1 <input checked="" type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 4X <input checked="" type="checkbox"/> 12 <input checked="" type="checkbox"/> 13 <input type="checkbox"/> 3R
TIPO DE MATERIAL DEL GABINETE	<input checked="" type="checkbox"/> ACERO AL CARBONO <input type="checkbox"/> ACERO INOXIDABLE
ENTRADAS DE CABLES	<input checked="" type="checkbox"/> POR ARRIBA <input type="checkbox"/> POR ABAJO <input type="checkbox"/> IZQUIERDA <input type="checkbox"/> DETRÁS
SALIDAS DE CABLES	<input checked="" type="checkbox"/> POR ARRIBA <input type="checkbox"/> POR ABAJO <input type="checkbox"/> IZQUIERDA <input type="checkbox"/> DETRÁS
ACCESORIOS	<input checked="" type="checkbox"/> RECEPTÁCULO <input checked="" type="checkbox"/> LAMPARA <input checked="" type="checkbox"/> VENTILADOR <input type="checkbox"/> VORTEX

Figura 69.

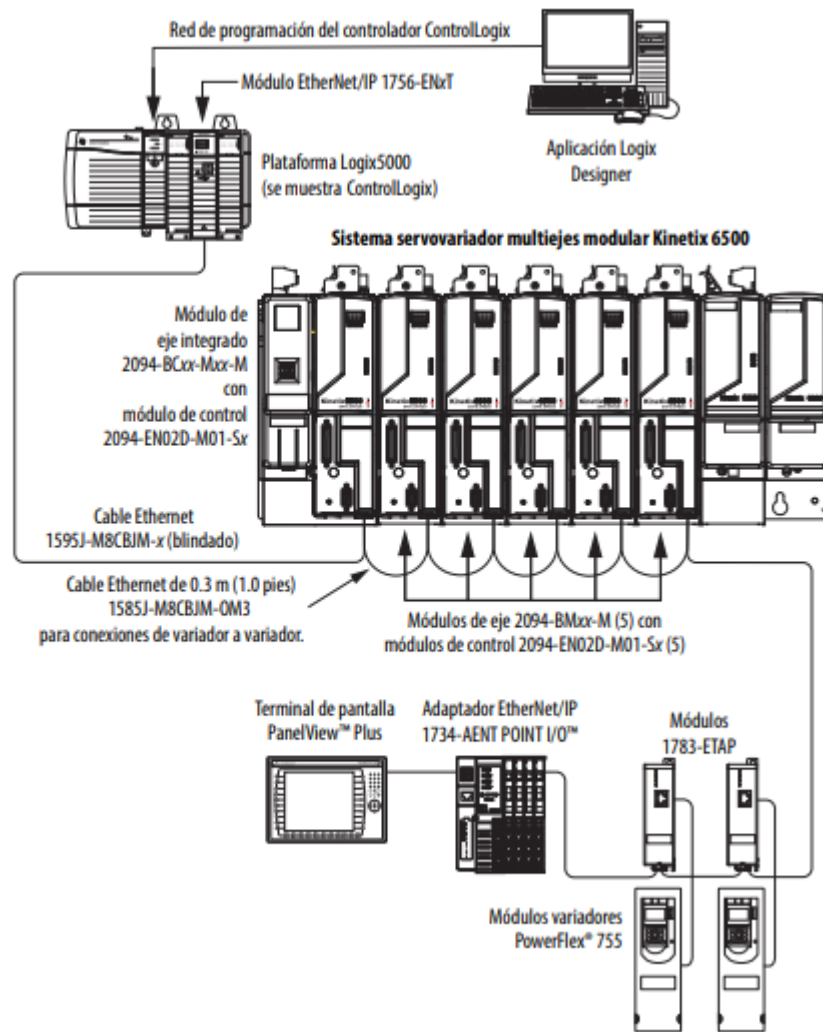
Imagen de ciclo de trabajo de la llanta verde



Fuente: Elaboración propia.

Figura 70.

Instalación de comunicación lineal de los servodrivres kinetix 6500 de control del brazo descargador.



Fuente:

https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/2094-um002_-es-p.pdf