

Encabezado: SEGURIDADES PARA LAVADORA INDUSTRIAL

**Automatización, adición e implementación de seguridades para lavadora industrial en  
modo manual**

**Víctor Hugo Echeverri González**

**Universidad Nacional Abierta Y A Distancia  
Escuela De Ciencias Básicas, Tecnología E Ingeniería  
Ingeniería Electrónica  
Medellín, 2020**

**Automatización, adición e implementación de seguridades para lavadora industrial en  
modo manual**

**Víctor Hugo Echeverri González**

**Trabajo de Grado**

**Presentado como requisito para optar por el título de Ingeniero Electrónico**

**Dirigido por:**

**Santiago Rúa Pérez**

**Universidad Nacional Abierta Y A Distancia**

**Escuela De Ciencias Básicas, Tecnología E Ingeniería**

**Ingeniería Electrónica**

**Medellín, 2020**

## Contenido

Resumen .....	v
Abstract .....	vi
Agradecimientos .....	vii
Lista de tablas .....	viii
Lista de figuras .....	ix
Introducción .....	1
Planteamiento y formulación del problema.....	4
Justificación .....	6
Objetivos.....	9
Objetivo general.....	9
Objetivos específicos .....	9
Marco conceptual .....	10
Metodología de la investigación.....	12
Marco metodológico.....	15
Descripción del sistema y su operación .....	23
Descripción de las lavadoras actuales .....	23
Descripción de los sistemas de la lavadora intervenida .....	25
Sistema físico .....	25
Sistema lógico .....	28
Condiciones de seguridad de operación.....	30
Implementación del sistema automatizado .....	33
Elaboración de los planos de control.....	35
Listado de elementos y maniobra eléctrica .....	35
Listado de entradas y salidas del PLC.....	36
Programación en el Logo! Soft.....	41

Implementación de la solución .....	47
Puesta en marcha y pruebas de funcionamiento .....	56
Presupuesto .....	61
Resultados obtenidos .....	65
Conclusiones .....	68
Bibliografía .....	70
Anexos .....	74
Anexo 1 Ficha técnica variador de velocidad Danfoss VLT 5000 .....	74
Anexo 2 Ficha técnica Logo! 12/24RCE .....	75
Anexo 3 Módulo de expansión DM8 12/24R .....	77
Anexo 4 Relé electromagnético Omron .....	80
Anexo 5 Sensor inductivo PNP Autonics .....	82

## Resumen

En la industria nacional colombiana existen problemas de accidentalidad, una parte por el manejo de la maquinaria y otra parte debido a que es maquinaria vieja que no cuenta con las condiciones de seguridad adecuadas que garantice que sus operarios no sean lastimados por ellas.

La presente propuesta ofrece una mejora de maquinaria industrial y a su vez plantea más que una automatización y actualización de la máquina, una solución a los problemas de seguridad visibles en el manejo de la lavadoras industriales, ya que se presentan inconvenientes a la hora de su manejo como: la apertura de la puerta principal, la apertura de la puerta de químicos, el incline de la lavadora y el giro de la lavadora en modo manual, además, teniendo en cuenta que ésta pesa alrededor de 6 toneladas más el peso del producto y que la puerta puede pesar alrededor de 200 kilogramos, aunque ésta está anclada a la estructura, al inclinarse puede causar lesiones al personal operativo. Con el desarrollo de éste proyecto, se busca que estén reunidas las funciones faltantes de modo manual y automático en un solo equipo que pueda ofrecer un control de las funciones de seguridad que se plantean para que ésta pueda operar de modo seguro, tanto desde la parte eléctrica y de control que se propuso como mejora y actualización.

## Abstract

In the Colombian industry there are many accident problems, a part of this are machinery handling and the another part it's because an old machinery that does not have the adequate safety conditions that guarantee that its operators are not injured by them.

The present proposal, offers an industrial machinery improvement and in turn poses more than an machinery automation and updating, a solution to the visible security problems in the management of industrial washing machines, since there are problems when it comes to operation such as: the main door opening, the chemical door opening, the washing machine inclination and the rotation of the washing machine in manual mode, in addition, taking into account that it weighs about 6 tons adding up the weight of the product and the door can weigh around 200 kilograms, although it is anchored to the structure, just as it can cause personal injury. With the development of this project, it is sought that the missing functions are gathered manually and automatically mode in a single device that can offer a safety control functions that allow operate safely, both from the electrical and control part that was proposed as improvement and update.

## **Agradecimientos**

A mi esposa Natalia Álvarez por su paciencia y apoyo incondicional durante todo el tiempo de estudio de ésta carrera, ya que sin su apoyo hubiese sido más difícil su culminación.

Al jefe de mantenimiento correctivo Javier Cadavid de la Lavandería de C.I Jeans por su gran apoyo durante la elaboración y ejecución del presente proyecto y al personal de salud ocupacional quien me brindó su apoyo con la información y seguimiento del proyecto.

A la universidad que gracias a su plan de formación y facilidades de acceso a la educación, me permitió cumplir este reto tan importante de ser profesional.

## Lista de tablas

TABLA 1 TABLA DE OPERACIONES REALIZADAS EN LA OPERACIÓN DE LAS LAVADORAS .....	19
TABLA 2 ELEMENTOS MANIOBRA ELÉCTRICA.....	35
TABLA 3 TABLA LISTADO ENTRADAS DIGITALES Y SALIDAS POR RELÉ DEL PLC .....	36
TABLA 4 PRESUPUESTO MANIOBRA ELÉCTRICA Y EQUIPOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO .....	62
TABLA 5 PRESUPUESTO MANO DE OBRA DE LA IMPLEMENTACIÓN .....	64
TABLA 6 FICHA TÉCNICA LOGO!.....	75
TABLA 7 FICHA TÉCNICA MÓDULO DE EXPANSIÓN DEL LOGO! .....	77

## Lista de figuras

IMAGEN 1, CARACTERIZACIÓN ACCIDENTES 2018 (FUENTE: SALUD OCUPACIONAL C.I JEANS) .....	17
IMAGEN 2, CARACTERIZACIÓN ACCIDENTES 2019 (FUENTE: SALUD OCUPACIONAL C.I JEANS) .....	18
IMAGEN 3, ACCIDENTES DE TRABAJO (AT) RIESGO MECÁNICO 2018-2019 (FUENTE: SALUD OCUPACIONAL C.I JEANS).....	18
IMAGEN 4, LAVADORAS INDUSTRIALES ACTUALES (FUENTE: WWW.TOLKAR.COM.TR, TONELLO.COM) .....	25
IMAGEN 5, LAVADORA INDUSTRIAL TUPESA (FUENTE: WWW.TUPESA.COM) .....	27
IMAGEN 6, PARTE POSTERIOR DE LA LAVADORA INDUSTRIAL (FUENTE: WWW.TUPESA.COM).....	28
IMAGEN 7, DIAGRAMA DE CONTROL LÓGICO DEL SISTEMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).....	30
IMAGEN 8, PLANO DE POTENCIA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA) .....	38
IMAGEN 9, DIAGRAMA DE CONEXIONES DE ENTRADAS DEL PLC (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).....	39
IMAGEN 10, DIAGRAMA CONEXIÓN DE SALIDAS PLC (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).....	40
IMAGEN 11, PLANOS DE CONTROL 24 VDC Y 24 VAC (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).....	41
IMAGEN 12, RUTINA PROGRAMA RUTINA SEGURIDADES (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA) .....	42
IMAGEN 13, RUTINA BOMBA INCLINE Y GIROS (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA) .....	43
IMAGEN 14, RUTINA GIROS (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA) .....	44
IMAGEN 15, RUTINA GIROS (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA) .....	45
IMAGEN 16, TANQUE DE QUÍMICOS (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA) .....	46
IMAGEN 17, RUTINA TANQUE DE QUÍMICOS (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).....	47
IMAGEN 18, DOBLE FONDO DEL GABINETE ELÉCTRICO (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA) .....	48
IMAGEN 19, DOBLE CARÁTULA DE CONTROLES DE MANDO (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA) .....	49
IMAGEN 20, CARÁTULA DEL TABLERO DE CONTROL Y POTENCIA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).....	51
IMAGEN 21, PARTE FRONTAL DE LA LAVADORA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA) .....	52
IMAGEN 22, SENSORES INSTALADOS (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).....	52
IMAGEN 23, SENSOR PUERTA PRINCIPAL HABILITADA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA) .....	53
IMAGEN 24, SENSOR PUERTA DE MUESTRAS (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).....	53
IMAGEN 25, SOPORTE PARA SENSOR DE INCLINE DE CANASTA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA) .....	54

IMAGEN 26, TANQUE O TOLVA DE QUÍMICOS CON SU RESPECTIVA INSTALACIÓN DE FLAUTA Y VÁLVULA DE AGUA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA) .....	56
IMAGEN 27, PULSADORES DE DESCARGA SUGERIDOS (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA) .....	58
IMAGEN 28, SENSOR DESPEDRADO (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).....	59
IMAGEN 29, NUEVA RUTINA PARA DESPEDRADO (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA) .....	59
IMAGEN 30, DESCARGA Y PRUEBAS DEL PROGRAMA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA) .....	60
IMAGEN 31 FICHA TÉCNICA DANFOSS VLT 5000 .....	74
IMAGEN 32 LOGO! (FUENTE: WWW.SIEMENS.COM) .....	75
IMAGEN 33 MÓDULO DE EXPANSIÓN DEL LOGO! (FUENTE: WWW.SIEMENS.COM) .....	77
IMAGEN 34 RELÉ OMRON, (FUENTE: WWW.TME.EU) .....	80
IMAGEN 35 FICHA TÉCNICA RELÉ OMRON (FUENTE: WWW.TME.EU) .....	80
IMAGEN 36 CAPACIDAD DE LOS CONTACTOS (FUENTE: WWW.TME.EU).....	81
IMAGEN 37 CARACTERÍSTICAS (FUENTE: WWW.TME.EU).....	81
IMAGEN 38 SENSOR INDUCTIVO PNP(FUENTE: AUTONICS.COM).....	82
IMAGEN 39 FICHA TÉCNICA SENSOR INDUCTIVO (FUENTE: WWW.AUTONICS.COM) .....	82

## Introducción

La empresa C.I Jeans, está dedicada a la fabricación de Jeans de marcas Internacionales y en cuyos procesos está el de la lavandería que lleva igual tiempo desde su nacimiento hace poco más de 25 años, de los cuales ya trabajaba con maquinaria de lavandería industrial existente y que aún siguen operando, las lavadoras industriales cuentan con el sistema de control y potencia original de fábrica que han sufrido pequeños cambios por refacciones que ya no se consiguen en el mercado y a su vez sistemas que ya no son utilizados, pero que aún están allí.

Las lavadoras industriales que posee ésta industria, llevan operando más de dos décadas en que éstas han sufrido cambios como: funciones retiradas, cambio de equipos y modificaciones realizadas a la ligera para dar solución de paso al problema, no han sido actualizadas desde la parte eléctrica ni de control, no se han implementado mejoras, entre otras. Al realizar una revisión de la maquinaria, se pudo observar diferentes aspectos, no solo de operación mecánica y eléctrica de éstas, sino que se halló que aún existen fallas de seguridad en el manejo de éstas que pueden poner el riesgo la seguridad del operario y la de los demás. Según los informes presentados por la OIT en el año 1999, murieron al año por consecuencias laborales un aproximado de 1,129,000 trabajadores a nivel mundial y ocurren un aproximado de 685,000 accidentes laborales diarios; en Colombia según estudio presentado en el 2017 por Ministerio del Trabajo, se presentaron 660,110 accidentes laborales de los cuales la industria de manufactura presentó 104,591 accidentes un 9.23 % aproximadamente los cuales han ocurrido en la industria manufacturera (ARL Sura, 2019).

Aunque en las lavanderías industriales a nivel nacional no existen normas que rijan el manejo de las mismas, ni métodos, ni estándares que controlen dicha operación, existen normas,

leyes, decretos y resoluciones por parte del Ministerio de Salud y del Trabajo que permite que los empleadores cumplan con ciertos requisitos para la adecuada operación de maquinaria industrial. La empresa C.I Jeans debido a que es una comercializadora internacional debe cumplir con ciertas medidas de seguridad para el manejo de maquinaria industrial tal cual lo indica la OIT, (OIT, 2013). Además de la reglamentación nacional como lo son: la ley 9 de 1979, artículo 112 en cuanto a temas de seguridad y manejo de maquinaria industrial, (Minsalud, 2020), entre otras normas que rigen tanto la salud como la seguridad industrial como la resolución 1016 de 1989.

La actualización de equipos de la maquinaria industrial se ha vuelto un tema muy importante, pues vemos que muchas industrias poseen en sus inventarios maquinarias con más de treinta años operación y que aún siguen trabajando a pesar de sufrir modificaciones, cambio de partes mecánicas, eléctricas, entre otras. Mucha de esta maquinaria opera en turnos de 24 horas diarias los 365 días de año y aunque en la actualidad existen empresas que se dedican a la repotenciación y actualización de dichas máquinas, las empresas no elaboran planes para la mejora de éstas (Buitrago, 2017).

Teniendo en cuenta las condiciones de las lavadoras y del riesgo que posiblemente pueda ocurrir al operarlas, se hace un estudio en el que se hallaron oportunidades de mejora como la función de apertura de puerta, la cual no cuenta con un sistema de seguridad que permita que se bloquee cuando está en operación en un ciclo no indicado, éste mismo concepto es aplicable para la puerta de muestras, pues pone en riesgo la integridad del operario cuando se requiere validar el contenido de la muestra en medio de la operación; otra de las observaciones fue que cuando la máquina se inclina para realizar el descargue, no funciona o tiene un sistema de detección de

altura adecuada para descargar la lavadora, pues depende de la experiencia y habilidad del operario la altura en la cual debe parar el incline.

También se pudo detectar que las lavadoras operan muy bien en modo automático, pero en modo manual no se tienen funciones que puedan realizarse a excepción de algunas que han sido implementadas para dar una puntual solución. Teniendo en cuenta las falencias halladas, éstas pueden tener graves consecuencias al operario, pues de no ser implementadas soluciones óptimas, pueden a largo plazo generar traumatismos no solo al personal de operación, sino al personal de mantenimiento y administrativos con consecuencias legales, que pueden poner el riesgo la operación de la empresa.

Para analizar y comprender de una forma adecuada las posibles soluciones que se pueden ofrecer a éste tipo de problemas, es necesario exponer que es lo que se busca con la solución, que para el presente caso se propuso lo siguiente: realizar una integración de las funciones de modo manual y seguridades de operación de una lavadora industrial al sistema de control de ésta, por medio de un controlador lógico programable, con el que se pretendió abarcar de una forma particular y enfrentar las problemáticas antes expuestas, para lo que se contó con información de primera mano en las soluciones que surgieron y que abarcaron el problema, además, se integran las funciones de seguridad y funciones de operación en modo manual agrupadas en un controlador lógico programable, ofreciendo de ésta forma un control de operación óptimo para el operario.

El propósito del desarrollo de este proyecto está dividido en dos partes: por un lado se logra la implementación de los sistemas de seguridad que son el principal propósito del proyecto, pues como se mencionó, aunque el operario conoce muy bien las funciones de la máquina, los

ciclos de rotación, los tiempos de giro y de paro de la canasta; se consigue que las funciones de protección por aperturas de puertas, incline de descarga de la máquina y el lavado del tanque de químicos, quedaran incluidos en el ciclo automático de la máquina y que a su vez ayuden al mejoramiento del proceso, pues lo que se busca es la protección integral del operario en la manipulación y operación de las lavadoras industriales.

Por otro lado se logra un mejoramiento en cuanto a modo de operación de la máquina con la implementación de equipos que ayudan a la actualización no solo de la máquina eléctricamente hablando, sino un complemento a los equipos existentes para optimizar las funciones, lo cual conlleva también a una mejora en la producción, pues el proceso se logra hacer más fácil y fluido para el operario sin necesidad de recurrir al personal de mantenimiento para que le ayude en la operación o solución de problemas por cuestiones de operación.

### **Planteamiento y formulación del problema**

En Colombia existe un sin número de maquinaria industrial que trabaja con sus equipos originales desde hace muchos años y a través del tiempo han sufrido cambios, mejoras, se han retirado funciones originales de éstas, etc. Éste es uno de esos casos, en el cual los equipos eléctricos y electrónicos de las lavadoras industriales, ya han cumplido su ciclo de vida, pero que aún están allí cumpliendo su función, pero como son máquinas que operan todo el día, no se les ha brindado la atención ni el mantenimiento adecuado, debido al tiempo diario de su operación; adicionalmente muchos de sus componentes han presentado fallas y se han cambiado, pero como eran equipos viejos, se ha debido modificar también su cableado, prestándose esto para generar inconvenientes a la hora de brindar soluciones de mantenimiento correctivo cuando se presentan

nuevas fallas, pues mucha de las modificaciones se han realizado de forma rápida y no se vuelve a retomar el tema por el cual falló, ni se aplican procedimientos preventivos para corregirlos.

La operación de este tipo de lavadoras industriales, en términos generales es de fácil comprensión y ejecución, pero debido a sus gran tamaño, existe los riesgos físicos que se pueden presentar durante su manejo y aunque la empresa cumple con las normas de seguridad que según la resolución 1016 de 1989 en el artículo 10 numerales 2, 4, 9, 10 y 17, (Alcaldía de Bogotá, 2020) y los esquemas de capacitaciones respecto al manejo de las lavadoras industriales, existen este tipo de riesgos en los que puede incurrir el operario. Por otro lado las lavadoras operan de manera adecuada en modo automático en su ejecución normal, pero no tienen funciones de mando manual que ayuden a terminar procesos (reprocesos), para realizar dicha función se debe guardar el programa con las debidas modificaciones de tiempos, pero esto no ayuda pues satura la memoria del controlador y dicho programa debería ser modificado para una nueva rutina de lavado o tinturado del producto, el cual podría ser ejecutado de forma rápida con las funciones manuales. El controlador principal es un equipo costoso que cumple su función, pero que no permite realizar automatizaciones del resto de funciones de la máquina, por lo cual le han anexado a dichas funciones controladores independientes para maniobrar por ejemplo el tiempo de incline de descarga de la máquina, temporizaciones para cambios de giro, etc., pero como se mencionó anteriormente tampoco está incluido para controlar sus otras funciones de modo manual como el ingreso de químicos de forma segura y las aperturas de las puertas principal y de muestras.

Estas lavadoras no cuentan con funciones de protecciones de seguridad tales como:

- Bloqueo cuando se abre la puerta mientras se está operando.

- Bloqueo por apertura de puerta de muestras mientras está girando la canasta.
- Válvula de seguridad para adición de químicos.
- Sensores de seguridad para puerta de carga y muestras
- Seguridad en sistema de incline que indique que alcanzó la altura máxima

Todo esto debido a su gran peso y potencia han generado y pueden seguir generando lesiones a sus operarios.

De acuerdo a lo observado, se pueden llevar a cabo una serie de mejoras en cuanto a sistemas de seguridades de las lavadoras como la implementación de sensores y temporizadores que detengan el funcionamiento de los motores cuando la lavadora llegue a su altura máxima, sensores de cierre de puerta, pistones de cierre de puerta, sensores de cierre de puerta de químicos y un controlador lógico que permite agrupar funciones temporizadas y de control que se integren al sistema automático de lavado.

Con todos los inconvenientes hallados surge la pregunta: ¿es posible implementar en la empresa CI Jeans un sistema de automatización y control que permita integrar un sistema de seguridades que admita operar tanto en modo automático como manual y que permita al operario hacer un uso adecuado y seguro de éstas?.

## **Justificación**

Por medio del presente proyecto se busca brindar una solución adecuada a través de la utilización de un controlador automático PLC que permita controlar las funciones de modo manual y las adiciones de seguridades para este tipo de lavadoras industriales, las cuales han

venido presentando problemas eléctricos y electrónicos en su operación, debido al tiempo de uso en la empresa CI Jeans.

Se pretende con la realización de ésta proyecto, solucionar problemas de seguridad que están presentes en la operación de las lavadoras, teniendo en cuenta ante todo la integridad del operario; por lo que también se procura implementar además de esto, las funciones de giro de la máquina en modo manual, tanque de ingreso de químicos, temporizaciones y mejoras de control manual que se van a adicionar como optimización del funcionamiento y operación de las máquinas como el lavado de tanque de forma automática, ya que este se realiza de forma manual, cada que se termina un proceso de lavado o de tintura; a su vez con éstas mejoras se busca también optimizar los tiempos muertos por fallos comunes de las lavadoras como por ejemplo: tiempo invertido en búsqueda de fallas por cambios de cableado de control, planos de control desactualizados, equipos de control obsoletos, suiches en mal estado entre otros.

Las soluciones que se proponen serán obtenidas de la siguiente forma:

1. Se adicionará las función de giro manual de descargue de la lavadora en un PLC, para que el operario haga dicha función de una forma segura, bajando la velocidad de la canasta y de esta forma bajar el potencial riesgo de atrapamiento .
2. Instalar sensores de proximidad en la puerta de carga y puerta de muestras con el fin de detener el movimiento de la canasta si cualquiera de los dos es desactivado.
3. Crear un sistema de lavado automático de tanque de químicos para evitar la intervención humana después de cada lavado, por medio de una válvula solenoide para el paso del agua, una boquilla o flauta para dispersar el agua de forma uniforme con la forma del tanque, de tal forma que lave el interior de éste de forma adecuada.

4. Para la función de incline de la canasta se instalará un sensor de proximidad que indique la altura máxima deseada y cuya señal será enviada al PLC para que detenga la señal de accionamiento de la bomba hidráulica, además tendrá una función temporizada que deshabilitará la misma señal para complementar la función.
5. Instalar una válvula actuada para evitar salpiques de químicos después de ser ingresados a la máquina, ya que esta función se realiza con la máquina en movimiento para que el producto ingrese de forma equilibrada y no dañe o sature una sola parte de toda la producción que está al interior de la lavadora.
6. Un pistón neumático para asegurar la puerta de carga para evitar aperturas no deseadas.
7. Un pistón neumático para bloqueo de la compuerta de químicos.
8. Para el sistema de control y potencia del PLC se instalarán relés de interface para no comprometer la integridad de éste, se adicionarán suiches muletilla, pulsadores, relés, cableado nuevo para garantizar una adecuada operación de todos los equipos de control nuevos
9. Se incluirán las funciones de seguridad dentro del PLC para que éste haga la función de interface con la Pantalla de control RS Plus y pueda garantizar el correcto funcionamiento de las protecciones de la máquina.

Se busca entonces con la implementación de este proyecto que tanto el operario, el técnico de mantenimiento y la empresa puedan verse beneficiados con el diseño, desde la parte de seguridad industrial como la mejora del funcionamiento de las lavadoras industriales.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Adicionar seguridades para una lavadora industrial en modo manual

### **Objetivos específicos**

- Indagar y profundizar acerca del funcionamiento de las lavadoras industriales, los componentes principales y características que la componen para su correcto funcionamiento.
- Realizar una integración de las funciones de modo manual y seguridades de operación de una lavadora industrial al sistema de control de ésta, por medio de un controlador lógico programable.
- Realizar un sistema de seguridades que permitan ser controladas desde el PLC y que a su vez aseguren la integridad del operario.
- Implementar un sistema de lavado desde el PLC para el tanque de químicos y así evitar la intervención humana.

## Marco conceptual

El mantenimiento preventivo que se realiza a los equipos industriales ayuda a mitigar problemas que pueden parar una línea de producción, por lo cual es de gran importancia realizar los respectivos seguimientos a fallas comunes y realizar los cambios necesarios que permitan que los equipos puedan seguir operando de forma efectiva; esta es una de las actividades que debe realizar un ingeniero en campo para garantizar confiabilidad en una línea de producción mediante el programa de mantenimiento preventivo y predictivo a largo plazo como lo mencionan los autores (Lilly & Wenzel, 2016) en su escrito “Herramientas para prevenir las fallas en máquinas, mantenimiento basado en condición”. Las industrias que tienen implementado un programa de mantenimiento preventivo y predictivo, saben qué esperar de sus equipos gracias a las bondades que este sistema provee, ya que permite adelantarse a las fallas de la maquinaria y contar con una seguridad que permita el desarrollo de la producción por paros indeseados. Por otro lado están las empresas que debido a los compromisos de producción, no cuentan con un programa de mantenimiento que permita la optimización de su maquinaria y que sólo se procede con el mantenimiento correctivo al presentarse las fallas; debido a estas causas la maquinaria va acumulando una serie de problemas como la desactualización de sus equipos de control y potencia, planos de control debido a cambios, entre otros, y esto a su vez agudiza más la situación, ya que al presentarse un fallo por cualquiera de estas causas, los tiempos de paro son más prolongados.

En la actualidad existe gran cantidad de maquinaria industrial en Colombia, que aún permanecen sin actualización y que siguen operando a pesar de existir equipos modernos que ayudan a optimizar tiempo y dinero en cuestión de producción como lo afirma el autor (Buitrago, 2017) “*Aunque actualmente muchas empresas de textiles en la región trabajan con maquinaria*

*actualizada, la mayoría, principalmente las pequeñas firmas, operan “con motores sencillos ya que muy pocos fabricantes pueden adquirir servomotores (libres de contaminación auditiva y ahorradores de energía)”*; de lo cual a su vez se deriva por falta de incentivos a la industria por parte del estado como los impuestos en la producción nacional y la falta de apoyo para este tipo de adquisiciones que le permitirían a la industria nacional ser más competitiva. A pesar de este lado de la historia, también existen grandes y medianas empresas que han invertido en maquinaria industrial tecnológica como lo es el caso de los sistemas robóticos que ayudan a ser productivamente ágiles, mejora en la calidad de los productos y a su vez amigables con el medio ambiente gracias a sus cualidades como lo es el caso de las industrias colombianas Grupo Corona en Cundinamarca y la ensambladora Mazda (Montes, 2008).

Además de las importaciones de maquinarias nuevas y tecnológicamente avanzadas, existe también la posibilidad, que a la maquinaria existente, se les pueda aplicar procesos de actualización o repotenciación, siendo ésta alternativa la que le permite a los empresarios poder contar con una opción de mejora de su maquinaria existente sin necesidad de recurrir a costos elevados en la compra de nueva maquinaria. *“El principal objetivo de la modernización de maquinaria es impulsar la productividad y competitividad de la industria, además aprovechar las oportunidades que brindan los tratados de libre comercio y acuerdos comerciales con el fin de contribuir con el crecimiento de las compañías en el mercado internacional”* (Metal actual, 2016).

Conjuntamente con el mantenimiento, la automatización y la repotenciación de maquinaria industrial, está también, los riesgos inherentes a la operación de maquinaria industrial en la cual el estado de ésta debe cumplir con las normas y cumplir estándares de maniobrabilidad por parte del operario; como lo menciona la Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2013),

en el “*Repertorio de recomendaciones prácticas*” de ésta entidad llamada “*Seguridad y salud en la utilización de maquinaria*”, en la cual hace referencia a los siguientes numerales:

a) La aplicación de medidas técnicas con el fin de proteger a los trabajadores cuando utilicen la maquinaria.

b) El establecimiento, el mantenimiento y la revisión de procedimientos de trabajos seguros,

c) La investigación de las causas de los accidentes y las enfermedades profesionales relacionados con la utilización de maquinaria en el trabajo, y la evaluación de medidas para evitar que éstos se repitan.

Teniendo en cuenta las recomendaciones de la OIT, se busca en todo caso, la seguridad por parte de los operarios de maquinaria industrial y de ésta forma aplicar los requerimientos necesarios para la maquinaria tanto desactualizada, como nueva, para que cumpla con elementos tanto mecánicos, eléctricos y electrónicos que protejan la integridad del personal a cargo de su manejo.

### **Metodología de la investigación**

El desarrollo del presente proyecto será realizado con acompañamiento del líder de mantenimiento correctivo de la empresa antes mencionada, no sólo con su apoyo a nivel técnico, sino con el aporte de los elementos necesarios para la implementación del proyecto, para efectuarlo como proyecto piloto, que servirá para poder realizar las mejoras mencionadas al resto

de lavadoras industriales a las cuales se les pueda realizar dicha aplicación como instrumento de mejora.

Éste proyecto se inició con una fase diagnóstica a principios del año 2018, cuando al laborar en la empresa en el área de mantenimiento correctivo, se detectaron varias falencias que afectaban tanto la producción, como la operación que podría poner en riesgo seguridad del operario, además se han venido observando y analizando las posibles mejoras que se le puedan implementar a este tipo de lavadoras, que además de que sean viables, deban cumplir con las normas actuales de seguridad eléctrica nacionales y que no resulten con un costo muy elevado, ya que se planea llevar este proyecto al resto de las lavadoras para que cumplan las mismas características.

Las lavadoras industriales existentes en su gran mayoría no cuenta con funciones de manejo por parte del operario de modo manual, por lo que se utilizará un controlador lógico programable (PLC), para que realice las funciones de temporización de la canasta, controle las entradas digitales del sistema, que serán por medio de suiches y sensores inductivos de proximidad tipo PNP a 24 Vdc (Ver anexo 5) que serán los encargados de informar el estado de las seguridades.

Para la función de incline de la lavadora, se implementará un sensor de proximidad PNP a 24 Vdc que se calibrará en el punto máximo de incline que son aproximadamente 36 centímetros de altura y además se adicionará a modo de protección un temporizador por medio del controlador lógico que permita deshabilitar la potencia de la bomba hidráulica si ha fallado el sensor y pueda detener la subida de la canasta.

El proceso en general de lavado o tintura requiere una implementación de seguridad durante la operación normal de la máquina, por lo que se implementará un sensor de proximidad PNP en la puerta de muestras y otro en la puerta de cargue y descargue, que serán los encargados de deshabilitar el giro de la canasta si no están activos, además se debe garantizar que la puerta de cargue se pueda abrir cuando se desee descargarla sin presentar alarma y que la canasta pueda girar a una frecuencia más baja, la que será programada en el variador de velocidad Danfoss VLT 5000 por medio de una entrada digital que será enviada desde el PLC.

La operación de la máquina en modo manual requiere de una función temporizada que permita a la canasta girar hacia el lado derecho y hacia el lado izquierdo, tanto para el descargue de la máquina como para el lavado de la misma, esta función debe permitir que al cumplir el tiempo de giro, ésta se detenga unos segundos, (esto se hace para evitar sobrecargar al variador de velocidad, debido al tiempo de rampa de deceleración y aceleración) y luego gire hacia el lado contrario.

Para el tanque de químicos se implementarán dos funciones, una para cerrar la puerta del tanque por medio de un pistón o cilindro neumático y los acoples mecánicos que se requieran para instalarlo y un sensor inductivo de proximidad PNP que le indique al controlador el estado de la puerta y realice una temporización para el cerrado de la puerta después de transcurrido el tiempo programado. La segunda función que se aplicará al tanque de químicos es la función de lavado de tanque, ésta función la realiza el operario de modo manual y debe utilizar elementos de protección personal para evitar salpicaduras cuando está realizando esta función, para ello se implementará una válvula solenoide a 24 Vdc que permita el paso del agua hacia el tanque esparciéndola equitativamente a través de una boquilla que se adapte al contorno del tanque con

perforaciones simétricas muy cercanas para que se realice el lavado, esta función será también operada por medio del controlador lógico, que incluirá una rutina de lavado temporizado.

### **Marco metodológico**

Tomando en cuenta los aspectos hallados en la etapa de investigación de los procesos de mejora que se podrían implementar en el presente proyecto, se realiza un análisis ingenieril en el que se pudo seleccionar las mejoras viables que se podían aplicar para el mejoramiento del correcto funcionamiento de las lavadoras para brindar más seguridad al operario.

Por otro lado se pudo detectar el riesgo que corren algunos operarios al no acatar las directrices que se les brinda durante la capacitación en la operación de las máquinas poniendo en riesgo su integridad.

De lo hallado se seleccionaron para la ejecución del proyecto las siguientes problemáticas:

1. Debido a que las lavadoras industriales son de gran tamaño y peso alrededor de 5 toneladas y que su velocidad de operación es de 30 RPM en la canasta y la frecuencia del variador de velocidad que hace girar el motor de la canasta es de 60Hz, su máximo de operación, se descubrió que la gran mayoría de operarios trabajan a esta velocidad para realizar la operación de descargue, con el fin de agilizar el proceso, lo cual no es seguro pues si no se toma una prenda bien , ésta puede enredarse en las extremidades del operario y provocarles lesiones graves como ya ha ocurrido anteriormente.
2. Para descargar la canasta, se debe inclinar la máquina hasta máximo una altura de 36-38 centímetros tomados en la parte trasera de la máquina, pero algunos operarios para lograr una descarga más rápida la inclinan más de lo estipulado, debido a que las lavadoras no

cuentan con ningún sistema que pare la bomba automáticamente, este proceso lo hacen con una velocidad de 30 RPM, lo que puede presentar riesgos físicos al operario y a la máquina, ya que puede desgastar los sellos del pintón que sube la canasta y emulsionar el líquido del sistema hidráulico si se queda el suiche activado, generando desgaste en los sellos de la bomba.

3. Al ingresar los químicos a la lavadora, se debe realizar la acción teniendo en cuenta en algunos casos se debe hacer con la lavadora en giro y en otras ocasiones con la lavadora en paro, dependiendo del lavado; algunos de los químicos utilizados en los lavados pueden ser reactivos entre sí, los cuales pueden causar quemaduras en la piel al hacer contacto con ellos; la lavadora cuenta con una tapa que el operario debe abrir y cerrar manualmente después de inyectar los químicos.
4. La lavadora no cuenta con sensores ni en puerta de cargue ni en puerta de toma de muestras o tiene algún otro medio que le indique al sistema de control que pare la canasta el ser éstas abiertas durante su operación.

Desde el punto de vista de mantenimiento también se pudo observar que algunos operarios al realizar los lavados, las tomas de muestras y en general su operación, realizan procedimientos que ponen en riesgo su integridad y a su vez la de los demás compañeros de lavado. Por lo que surgieron varias inquietudes al respecto, por tal motivo se consultó con el jefe de mantenimiento para saber si habían presentado incidentes o accidentes graves en la operación de las máquinas y corroboró que efectivamente han existido varios incidentes sin ninguna implicación grave y un accidente uno de ellos el más grave años atrás, el cual la máquina le atrapó la mano al operario y debido a su gran potencia lo envolvió con el resto de las prendas y lo ingresó a la máquina, causándole esto una

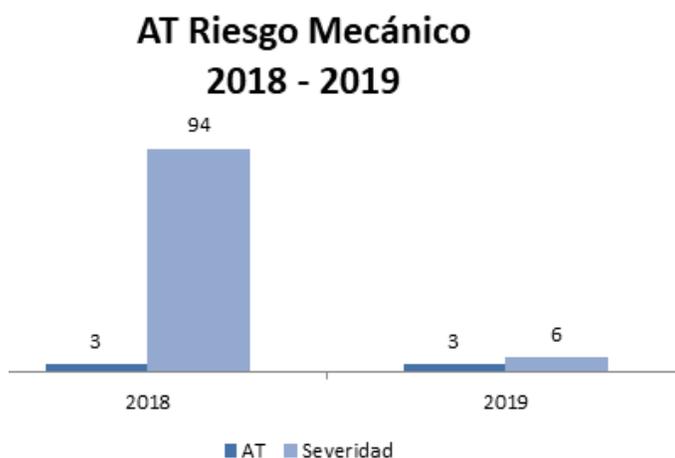
luxación de hombro derecho y hematomas varios, contando el implicado con la suerte de que un compañero vio lo ocurrido y se apresuró a oprimir el botón de paro de emergencia de la lavadora, lo que evitó que el desenlace hubiese podido llegar a ser fatal. Luego se consultó con personal de salud ocupacional de la empresa para continuar con la investigación que brindó los siguientes reportes donde se consignan los accidentes ocurridos en los años 2018 y 2019:

MES DEL ACCIDENTE	FECHA DEL ACCIDENTE	ÁREA	CARGO	TIPO DE EVENTO (ATI)	DESCRIPCIÓN DEL ACCIDENTE	DÍAS DE INCAPACIDAD	MECANISMO O FORMA DEL ACCIDENTE	TIPO DE LESIÓN	AGENTE DEL ACCIDENTE	PARTE DEL CUERPO AFECTADA
ABRIL	04-01-18	LAVADO	OPERARIO DE LAVADO	ACCIDENTE LEVE	EL TRABAJADOR PROCEDIA A LIMPIAR EL FILTRO DE LA LAVADORA # 32 Y AL MOMENTO DE ABRIR LA TAPA, ESTÁ TENIA AIRE COMPRIMIDO, LO CUAL OCASIONO SALPICADURA DE AGUA CALIENTE, GENERANDOLE QUEMADURAS EN EL ABDOMEN Y LEVEMENTE EN EL CODO IZQUIERDO	4	EXPOSICIÓN O CONTACTO CON TEMPERATURA EXTREMA	QUEMADURA	MÁQUINAS Y/O EQUIPOS	ABDOMEN
SEPTIEMBRE	09-01-18	LAVADO	OPERARIO DE LAVADO	ACCIDENTE SEVERO	EL TRABAJADOR SE ENCONTRABA EN LA LAVADORA # 8, AL MOMENTO DE PRESIONAR EL BOTÓN PARA ABRIR LA PUERTA DE ESTÁ, UTILIZA LA MISMA MANO PARA SOSTENER LA PUNTA DE LA LAVADORA, LO CUAL LE OCASIONO APRISIONAMIENTO Y AFECTACIÓN DE LA UÑA DEL DEDO 5TO DE LA MANO DERECHA.	30	ATRAPAMIENTOS	GOLPE, CONTUSIÓN O APLASTAMIENTO	MÁQUINAS Y/O EQUIPOS	MANOS
SEPTIEMBRE	17-09-18	LAVADO	OPERARIO DE LAVADO	ACCIDENTE GRAVE	EL TRABAJADOR SE ENCONTRABA REALIZANDO EL LAVADO DE UNAS PRENDAS EN LA LAVADORA # 11, AL MOMENTO DE ADICIONAR EN LA TOLVA SODA CAUSTICA Y POSTERIORMENTE DOXT, EL COLABORADOR NO SE PERCATÓ QUE LA VÁLVULA SE ENCONTRABA CERRADA, LO QUE NO PERMITIÓ QUE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS INGRESARAN AL INTERIOR DE LA LAVADORA, GENERANDO UNA REACCIÓN QUÍMICA EN LA TOLVA, OCASIONANDO QUE EL PRODUCTO QUÍMICO SALIERA EXPULSADO, CAUSANDOLE QUEMADURAS EN ESPALDA Y CUELLO.	60	EXPOSICIÓN O CONTACTO CON SUSTANCIAS NOCIVAS, RADIACIONES O SALPICADURAS	QUEMADURA	MATERIALES O SUSTANCIAS	UBICACIONES MÚLTIPLES

*Imagen 1, Caracterización accidentes 2018 (Fuente: Salud ocupacional C.I Jeans)*

MES DEL ACCIDENTE	FECHA DEL ACCIDENTE	ÁREA	CARGO	TIPO DE EVENTO (AT)	DESCRIPCIÓN DEL ACCIDENTE	DÍAS DE INCAPACIDAD	MECANISMO O FORMA DEL ACCIDENTE	TIPO DE LESIÓN	AGENTE DEL ACCIDENTE
AGOSTO	26-08-19	LAVADO	OPERARIO LAVADOR	ACCIDENTE LEVE	EL TRABAJADOR SE ENCONTRABA TAMIZANDO UN CLORO EN UN BALDE, EL CUAL TENÍA RESIDUOS DE DESTROZA, LO QUE GENERÓ UNA REACCIÓN QUÍMICA AL COMBINAR AMBAS SUSTANCIAS, CAUSANDO SALPICADURA EN ANTEBRAZO IZQUIERDO, PANTALÓN Y CAMISETA, GENERÁNDOLE IRRITACIÓN EN LA 1RA CAPA DE LA PIEL - QUEMADURA DE 1ER GRADO.	2	EXPOSICIÓN O CONTACTO CON SUSTANCIAS NOCIVAS, RADIACIONES O SALPICADURAS	QUEMADURA	MATERIALES O SUSTANCIAS
AGOSTO	29-08-19	LAVADO	OPERARIO LAVADOR	ACCIDENTE LEVE	EL TRABAJADOR SE ENCONTRABA SE ENCONTRABA MEZCLANDO SODA CAUSTICA EN LA LAVADORA # 22 AL TERMINAR DE MEZCLAR EL QCO, SE GENERÓ SALPICADURA EN LA ESPALDA, CUELLO Y LADO IZQUIERDO DEL ROSTRO, OCASIONÁNDOLE IRRITACIÓN EN LA PIEL - POSIBLEMENTE QUEMADURA DE 1ER O 2DO GRADO.	2	EXPOSICIÓN O CONTACTO CON SUSTANCIAS NOCIVAS, RADIACIONES O SALPICADURAS	QUEMADURA	MATERIALES O SUSTANCIAS
SEPTIEMBRE	30-09-19	LAVADO	OPERARIO LAVADOR	ACCIDENTE LEVE	EL TRABAJADOR SE ENCONTRABA DESCARGANDO LA LAVADORA NÚMERO 22 Y UNO DE LOS JEANS SE LE ENREDÓ EN LA MANO DERECHA, GENERÁNDOLE APRISIONAMIENTO Y LEVE DOLOR.	2	SOBREEFUERZO, ESFUERZO EXCESIVO O FALSO MOVIMIENTO	TORCEDURA, ESGUINCE, DESGARRO MUSCULAR, HERNIA O LACERACIÓN DE MÚSCULO O TENDÓN SIN HERIDA	MATERIALES O SUSTANCIAS

*Imagen 2, Caracterización accidentes 2019 (Fuente: Salud ocupacional C.I Jeans)*



*Imagen 3, Accidentes de trabajo (AT) riesgo mecánico 2018-2019 (Fuente: Salud Ocupacional C.I Jeans)*

Como se puede observar en la Imagen 3, en el 2018 se presentaron 3 accidentes de trabajo (AT) con una incapacidad de 94 días, relacionados con el manejo de las lavadoras. En lo que va transcurrido del presente año, se han presentado 3 accidentes de trabajo con baja

severidad con 6 días de incapacidad. Según las cifras indicadas de la accidentalidad laboral, son indicativos que se deben tomar acciones correctivas e intervenir tanto las máquinas como las capacitaciones al personal como lo indica la analista de seguridad y salud de la empresa, ya que pueden llegar a ser mortales (ARL Sura, 2019).

Con la información obtenida se procede presentar una propuesta de mejora para las lavadoras más viejas que son 28 y con su aprobación se procede a realizar un seguimiento a la operación de las lavadoras para poder presentar la propuesta de mejora y se halló lo que se presenta en la tabla 1

Hallazgos encontrados durante el funcionamiento de las lavadoras industriales durante su normal operación:

*Tabla 1 Tabla de operaciones realizadas en la operación de las lavadoras*

<b>Acción</b>	<b>Procedimiento</b>	<b>Lo que se hace</b>	<b>Lo que se espera</b>	<b>Quién lo ejecuta</b>
Cargue de producción	Se carga la producción dentro de la canasta de la lavadora	Se ingresa la producción para su respectivo procedimiento, bien sea lavado, tintura, remojo, etc.	Se espera que el operario haga este procedimiento con la lavadora apagada, con el botón de emergencia activado, para evitar giros inesperados de la canasta	Operario (s)

<p>Puesta en marcha</p>	<p>Se programa lavado y se inicia lavado</p>	<p>Se cierra puerta de carga y se inicia ciclo de llenado de la canasta, dependiendo del tipo de lavado la canasta gira o no y las RPM de la máquina varían también de acuerdo con el programa. (en ocasiones la puerta de muestras queda abierta y se salen los productos con los que se realiza el lavado)</p>	<p>Se espera que el operario de la lavadora, primero cierre la puerta de carga, si el ciclo de lavado no lo amerita durante el llenado de la canasta, éste debe cerrar también la puerta de muestras y la máquina debe estar en plano</p>	<p>Operario</p>
<p>Toma de muestras</p>	<p>Se abre puerta de muestras para extraer prenda a analizar</p>	<p>Se para giro de máquina y se procede a extraer muestra, mientras se aprueba la muestra, luego de ingresa de nuevo la prenda y arranca el giro de nuevo</p>	<p>Se espera que el operario, primero pare el giro de la máquina, hasta que se detenga por completo, extraiga la prenda, la máquina debe permanecer en reposo hasta que la prenda sea ingresada de nuevo y se debe habilitar el giro con el mismo programa con la puerta de muestras debidamente cerrada.</p>	<p>Operario o supervisor</p>

<p>Ingreso de químicos</p>	<p>Se inyectan los químicos que el lavado requiere</p>	<p>El operario con la máquina en funcionamiento, pero a bajar revoluciones, dependiendo del lavado, inyecta los químicos por el tanque destinado para ello, luego del ingreso del producto habilita de nuevo la máquina. (en muchas ocasiones la puerta de ingreso de químicos queda abierta y los químicos empiezan a salirse por la tolva).</p>	<p>Para éste proceso, la máquina debe bajar las RPM, abrir la tapa de la tolva para el ingreso de los químicos, se debe inyectar el producto manualmente y luego debe habilitar la máquina para que siga su proceso de lavado y cierre la puerta de ingreso de químicos para que estos no salpiquen cuando la máquina entra en su proceso de lavado normal</p>	<p>Operario</p>
<p>Descargue de la canasta</p>	<p>Se debe descargar la producción luego de su proceso de lavado</p>	<p>Después de la terminación del proceso de lavado el operario abre de puerta de cargue e inclina la máquina de modo manual hasta que la detenga, en ocasiones lo realizan con giro habilitado, el operario desde el suiche de incline para la activación y</p>	<p>El operario debe parar la máquina por completo, abrir la puerta de cargue, inclinar la máquina sin girar hasta que se detenga a la altura necesaria para el descargue, luego debe girar la canasta para acomodar las prendas para descargarlas, luego con la canasta detenida proceder al descargue y</p>	<p>Operario</p>

		<p>procede a descargarla con la máquina en giro en su mayoría a 30 RPM, siendo esto una velocidad muy alta y riesgosa, también inclinan de más la canasta para hacer menos esfuerzo, pero con el riesgo de que la altura de la canasta pueda traer problemas mecánicos.</p>	<p>repetir el mismo proceso para seguir descargando, cuando la canasta esté vacía, debe bajar la máquina en plano.</p>	
<p>Lavado de tanque de químicos</p>	<p>Remover los químicos utilizados durante el lavado anterior, para descontaminar el tanque</p>	<p>El operario con la máquina detenida lava el tanque de químicos de modo manual, hasta remover los productos utilizados en la lavado realizado</p>	<p>Se debe con la máquina detenida, lavar el tanque de químicos, ya que los restos del lavado anterior pueden contaminar el próximo lavado, por ello el operario lo debe ejecutar de modo manual, removiéndolos con agua.</p>	<p>Operario</p>

Observaciones realizadas en el funcionamiento de las lavadoras (Fuente: elaboración propia)

## **Descripción del sistema y su operación**

Para comprender mejor la aplicación del presente proyecto, realizaremos una descripción del sistema físico de las lavadoras industriales actuales, sus componentes y su modo de operación, para poder tener un punto de comparación de las mejoras que se aplicaron al presente proyecto, pues esto ayuda a comprender la magnitud de lo que se logró obtener con las mejoras propuestas.

### **Descripción de las lavadoras actuales**

En la actualidad las lavadoras industriales, están a la par con el avance de las tecnologías, como lo son los avances tecnológicos eléctricos, electrónicos, materiales aplicados a sus estructuras físicas, desarrollo del software para procesos de lavado, bajo consumo de agua y tecnología aplicada a los procesos de lavado mediante creación de su propia investigación (Tonello, 2020). Existen en la actualidad marcas como Tonello y Tolkar que son las más competentes en la actualidad debido a sus prestaciones, ya que cuentan con sistemas integrados en una sola unidad de la lavadora, pues por un lado, poseen una de las funciones más prácticas e importantes después de un lavado, como lo es el proceso de centrifugado, ya que en la actualidad la industria del lavado cuenta aún con ambos procesos por separado.

Por otro lado la inyección de los químicos viene con la posibilidad de ser ingresada a través de tuberías externas del sistema de químicos automático y también manual por medio de un tanque completamente automatizado, el cual contiene un sistema de válvulas, sensores y un sistema de bombeo que inyecta los químicos de forma automática y a una velocidad establecida para su correcta inyección de los procesos de tinturas y lavado, (Smartex, 2020).

Los sistemas lógicos de lavado son completamente automatizados, ya que cuentan con sensores en todas aquellas partes importantes de la lavadora como lo son; el sensor cuenta-litros

que inyecta con gran precisión la cantidad de agua a utilizar, sensores de presión de aire , tanto en la entrada al sistema como en las puertas, pulmones de incline, etc., el cierre de las puertas se realiza por medio de servomotores y estos a su vez cuentan con sensores de apertura y cierra, (Tonello Manual de operación, 2019), poseen sistemas de autobalance durante el proceso de centrifugado. Además de los sistemas normales del proceso de lavado, los proveedores de las lavadoras industriales ofrecen servicios adicionales que se pueden adicionar a las lavadoras convencionales por ellos suministradas, como sistemas E-Flow que se utilizan para procesos de lavado en seco y procesos de suavizado de la prenda, cuyos sistemas también son completamente automáticos (Smartex Manual de operación , 2017).

El sistema de incline para descarga es automático y el operario no debe estar preocupado de la altura de la canasta ni del tiempo transcurrido, ni de la apertura de la puerta, pues una vez se abre es bloqueada mediante cilindros neumáticos tanto en la apertura como en el cierre. Además el sistema de la lavadora avisa en todo momento el estado del proceso, incluyendo, si la canasta tiene agua, presión del aire y estado de las puertas, también se cuentan con el descargue seguro de las prendas gracias a los sistemas de seguridad de operación con dos manos, (Tonello Manual de operación, 2019).

En general los sistemas en cuanto a protecciones de las lavadoras que existen en la actualidad cuentan con grandes prestaciones tanto físicas como lógicas para garantizar la integridad del operario y como se puede inferir, se requiere poco de la intervención humana, pues sólo se requiere que el operario ingrese las prendas a lavar, los químicos o tinturas en sus respectivos sistemas equipados para ello, toma de muestras y descargue de las prendas al finalizar los procesos y todo ello se realiza de forma segura.



Lavadora industrial Tolkar



Lavadora Industrial Tonello

*Imagen 4, Lavadoras Industriales Actuales (fuente: [www.tolkar.com.tr](http://www.tolkar.com.tr), [tonello.com](http://tonello.com))*

## Descripción de los sistemas de la lavadora intervenida

### Sistema físico

Las lavadoras industriales cuentan con un sistema muy simple y fácil de comprender, en su parte exterior está compuesta por un chasis con unas dimensiones de 2.5 metros de ancho por 2.8 metros de alto aproximadamente, ya que dependen de la capacidad de carga para el lavado y del fabricante, tienen una puerta de carga de aproximadamente 0.8 metros de radio, una puerta de muestras de 0,30 metros de radio; la canasta tiene radio de 1,6 metros aproximadamente y un eje acoplado a un juego de poleas o piñones dependiendo el fabricante que al final se adaptan mediante bandas a un motor de inducción trifásico de 30 caballos de fuerza (Hp) y que trabaja a un voltaje de 440 VAC, el cual la hace girar.

Por otro lado cuenta con un gabinete de potencia y control el cual es el encargado de las operaciones de lavado de éstas, en él se encuentran los componentes eléctricos y electrónicos que controlan las funciones de lavado en forma automática. Cuenta con un interruptor termomagnético totalizador de 100 amperios para la protección de la potencia del sistema como el variador de velocidad, la bomba hidráulica y el control en general, para hacer girar la canasta posee un variador de velocidad marca Danfoss VLT 5000 ver anexo 1, con su respectiva protección eléctrica, para alimentar el control se requiere bajar el voltaje de entrada que es 440 VAC y se utiliza un transformador de voltaje de control de 440 VAC/ 220/24 VAC y 24 VDC respectivamente, posee las correspondientes protecciones eléctricas mediante interruptores termomagnéticos y fusibles de vidrio para el control de 24 VDC y 24 VAC para las funciones de control, la bomba hidráulica cuenta con un guardamotor trifásico de 4 a 6,3 amperios y la activación de la potencia de dicha bomba, se realiza mediante un contactor trifásico de 24 VAC a 12 Amperios y que para activarlo se hace mediante un suiche muletilla de dos posiciones con contacto normalmente abierto ubicado en la carátula de control para su operación manual. La interface entre el control y el sistema neumático se realiza mediante relés electromecánicos que son activados por el controlador principal RS Basic Plus a 24 VDC.

En la carátula del gabinete eléctrico en la parte superior se encuentra el controlador principal RS Basic Plus de la lavadora, el cual cuenta con un display LCD táctil resistiva para realizar de interfase entre el controlador y el usuario. En la parte inferior de la carátula tiene varios suiches muletilla de dos y tres posiciones, los que describirán a continuación: suiche de activación de control, suiche manual-automático, suiche activación de drenaje, suiche de agua fría, suiche de agua caliente, suiche de vapor, suiche de incline y paro de emergencia, funciones

para activación en modo manual, en la Imagen 4 se puede apreciar la parte frontal de la lavadora y el gabinete eléctrico al lado de la misma.



*Imagen 5, Lavadora Industrial Tupesa (fuente: [www.Tupesa.com](http://www.Tupesa.com))*

En la parte inferior del gabinete de control se encuentra el sistema neumático de la lavadora que cuenta electroválvulas las cuales son activadas mediante 24 VDC. En la parte inferior de la canasta está ubicado un cilindro neumático que habilita el drenaje de la canasta; en la parte posterior están las válvulas de vapor, agua 1 o agua fría, agua 2 o agua caliente, en la parte lateral debajo de la máquina se encuentra el sensor de temperatura PT100 y en la tubería de entrada de aguas está el sensor de entrada de agua o cuenta litros, el cual indica la cantidad de agua que le ingresa la canasta.

Por último en la parte posterior de la máquina se encuentra una bomba hidráulica de 3 Hp a 440 VAC trifásicos a 4,5 amperios, la cual hace activar a un cilindro hidráulico para inclinar la lavadora y realizar el descargue de ésta y para la desactivación del cilindro o para hacer bajar la canasta se hace mediante al activación de una válvula solenoide a 220 VAC.



*Imagen 6, Parte posterior de la lavadora industrial (fuente: [www.tupesa.com](http://www.tupesa.com))*

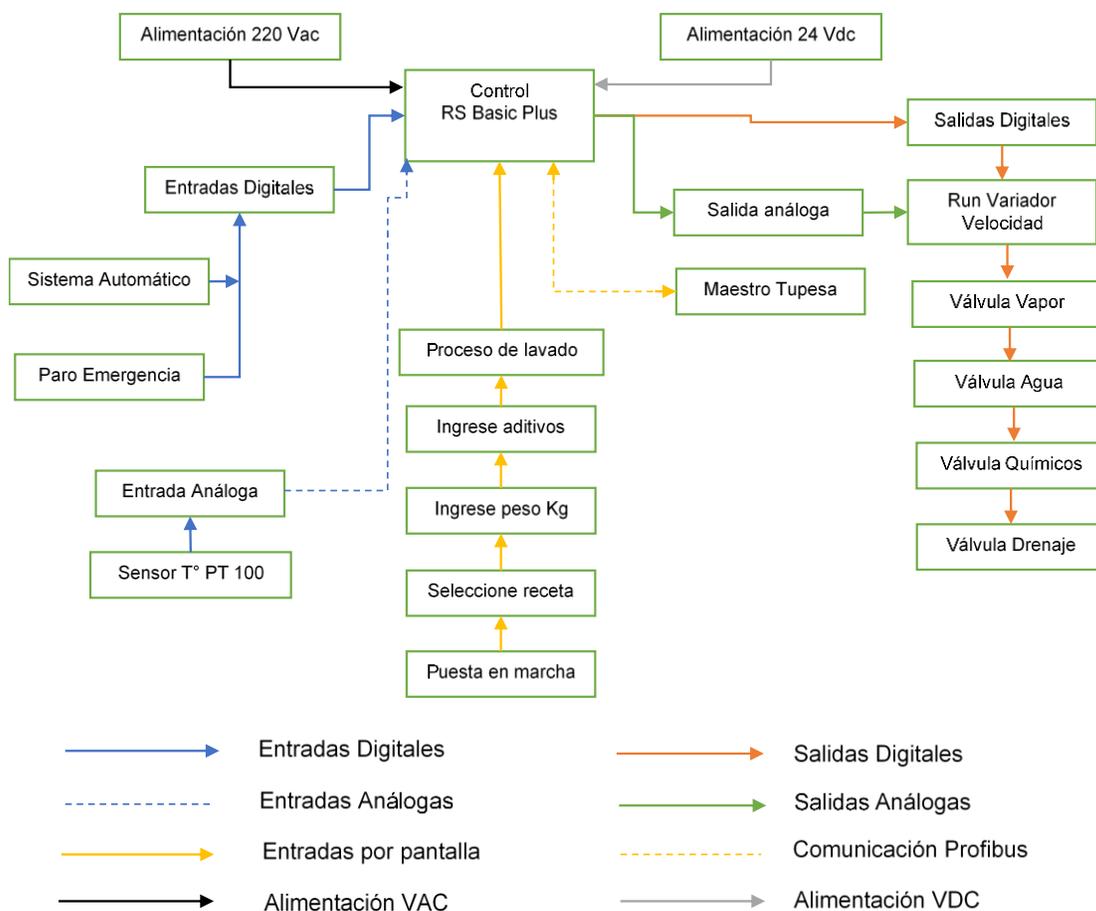
### **Sistema lógico**

El sistema lógico de las lavadoras industriales es realizado por un controlador automático RS Basic Plus, el cual es fabricado por el mismo fabricante de las lavadoras Tupesa, dicho controlador cuenta con entradas digitales a 24 VDC, salidas mediante relé y entradas análogas; su alimentación es de 220 VAC y el control mediante 24 VDC. La interacción entre el usuario el controlador se realiza mediante una display Touch Screen, por este medio se cargan las funciones de los procesos de lavado como lo son las recetas en las cuales se activan las funciones de entrada de vapor, entrada de agua, cantidad de giros de la canasta etc., también mediante la entrada de recetas por medio del protocolo Profibus, el cual está enlazado al sistema maestro Tupesa y éste al resto de las lavadoras y por este medio se modifican las recetas, se cargan y se asignan lavados.

Para realizar un lavado desde el controlador, se selecciona el respectivo lavado con la previa carga de las prendas, se ingresa el peso de las prendas y la cantidad de agua respecto a su

peso, se selecciona el suiche en modo automático y se enciende el proceso desde el controlador y ya éste es el encargado de todo el proceso con partes intermedias donde se aplican los colorantes, químicos o agentes suavizantes, durante el proceso, el operario está encargado de los pasos en los cuales se requiere de su intervención hasta el final del proceso.

Los procesos de lavado realizados se efectúan de forma automática, si se requieren procesos adicionales como paso de vapor, agua, etc. se debe pasar a modo manual, pero no tiene la función de giro a ambos lados en modo manual y las demás aplicaciones en modo manual al inicio de este escrito mencionadas propósito de éste proyecto. A continuación se muestra en la imagen 6 el diagrama de control del sistema.



*Imagen 7, Diagrama de control lógico del sistema (Fuente: elaboración propia)*

### Condiciones de seguridad de operación

Durante el normal funcionamiento de las lavadoras existes riesgos que pueden causar accidentes al operario, entre ellos se encuentra la apertura de la puerta de carga, la apertura de la puerta de muestras, bien sea por mala manipulación o porque se han cerrado mal; esto representa un gran riesgo para el operario. Si la lavadora está en proceso y se abre, se puede salir de la canasta su contenido y puede causar accidentes químicos y físicos, ya que algunos lavados tienen

contienen elementos que pueden causar heridas en la piel, además de las altas temperaturas que pueden llegar hasta los hasta 90 grados.

Cuando se realiza el proceso de descargue de la canasta, se debe inclinar la máquina a unos 30° y se debe parar el incline de modo manual, ya que no cuenta con un sistema de paro automático. En algunas ocasiones se han quedado pegados los contactos de los suiches y se queda activo el contactor que habilita la bomba hidráulica, lo que ha llegado a causar fallas mecánicas que hacen que la canasta caiga con gran fuerza debido al peso de la máquina y su contenido, esto puede herir gravemente al operario o al personal que esté cerca.

En algunas ocasiones los operarios realizan la inclinación de la máquina mientras está girando a una velocidad de 30 rpm, esto puede ser otro riesgo grave que puede afectar no solo su seguridad, sino la de los demás, pues si la puerta de carga no está asegurada al inclinarse, se puede abrir y golpear con fuerza y además sufrir atrapamiento por las prendas o la canasta. La función de incline no tiene un sensor o algún tipo de sistema automático de protección que apague el contactor para finalizar la inclinación.

Al descargar la canasta, la velocidad de descargue es de 30 rpm, la cual es su velocidad máxima; esto ha causado varios incidentes y dos accidentes graves, lo que indica que es una intervención que se debe ejecutar con prontitud y además es un requerimiento de la ARL.

El tanque de químicos o tolva de químicos tiene una puerta y una válvula que se operan de modo manual, éstas muchas veces permanecen abiertas, aún, cuando la lavadora está en operación, lo que es muchas veces olvido de los operarios, ya que cuando se ingresan los químicos o se realiza el lavado ésta se debe cerrar, pues existe el riesgo que los componentes al

hacer reacción con el agua salgan expulsados por este ingreso, lo que ya ha pasado y también ha habido lesionados por este tipo de falla.

En la actualidad la mayor parte de las lavadoras su estado en la parte de control está desactualizado, pero funcional, también se encuentran lavadoras que se han intervenido, pero no se han hecho mejoras, se han cambiado elementos y se han deshabilitado funciones, cosa que complica las funciones de mantenimiento correctivo, ya que algunas modificaciones no tienen marcación o están sus cableados interfiriendo algunas funciones o mal separados lo que hace que a la hora de hallar las causas de las fallas se dificulta más; también algunas de las lavadoras requieren de actualizaciones tanto en sus componentes eléctricos y electrónicos instalados como en su cableado, ya que en algunas de ellas se realizan procesos que generan cierto grado de corrosión en el ambiente que penetran tanto en el gabinete eléctrico, los componentes y el cableado de control.

Con el proceso de adición de seguridades la idea principal es garantizar la seguridad del operario en todo momento de la operación de las lavadoras, teniendo en cuenta también que se van a hacer mejoras que ayudarán a agilizar el proceso que se requiere para su operación en condiciones normales de trabajo.

### **Implementación del sistema automatizado**

Debido a que las lavadoras industriales existentes en planta no cuentan con ciertas funciones de manejo en modo manual, se propone implementar las siguientes funciones:

1. Implementación de sensores de proximidad en puerta de carga y puerta de muestras para detener el giro de la canasta.
2. Implementación de sensor de proximidad para indicar la altura de incline máxima de la canasta y adicionar un temporizador para que cumpla la función de seguridad.
3. Implementar un sistema de control mediante un PLC que permita a la canasta girar hacia ambos lados de forma temporizada ya a bajas rpm
4. Implementar un sistema de lavado automático de lavado de la tolva de químicos y cerrar el ingreso de los químicos mediante una válvula actuada neumáticamente.

Los procesos de lavado o tintura requieren de seguridad durante la operación normal de la máquina, por lo cual se implementó un sensor de proximidad inductivo tipo PNP a 24 Vdc (ver anexo 5) en la puerta de muestras y otro en la puerta de cargue, que se encargan de activar la función de parar el giro de la canasta, si una de estas puertas es abierta durante su operación. Además se debe garantizar que la puerta de cargue se pueda abrir cuando se desee descargarla sin presentar alarma y que la canasta pueda girar a una frecuencia más baja en ambos sentidos.

Para la función de incline de la lavadora, se instala un sensor inductivo de proximidad PNP para detectar el punto máximo de incline de la canasta (aproximadamente 36-38 centímetros de altura) para activar el paro de la subida; con una protección adicional mediante un

temporizador que deshabilita la potencia de la bomba hidráulica y detener la subida de la canasta, en caso de fallo del sensor de proximidad de altura.

La función de giro en modo manual requiere de una implementación de una función temporizada que permita a la canasta girar hacia el lado derecho y hacia el lado izquierdo, tanto para el descargue de la máquina a baja velocidad como para el lavado de la misma. Esta función debe permitir que cuando pare de girar la canasta, ésta se detenga unos segundos y luego gire hacia el lado contrario.

Para el tanque de químicos, se instalaron dos funciones: una para cerrar el paso de químicos del tanque hacia el interior de la lavadora por medio de una válvula actuada, la cual se pudo programar por medio del controlador principal RS-Basic plus y cuya función también, se anexó a la rutina que lo necesite dentro de las funciones de lavado. La segunda función que se aplicó al tanque de químicos es la función de lavado de tanque; ésta función la realiza el operario de modo manual quien debe utilizar elementos de protección personal para evitar salpicaduras, para ello se implementó una electroválvula para el paso del agua hacia el tanque a través de una boquilla o flauta con la forma del tanque con perforaciones simétricas muy cercanas para que se realice el lavado, esta función es temporizada operada por medio del controlador lógico PLC, la cual se activa por medio de un suiche muletilla que realiza varios lavados y su activación permite abrir la electroválvula de agua y la válvula actuada, por el tiempo programado.

La propuesta fue aprobada con algunas recomendaciones como la de utilizar no un PLC, sino un controlador menos costoso como el Logo! de Siemens (ver anexo 2 y 3), utilizar o reciclar lo más posible elementos como cableado, válvulas y relés existentes entre otros, los tiempos de asignación de máquina para intervención se realizaron durante la ejecución un

mantenimiento programado para cambio de rodamientos, el cual permitió el tiempo necesario para la implementación de todo el sistema de mejora, las modificaciones en el gabinete se deben realizaron con la aprobación en punto del jefe de mantenimiento correctivo y con las recomendaciones sugeridas por él y el jefe general de mantenimiento.

### **Elaboración de los planos de control**

Con todas las recomendaciones y aprobaciones al sistema propuesto y toda la información recopilada se procede entonces con la elaboración de los planos de control. Para ello se realiza un listado con las funciones más importantes en cuanto cambios en el sistema de control actual, tipos de alimentación, entradas y salidas del sistema, definición de los elementos eléctricos y electrónicos y maniobra a utilizar.

### **Listado de elementos y maniobra eléctrica**

Teniendo en cuenta los cambios que se van a realizar se procede a configurar la lista de elementos necesarios para la ejecución del proyecto los cuales se plasman en la tabla 2.

*Tabla 2 Elementos Maniobra Eléctrica*

Elemento	Descripción
Interruptor termomagnético bipolar de 2x4A	Protección fuente DC
Fuente 110/220 VAC - 24 VDC	Fuente de 24 voltios para alimentación de controlador, elementos de maniobra y control

---

Bornera portafusibles de vidrio corto	Protección de alimentación de controlador, entradas y salidas del controlador y control general a 24 VDC
Logo! Siemens 12 / 24RCE	Para programar la rutina definida para la automatización de la lavadora
Relés electromecánicos con base 8 pines a 24 VDC	Elementos para la interface entre control y el PLC Logo
Suiches muletilla de 2 y 3 posiciones	Elementos para la aplicación de entradas al controlador y el control general de las funciones
Válvula solenoide para agua	Para paso de agua del tanque de químicos
Electroválvula cierre de tanque de químicos	Para cerrar el tanque de químicos
Sensores de proximidad PNP	Para la detección de entradas al controlador

---

Listado de maniobra (Fuente: elaboración propia)

### Listado de entradas y salidas del PLC

Para la elaboración de control es necesario y obligatorio tener en cuenta las funciones que el sistema va a realizar y se procede a elaborar el listado de entradas y salidas del PLC.

Tabla 3 Tabla Listado Entradas digitales Y Salidas Por Relé Del PLC

---

Entradas PLC	Salidas PLC
Emergencia	Giro automático

---

---

Sensor puerta de carga	Bomba de incline
Sensor de incline	Giro derecho
Sensor puerta de muestras	Giro izquierdo
Sistema automático	Válvula de agua tanque de químicos
Sistema manual	Válvula tanque de químicos
Suiche incline	Velocidad Jog variador
Suiche descarga	
Suiche lavado tanque de químicos	
Sensor tanque de químicos	

---

Listado entradas y salidas del PLC para realizar la elaboración de la programación (Fuente: Elaboración propia)

Teniendo los listados antes mencionados claros, los elementos a incluir y las modificaciones a realizar en los diagramas de control, se procede entonces a su elaboración como se muestran a continuación:

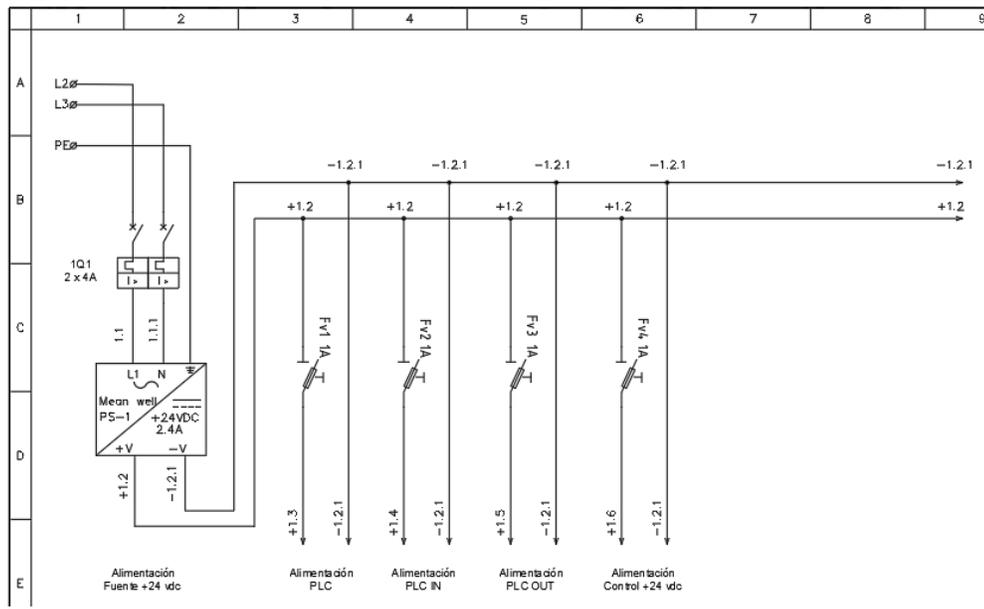


Imagen 8, Plano de potencia (Fuente: elaboración propia)

En el plano de potencia se puede observar cómo está protegida la fuente de alimentación de 24 voltios DC contra cortocircuitos, tanto a la entrada como a la salida de la misma, también podemos ver como cada entrada hacia el PLC y el control llevan protección por fusible, el cual es uno de vidrio con su respectiva base.

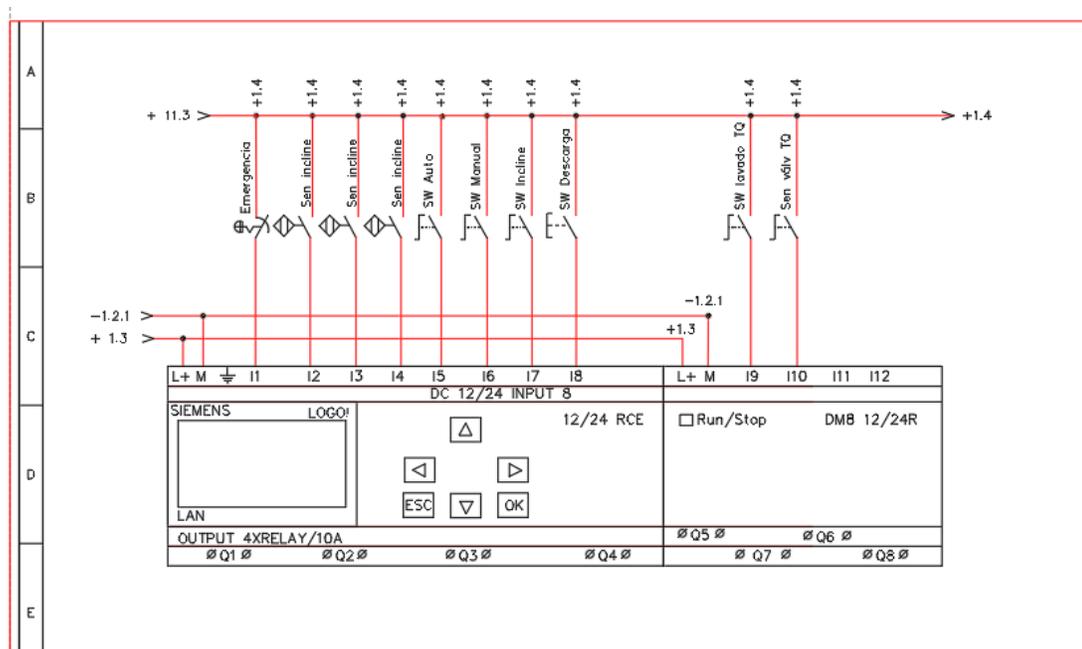


Imagen 9, Diagrama de conexiones de entradas del PLC (Fuente: elaboración propia)

El PLC cuenta con entradas digitales las cuales trabajan a 24 Vdc y son las encargadas de informar el estado de las funciones externas de las mejoras propuestas a la lavadora industrial, entre dichas funciones se encuentran: el paro de emergencia, los sensores de puertas e incline, los suiches de entradas de funciones entre otros. También muestra la alimentación del equipo tanto para la CPU principal como para el módulo de expansión, que también lleva la misma alimentación de 24 Vdc y de las interfases de las entradas.

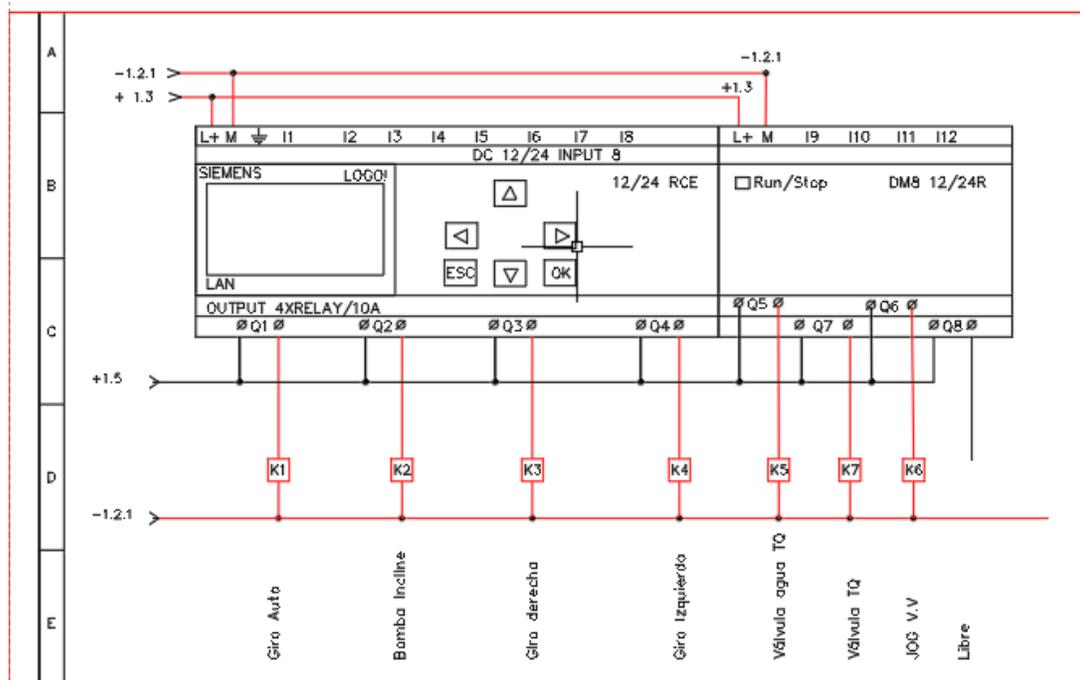
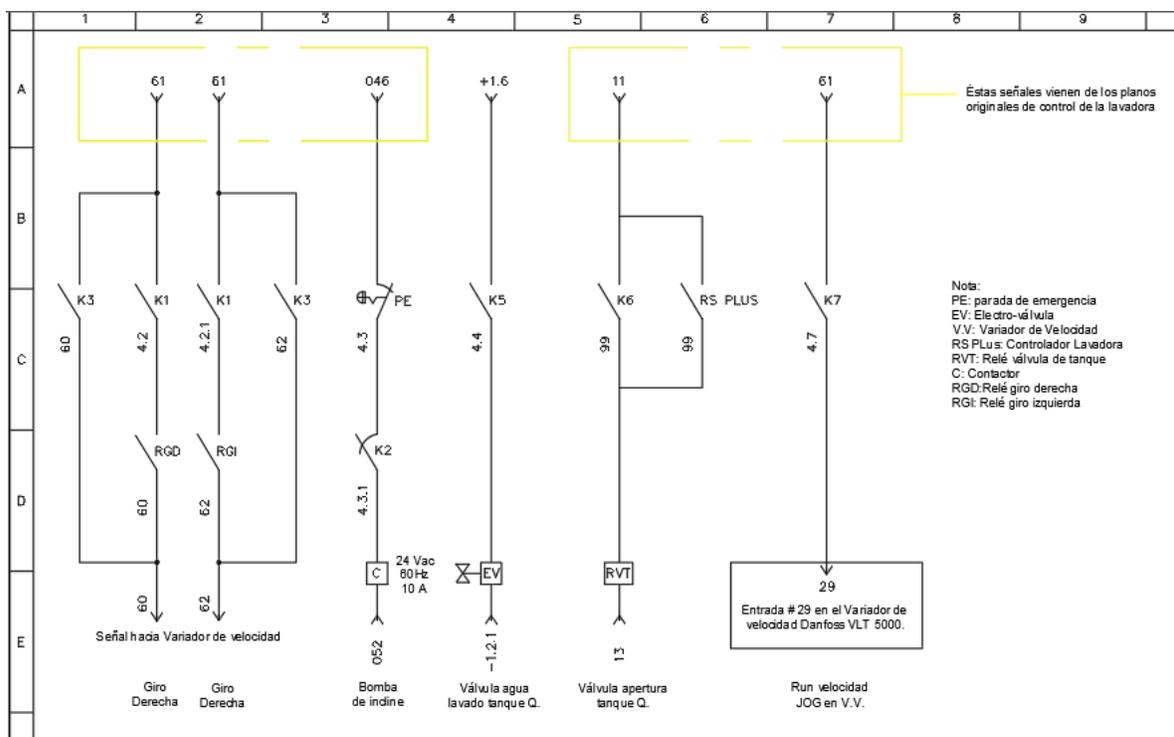


Imagen 10, Diagrama conexión de salidas PLC (Fuente: elaboración propia)

Este diagrama es muy muy importante, ya que aunque el equipo cuenta con salidas por relé, industrialmente se releva también dichas salidas, debido a las diferencias de potencial altas con pequeñas, pues separa los voltajes de activación de la bobina y los contactos. Además las altas corrientes en los contactos tienden a disminuir la vida útil de los relés. Motivo por lo cual se opta por esta opción, ya que es más fácil cambiar un solo relé electromecánico o electromagnético (ver anexo 4) que un equipo completo en caso de fallo de alguna de sus salidas.

Como se puede ver en la imagen 9 diagrama de salidas del PLC, se está alimentando el común de las salidas con una línea DC, la cual también está protegida contra cortocircuitos por medio de un fusible de vidrio de 1 amperio.



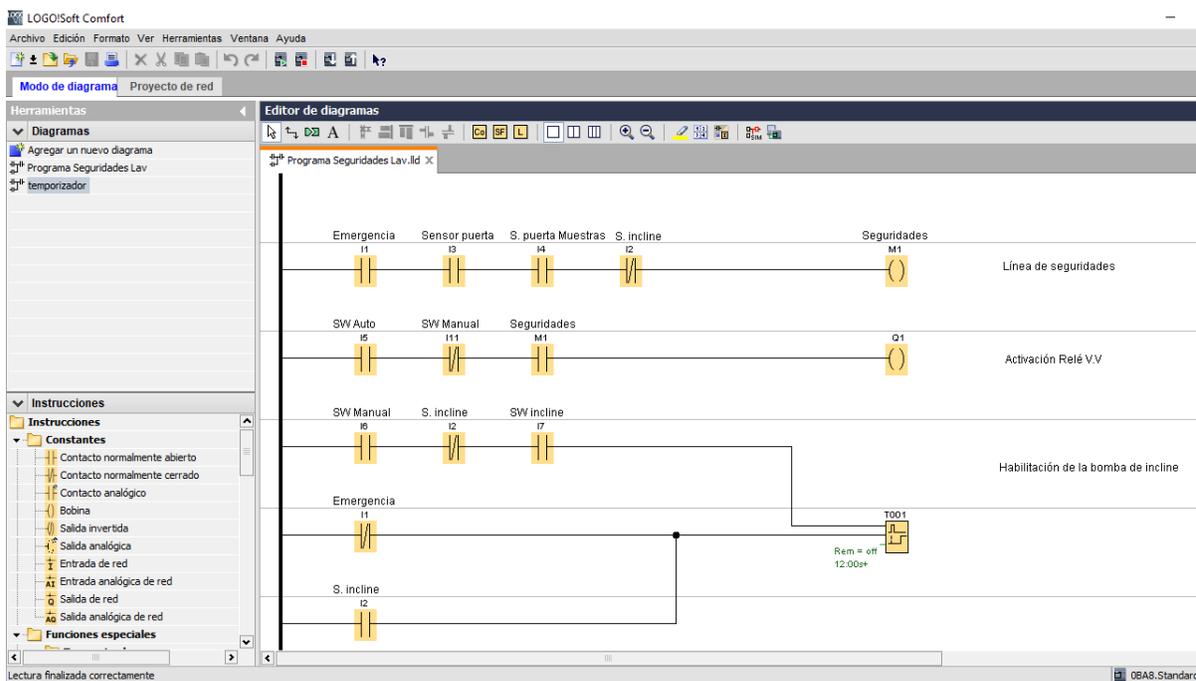
*Imagen 11, Planos de control 24 VDC y 24 VAC (Fuente: elaboración propia)*

En el plano de control se puede ver las interrupciones que se realizaron al sistema original y cómo se acoplaron a nuevo sistema de control para la función de giros de la canasta, se realiza una función de mejora para el paro de la bomba, pasando la línea de activación del contactor de la bomba de incline, el accionamiento de la válvula de lavado de tanque y la apertura de la válvula del tanque de químicos, además de la adición de control hacia el variador de velocidad Danfoss para la entrada de baja frecuencia o frecuencia Jog de éste.

### Programación en el Logo! Soft

Con los planos de control ya bien definidos y elaborados como las entradas y salidas del PLC, las funciones temporizadas a definir y las parametrizaciones que se requieren en cuanto a

seguridades, lo cual es la principal función de esta rutina, se procede a la configuración de la rutina de la lógica de control en el programa LogoSoft de Siemens y se deja plasmado como se muestra a continuación:



*Imagen 12, Rutina programa rutina seguridades (Fuente: elaboración propia)*

La Imagen 12 nos muestra cómo se puede programar en el PLC, el cual se puede realizar por diagrama de bloques o Ladder (Escalera), el cual fue el elegido para la realización de la rutina, ya que es de más fácil comprensión. En la imagen podemos apreciar la estructura de programación de las rutinas de protección, las cuales son las encargadas de parar la máquina al presentarse alguna de las condiciones allí escritas.

En la primera línea de programación se muestra la rutina de seguridades está compuesta por los sensores de puerta principal, puerta de muestras, sensor de incline y paro de emergencia,

si las condiciones son las adecuadas y se selecciona la función automático, se habilita la salida Q1 que permite la activación del relé de permiso de Run del variador de velocidad.

En la tercera línea del programa, si se cumplen las condiciones de suiche en posición manual, sensor de incline apagado y el suiche de habilitación de incline activado, se habilita el temporizador de seguridad de paro de subida de bomba de incline y el paro de emergencia deshabilita la función.

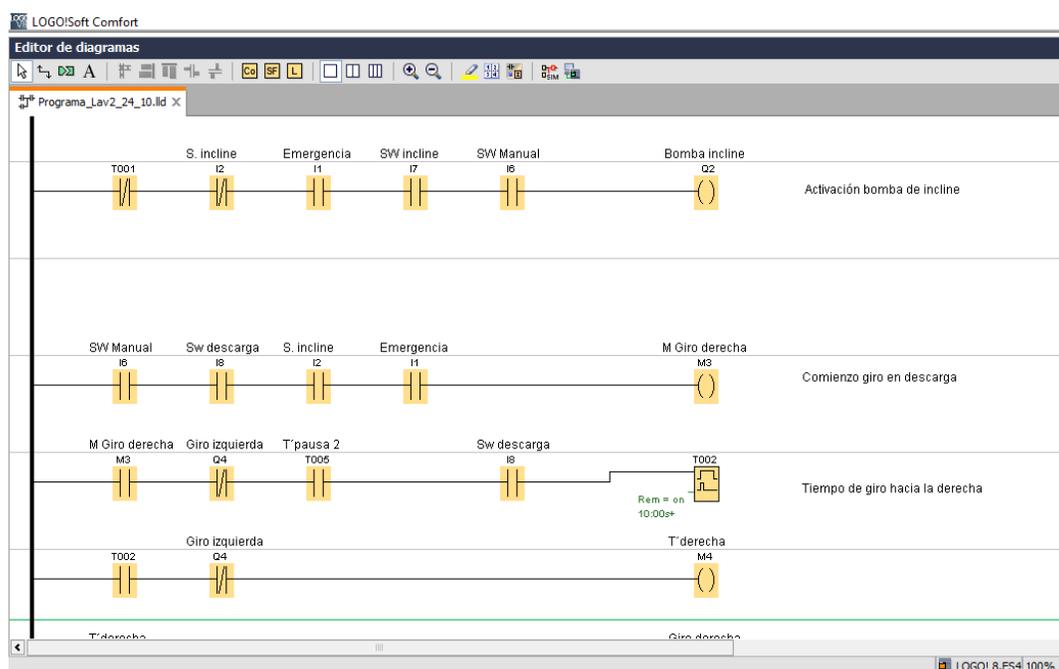
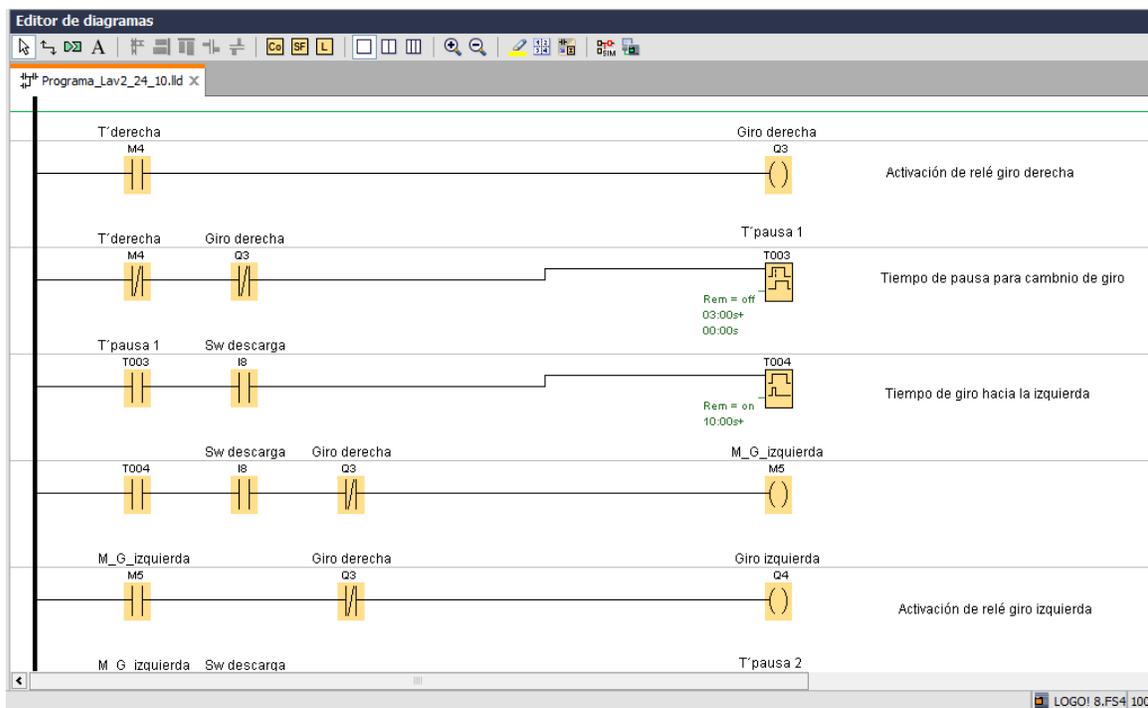


Imagen 13, Rutina bomba incline y giros (Fuente: elaboración propia)

En la Imagen 13, la línea 4 se continúa con la activación de la bomba de incline salida Q2 del Logo! después de la señal de activación del temporizador T001, el cual al cumplirse el tiempo programado deshabilita la bomba salida Q2.

Luego para dar inicio a la rutina de giro para descarga de la canasta, en la línea 5 se puede observar que se deben cumplir con las condiciones de Suiche manual, suiche de descarga, sensor

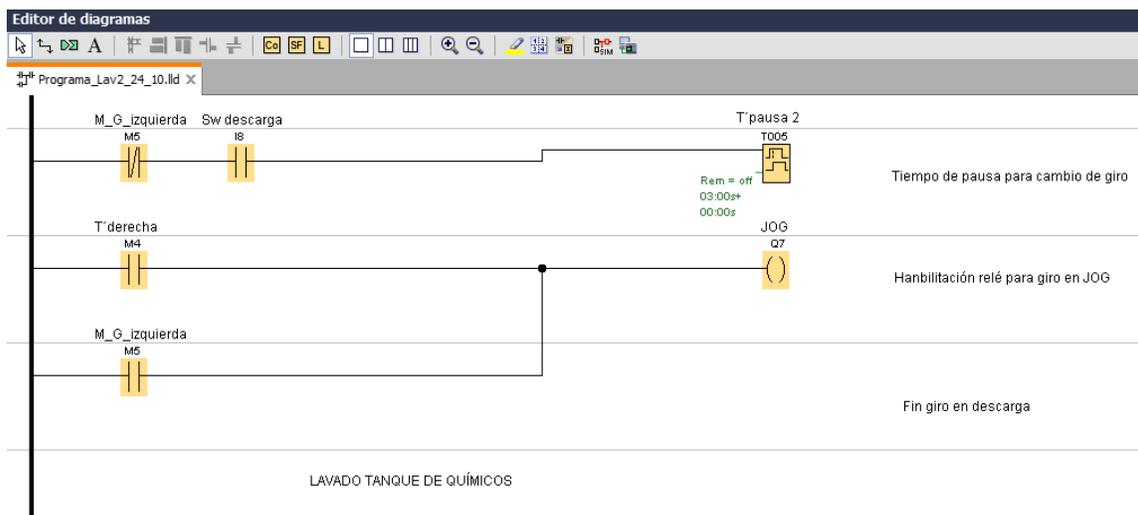
de incline y paro de emergencia activan una marca M3, la que a su vez en la línea 6, permite que las condiciones permitidas habiliten el temporizador T002 de giro derecho, que luego en la línea 7 dicho temporizador habilita una marca M4 siempre y cuando se cumpla la condición de seguridad de la salida Q4 deshabilitada.



*Imagen 14, Rutina giros (Fuente: elaboración propia)*

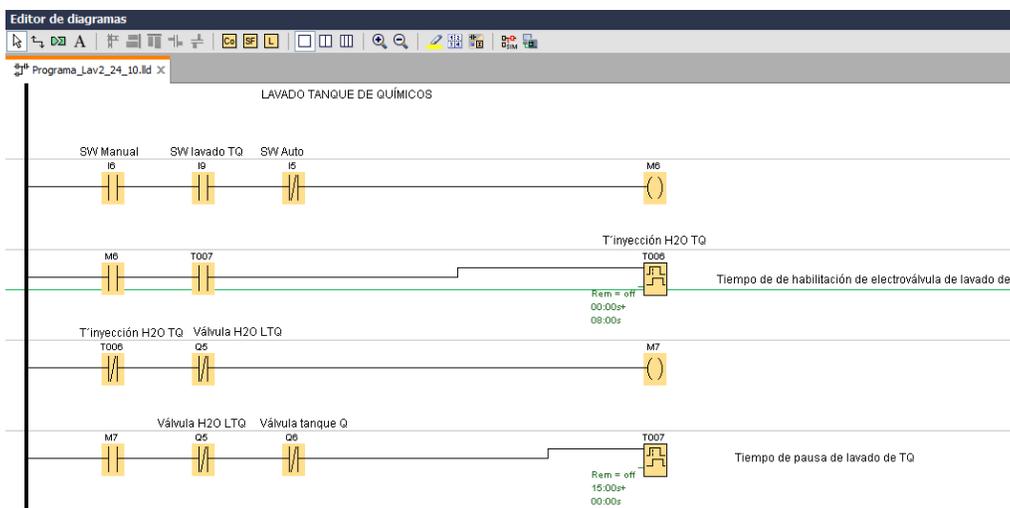
La imagen 14 continúa con la secuencia de la rutina de giro derecho con la marca M4 que permite activar la salida Q3 del Logo! cuya señal envía la señal de giro hacia el variador de velocidad. Luego de cumplido el tiempo T002 y la condición de la salida cerrada Q3 activa el temporizador T003 de tiempo de pausa para cambio de sentido del motor en la línea 10.

En la línea 11 al cumplir el tiempo de T003, esta habilita la entrada I8 de suiche de descarga y la señal de seguridad Q3 activa la marca M5, la que a su vez en la línea 12 y cumpliendo la condición de seguridad Q3, habilita la señal de giro izquierdo salida Q4.



*Imagen 15, Rutina giros (Fuente: elaboración propia)*

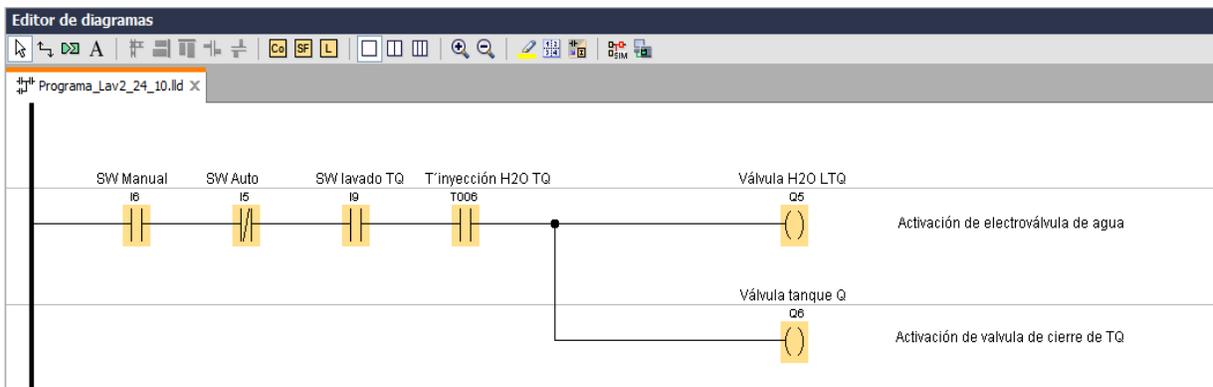
En la imagen 15 al estar activa la marca M5 y el suiche de descarga entrada I8 y cumplidas estas condiciones se acciona el tiempo de pausa 2 T005 para cambio de giro del motor. En la línea 14 al cumplirse la marca M4 de tiempo de giro derecha y la marca M5 de tiempo de giro izquierda, habilitan la salida Q7 velocidad Jog del variador de velocidad que permite al equipo hacer girar el motor hacia ambos lados, pero a una velocidad programada menor finalizando la rutina de descarga de la canasta.



*Imagen 16, Tanque de químicos (Fuente: elaboración propia)*

La línea 15 de la imagen 16 empieza la rutina de lavado de tanque de químicos, al cumplirse las condiciones Suiche manual I8, suiche de lado de tanque I9 y la señal de suiche de sistema automático I5 activa la marca M5, con esta marca habilitada y la condición del temporizador T007, permite que se accione el temporizador T006 de tiempo de encendido de la válvula de agua se realiza la rutina de lavado de tanque, la cual habilita las temporizaciones para la habilitación del lavado del tanque.

En la línea 17 con el T006 habilitado y la señal de condición de Q5 válvula de agua, activa la marca M7, cuya marca con las condiciones Q5 Y Q6 válvula tanque de químicos, permiten iniciar el temporizador de pausa de lavado T007.



*Imagen 17, Rutina Tanque de Químicos (Fuente: elaboración propia)*

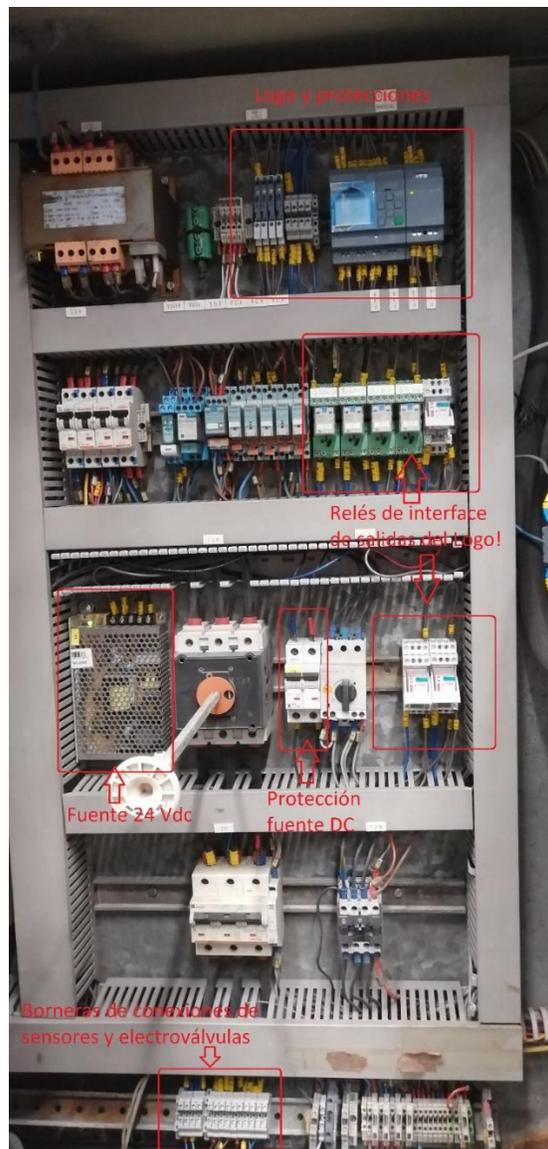
Por último se realiza la activación de las salidas digitales del Logo! Q5 y Q6 al cumplir las condiciones Suiche manual I6, Suiche abierto I5, Suiche de lavado I9 y temporizador de inyección o inicio de lavado T006.

### **Implementación de la solución**

La lavadora asignada para la implementación de la solución es la número 9 (LAL 9), por lo cual se procedió a realizar una inspección de las características eléctricas del gabinete, ya que la mayoría de lavadoras cuenta con modificaciones y adecuaciones que no concuerdan con los planos de control originales; aunque se hallaron modificaciones en su interior, éstas no fueron tan comprometedoras y se procedió a realizar una acomodación del gabinete de control en cuanto a cableado y retiro de elementos que ya no hacen parte del funcionamiento actual de la lavadora la cual se recibió en el estado que muestran las imágenes:



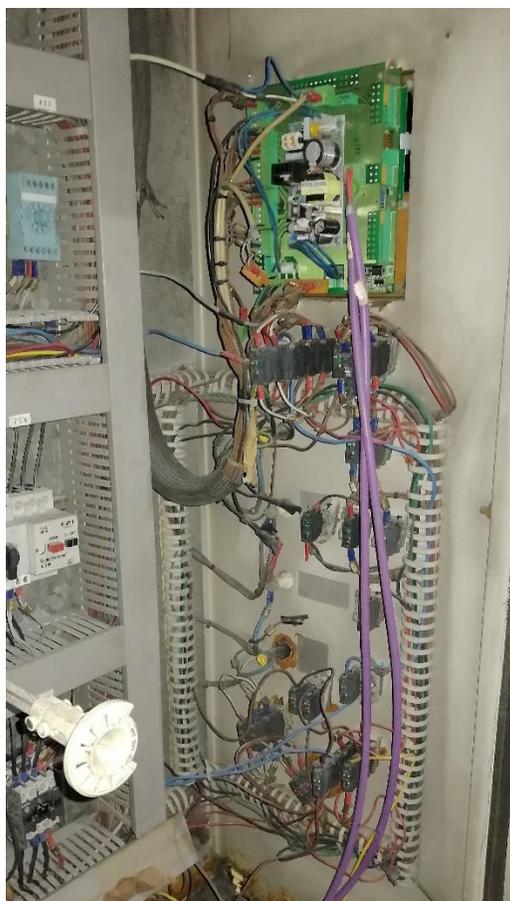
Antes



Después

*Imagen 18, Doble fondo del gabinete eléctrico (Fuente: elaboración propia)*

Se retira elementos y cableado que ya no tenían funciones en el gabinete eléctrico y se instalan los nuevos componentes con su respectivo cableado.



Antes



Después

*Imagen 19, Doble carátula de controles de mando (Fuente: elaboración propia)*

Al revisarse el doble fondo o bandeja eléctrica y la carátula de controles de mando, se halló cableado, accesorios componentes que ya no se utilizaban, por lo cual se procedió a removerlos después de verificar muy bien y luego de ser aprobado por el jefe de mantenimiento correctivo.

Después de identificadas las partes de la lavadora a intervenir, se procedió al montaje de la maniobra eléctrica, montaje y cableado del controlador Logo!, el cableado de control general, el montaje de suiches muletilla, corrección de cables sueltos y sobrantes, cableado de nuevas señales desde relés a variador de velocidad Danfoss VLT 5000, la intervención que se le realizó

al variador de velocidad fueron en dos partes, una desde la parte física cableando la señal de salida del relé de velocidad JOG (la cual es una velocidad que se debe programar para que éste gire a una velocidad más lenta y ésta actúa por encima de la velocidad programada general que es de 60 Hz, o sea cuando la señal se activa desde el Logo!, el variador de velocidad siempre va a responder a la velocidad programada Jog que para este caso fue de 40 Hz o sea más o menos 20 a 23 RPM), por otro lado se debió intervenir el equipo para parametrizar esta misma velocidad en el variador de velocidad, ésta intervención se realizó con conocimientos previos en cuanto a programación de variadores de velocidad. Además, se realizó una interrupción de señales como las de run hacia ambos giros, éstas se pasaron por el relé de salida del controlador para de esta forma, no afectar el cableado existente para éstas funciones; todo esto se aplicó para efectuar las funciones de seguridad, empleando todo lo indicado en los planos de control previamente diseñados y aprobados, todo esto ejecutado en la parte eléctrica en el gabinete de control, doble fondo y carátula de mando.

En la Imagen 20 que se presenta a continuación se puede apreciar los nuevos cambios realizados en la carátula de mando del gabinete eléctrico y de control, se realizó la instalación del nuevo suiche muletilla para la función de lavado de tanque y se tenía instalado otro suiche muletilla para la función de descarga de la canasta, sin embargo por sugerencia de la ARL y con el objetivo que el operario esté realizando dicha acción, se procedió a cambiar el suiche muletilla por dos pulsadores con contacto NO (normalmente abiertos), esto se realizó para garantizar que el operario tenga las dos manos ocupadas cuando vaya a realizar el descargue de la máquina y de esta forma garantizar que el operario no manipule la descarga mientras la canasta está en movimiento.



Antes

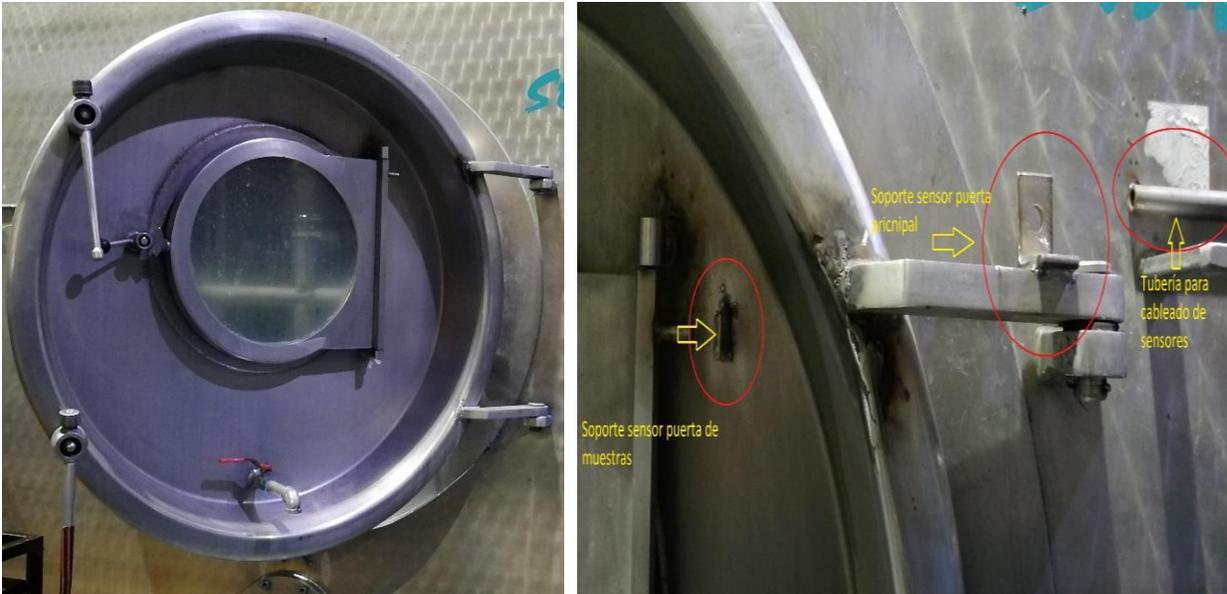
Después

Imagen 20, Carátula del tablero de control y potencia (Fuente: elaboración propia)

Por otro lado están las adecuaciones mecánicas las cuales se realizaron con el fin de ubicar los sensores seleccionados para su respectiva función como por ejemplo los sensores de las puerta de carga y puerta de muestras, para los que se fabricó dos soportes en acero inoxidable.

Para la protección de los cables se soldó una tubería en acero inoxidable de tres octavos de pulgada para proteger el cableado de ambos sensores de los movimientos continuos de la

puerta de carga. Los soportes fueron soldados en los lugares establecidos previamente y se realizó con la ayuda del mecánico de turno lo que se muestra en las imágenes 21 y 22.



Antes

Después

*Imagen 21, Parte frontal de la lavadora (Fuente: elaboración propia)*



*Imagen 22, Sensores instalados (Fuente: elaboración propia)*

Luego de la instalación de los soportes se instalaron los sensores de puerta de muestras y puerta principal y se conectaron al tablero de control para sus respectivas calibraciones.



*Imagen 23, Sensor puerta principal habilitada (Fuente: elaboración propia)*



*Imagen 24, Sensor puerta de muestras (Fuente: elaboración propia)*

Luego de la respectiva instalación y calibración de cada uno de los sensores, se realizan pruebas de funcionamiento de apertura de puertas mientras la canasta está en funcionamiento y los sensores trabajan como se esperaba, parando la canasta cuando estos se activan.

Para la instalación del sensor de incline se reutilizó un soporte existente en la parte inferior de la canasta la cual nos sirvió para instalarlo allí, éste nos indica la altura adecuada de la canasta, el cual al ser activado envía una señal al PLC y éste a su vez inhabilita la señal de salida del encendido de la bomba hidráulica, se muestra a continuación su instalación:



*Imagen 25, Soporte para sensor de incline de canasta (Fuente: elaboración propia)*

Continuando con las instalaciones mecánicas, se realiza la fabricación de la flauta o boquilla para el lavado del tanque de químicos, ésta se fabricó en tubería PVC de media pulgada

con los respectivos accesorios también en PVC, además de esto se utilizó una válvula solenoide para flujo de agua de media pulgada con solenoide de 24 voltios DC, 4 W existente de repuesto de otra lavadora, la cual fue facilitada para éste proyecto como se muestra en las siguientes imágenes:



Antes



Después



Diseño de flauta con válvula solenoide



Flauta instalada



Flauta instalada con la válvula solenoide

*Imagen 26, Tanque o tolva de químicos con su respectiva instalación de flauta y válvula de agua (Fuente: elaboración propia)*

En la instalación de la flauta se debió realizar modificaciones, ya que no se permitía perforar la tolva para anclar las tuberías, por lo cual se cortó las tuberías a medida para que entrara a presión y solo se hizo una perforación para hacer el pase de la tubería al interior de la tolva o tanque y se instaló la válvula solenoide en el exterior de la tolva al igual que la acometida de agua.

La electroválvula, el actuador de la tolva de químicos, las tuberías de aire y el sensor de incline fueron instalados previamente, ya que fue un requerimiento solicitado por la ARL tomadas de la presentación de la propuesta de mejora; todas las adecuaciones y modificaciones se muestran en las imagen 26.

### **Puesta en marcha y pruebas de funcionamiento**

Durante el proceso de ejecución de la implementación se venía llevando a cabo un seguimiento por parte de la Aseguradora de Riesgos Laborales ARL de Sura, en la cual ellos estaban pidiendo una serie de medidas que ayudara a evitar los accidente al momento de

descargar las prendas de la lavadora, por lo cual se aprovechó éste proyecto para tomarlo como prueba piloto por parte de la empresa y la ARL para la aplicación en las máquinas que lo requieran.

En la descarga de la canasta estaba programada inicialmente en modo manual girando la canasta a una velocidad reducida, pero el giro se daba de forma automática al accionar el suiche de descarga; esto para que el operario pudiera descargarla a baja velocidad entre 40 a 45 Hz. En las revisiones que realizó la ARL durante el seguimiento, sugirió que el operario debía utilizar las dos manos mientras se ejecutaba la labor al observar la forma de cómo el operario realizaba dicha tarea.

Por tal motivo sugirieron que la descarga no se realizara mediante suiche muletilla, sino que se implementaran dos pulsadores distantes para que el operario tuviera las dos manos ocupadas oprimiendo los pulsadores al mismo tiempo hasta que las prendas en la canasta se acomodaran y con ella detenida proceder a extraer las prendas; de forma tal que cuando se requiera acomodar las prendas, volver a realizar la misma función hasta lograr el descargue total de la máquina y además que se realizara a una velocidad más baja.

Con lo sugerido se procedió entonces a cambiar la rutina del programa y cambiar el giro automático por giro con condición, por lo que se cambió el suiche muletillas por dos pulsadores con contacto NO (Normalmente abierto), además se procedió a bajar la velocidad de descarga en el variador a 40 a 25 Hz, con lo cual se realizaron las respectivas pruebas y la sugerencia por la ARL y por la empresa como se muestra a continuación:



*Imagen 27, Pulsadores de descarga sugeridos (Fuente: elaboración propia)*

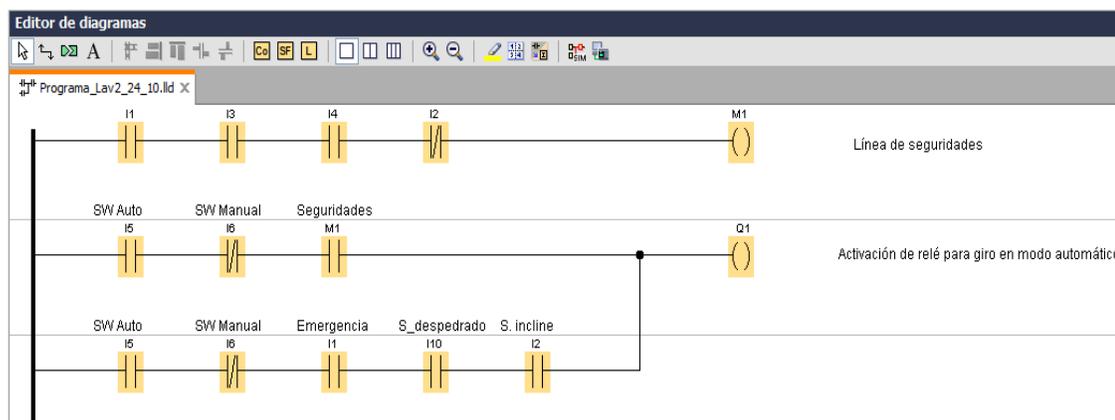
Al realizar las pruebas de descargue se calibró el sensor a la altura requerida para el descargue de la canasta, lo que debió realizarse varias veces hasta que se lograra la altura que se acoplara con la nueva velocidad programada para ello, ya que si la canasta queda muy baja, se dificulta descargarla. Con el sensor calibrado se procedió a calcular el tiempo máximo de incline para la segunda protección de incline después de oprimir el suiche dedicado para ello.

Al realizar el descargue de los lavados normales, no se presentó ningún inconveniente, pero al realizar un lavado con piedra y al tratar de descargar, se presentó un inconveniente que consistía en que no funcionaba el despedrador con las nueva programación del sistema de protecciones, ya que se requiere una velocidad mayor poder extraer la piedra de la canasta para finalizar el lavado. Dicha función estaba incluida en las funciones de la lavadora anteriormente,

pero con el paso del tiempo se fueron deshabilitando esas funciones y esta función se realizaba con el descargue que existía del programa anterior de lavado; por tal motivo se procedió a instalar un sensor magnético para que detecte la rejilla de despedrado y se adicionó una rutina que habilitara la función en la máquina de nuevo como se muestra en las imágenes 28 y 29.



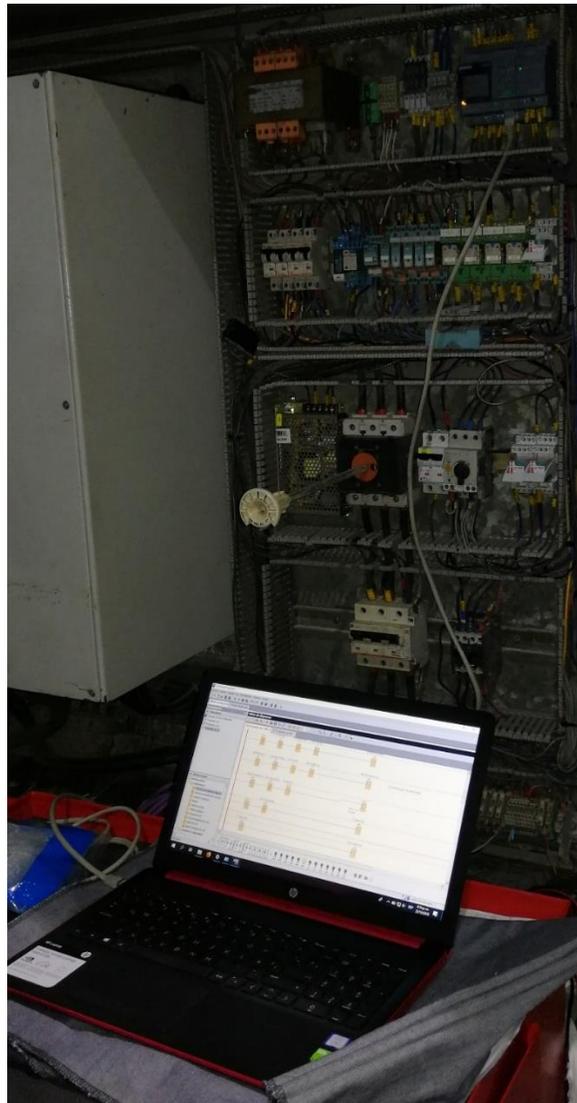
*Imagen 28, Sensor despedrado (Fuente: elaboración propia)*



*Imagen 29, Nueva rutina para despedrado (Fuente: elaboración propia)*

Las pruebas realizadas con la rutina de lavado del tanque o tolva de químicos, se efectuaron sin novedades, según lo propuesto. Durante la realización de la puesta en marcha, se

realizaron los ajustes necesarios para que la operara sin intervención alguna, luego de la entrega a producción de la lavadora 9, para lo cual se realizó una pequeña capacitación al supervisor de lavado y a los operarios implicados en su manejo acerca de su funcionamiento, dicha lavadora se dejó en seguimiento durante 3 semanas presentando algunos pequeños inconvenientes más por manejo del usuario que por fallas del nuevo sistema implementado.



*Imagen 30, Descarga y pruebas del programa (Fuente: elaboración propia)*

Para verificar que el programa si realizara las funciones para las que fueron programadas, se realizó las pruebas de funcionamiento en modo en línea conectando el PLC con el PC, la cual es una función del programa Logosoft, el cual te permite ver el estado de las salidas, las entradas, las temporizaciones, y las secuencias programadas en tiempo real, con lo cual se pueden realizar con éxito las pruebas de puesta en marcha.

### **Presupuesto**

A pesar de ser un proyecto de automatización para la implementación de las seguridades para la operación de la lavadora industrial y ciertas funciones en modo manual, no se requirió de un presupuesto muy elevado, ya que se utilizó un controlador programable económico y los elementos de maniobra utilizados no requerían de una complejidad muy elevada. La mejora realizada en cuanto al tema de seguridades es un punto a favor, ya que ayuda a cumplir con los requisitos que exigen las aseguradoras de riesgos profesionales ARL para la operación de maquinaria industrial.

Con el propósito de establecer comparativos, una lavadora de la referencia intervenida Tupesa Stone 550, usada y en buen estado tiene un costo superior a los 50 millones de pesos colombianos sin modificaciones o alteraciones. El costo de la automatización realizada fue de \$4.627.396 considerablemente muy bajo si establecemos la comparación con un equipo nuevo cuyo costo es superior a los 400 millones de pesos y que por defecto ya viene con muchos sistemas de seguridad incorporados y con el sistema de gestión de control en un solo componente que maniobra la totalidad de la máquina, también encontramos diferencias que conducen a economía para la empresa. Con estas comparaciones de costos se puede inferir que el sistema de seguridades efectuado es de gran ayuda para el empresario, pues no incurre en altas inversiones para la mejora de las lavadoras.

Por otro lado, con esta esta intervención se demuestra que se pueden realizar otras mejoras en cuanto a temas de automatización con equipos mejorados y versiones actuales para todas las lavadoras que lo requieran sin tener que invertir en maquinaria de última generación a altos costos y que igualmente se puede prolongar la vida útil de las lavadoras existentes.

A continuación se presenta el listado del presupuesto dispuesto para la implementación de la automatización.

*Tabla 4 Presupuesto maniobra eléctrica y equipos para la implementación del proyecto*

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Referencia</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>
1	Logo! Siemens	12/24RCE	\$580.000	\$580.000
1	Módulo de expansión Logo!	Dm8 12/24R	\$260.000	\$260.000
1	Fuente MeanWell 100/240 Vac 24 Vdc 2.5 A	S-60-24	\$ 180.000	\$180.000
1	Interruptor termomagnético Eaton 2 polos 2 Amperios	CI54 C2/2	\$25.000	\$25.000
4	Bases portafusible de vidrio Legrand Viking3 6 A	37181L	\$13.800	\$55.200
18	Bornera de control riel din 20 A Phoenix Contact	TB 2,5 I MS	\$3.500	\$63.000
4	Relés Omron electromagnéticos 24 Vdc	MY 4 In	\$75.000	\$300.000
4	Relés Relpol electromagnéticos 24 Vdc	R15-2013-23- 1024-wtld	\$65.000	\$260.000

8	Metros de cable vehículo 14 AWG negro	TWK 14	\$850	\$6.800
100	Metros de cable vehículo 18 AWG negro	TFF 18	\$420	\$42.000
100	Metros de cable vehículo 18 AWG café	TFF 18	\$420	\$42.000
50	Metros de cable vehículo 18 AWG azul	TFF 18	\$420	\$21.000
2	Suiches muletilla de 2 posiciones + contacto NO Harmony	XB4BD21	\$78.500	\$157.000
2	Pulsadores verdes + contacto NO con retorno Harmony	XB4BA31	\$68.400	\$136.800
10	Marcación anillo Dexson 0-9 1/1 de Cada uno	AR-1	\$3.950	\$39.500
100	Terminal tubular calibre #18 roja		\$6.800	\$6.800
40	Terminales en U azul # 14		\$75	\$3.000
3	Sensores PNP Autonics 24 Vdc	PR12-DP	\$55.000	\$165.000
1	Válvula solenoide para agua		\$225.000	\$225.000
1	Actuador neumático 3" Mariposa		\$1.300.000	\$1.300.000
1	Electroválvula Namur 5/2 NPT 1/4" 24 Vdc		\$128.000	\$128.000
10	Metros de manguera 6 mm		\$98.000	\$98.000
<b>Total Maniobra eléctrica y equipos</b>				<b>\$4.094.100</b>

Tabla de presupuesto de la implementación

*Tabla 5 Presupuesto mano de obra de la implementación*

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Referencia</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>
24 horas	Fabricación soportes para sensores, instalación sensores, instalación válvulas,	Mano de obra	\$6.666	\$160.000
20 horas	Instalación equipos eléctricos, de control, cableado del gabinete y adecuación del gabinete eléctrico para la adecuación del sistema nuevo	Mano de obra	\$6.666	\$133.320
36 horas	Programación, Diseño de planos de control, planeación y puesta en marcha del sistema de seguridades	Mano de obra	\$6.666	\$239.976
<b>Total mano de obra</b>				<b>\$533.296</b>

Presupuesto mano de obra

Costo total del proyecto Elementos de maniobra eléctrica, equipos y mano de obra \$  
4.627.396

## Resultados obtenidos

Durante todo el proceso de la implementación del proyecto, se tuvo el acompañamiento del jefe de mantenimiento preventivo, del personal de salud ocupacional de la empresa y un seguimiento del a operación de la ARL.

1. El proyecto “automatización, adición e implementación de seguridades para lavadora industrial” nació como propuesta de proyecto de grado para dar prioridad a falencias existentes en la operación de las lavadoras y gracias al seguimiento brindado a la implementación, se aprovechó el proyecto para realizar unas mejoras que estaba solicitando la ARL por un accidente reciente respecto a la seguridad de operación de las lavadoras. Con las mejoras del proyecto ya implementadas la ARL procedió a realizar la revisión del funcionamiento del nuevo sistema y dio la aprobación de la función de seguridad del incline de la canasta y la seguridad de las puertas de carga y puerta de muestras, tras las posteriores revisiones la ARL presentó otra propuesta de mejora, la cual se ha implementado en otro tipo de máquinas existente en la compañía que consistía en que el operario tuviese las dos manos ocupadas oprimiendo dos pulsadores durante la operación de descargue y bajando la velocidad de giro de la canasta.

La propuesta de mejora se realizó instalando los dos pulsadores sugeridos, adicionando la nueva rutina de descargue en el PLC y modificando la velocidad de giro en el variador de velocidad bajando la velocidad de 40 Hz a 25 Hz

2. Los gabinetes eléctricos de las lavadoras industriales existentes en la empresa llevan aproximadamente más de 25 años operando, en los que se le han realizado modificaciones al sistema de control y se han retirado funciones.

Durante la ejecución del proyecto se logró retirar cableado de control en el gabinete que ya no cumplía ninguna función y también se retiró maniobra que ya no operaba. Además se cambió cableado que estaba en mal estado y se corrigió conexiones de cableado en equipos y borneras. Con dicha corrección, se logró una gran mejora no solo en cuanto a la parte visual, sino en la funcionalidad, ya que gracias a las correcciones en el cableado y maniobra de control es más fácil identificar posibles fallas.

3. Un resultado logrado con la implementación del proyecto es la precaución que han tenido los operarios con el descargue de la máquina, ya que han aprendido a utilizar la función de descarga y a hacer pacientes, pues la velocidad de descargue es inferior al que han estado acostumbrados. Gracias a la seguridad implementada en el incline de la canasta, punto álgido en la operación, ya que algunos operarios tenían la costumbre de inclinar más de lo permitido la canasta, poniendo en riesgo su propia seguridad y al realizar las observaciones de operación desde la implementación en agosto de 2019 hasta marzo de 2020, no se han presentado incidentes, ni accidentes durante la operación de la máquina intervenida.
4. Con el proyecto se ofrecieron propuestas que brindaban seguridad al operario y mejoramiento de las condiciones de control de la lavadora. Se logró con las mejoras realizadas a la lavadora como: la seguridad de las puertas de carga y muestras, el incline, las mejoras de control y el lavado automático del tanque de químicos, incrementar la seguridad en la operación, ya que las propuestas que alcanzaron con éxito gracias a la aprobación de la empresa y de la ARL.

5. El presupuesto total del proyecto fue de \$ 4.627.396 incluyendo la maniobra eléctrica, los equipos y la mano de obra. El proyecto se logró con éxito y con el visto bueno de la ARL para la implementación de las seguridades en la operación de las lavadoras industriales, con lo que se demuestra que para realizar la ejecución del proyecto, no se requiere invertir una gran cantidad de dinero en modificaciones generales del sistema y que se pueden lograr muy buenos resultados para la implementación del proyecto de seguridades para el resto de las lavadoras de la planta.

## Conclusiones

Se presentan dificultades en la concientización de los operarios de este tipo de lavadoras, en la medida que no dimensionan la importancia de las normas de seguridad de la empresa y de los efectos que pueden perturbar la integridad física de las personas al operar estos equipos.

Se logró implementar la propuesta con éxito y a partir de él, se espera que la empresa en compañía con la ARL, realicen las acciones pertinentes para la ejecución de la propuesta en el resto de las máquinas, gracias a que la inversión requerida no es tan elevada como lo sería un cambio total del tablero de control y demás componentes.

Con la ejecución del proyecto se demostró que no es necesario implementar equipos nuevos o de última generación para obtener mejoras en los procesos industriales y que a partir de la automatización se puede lograr prolongar la vida útil de los equipos ya existentes, con la posibilidad de obtener un beneficio a menor costo.

## GLOSARIO

Canasta: parte interior de la lavadora que tiene perforaciones y gira con las prendas en su interior, ésta tiene pequeñas perforaciones por las cuales pasa el agua y los demás componentes del lavado.

Tanque de químicos: tanque o tolva de químicos, es la parte de la lavadora en la cual se ingresan los químicos, tinturas, sales etc. y demás componentes del lavado, esta tiene una compuerta manual para abrir o cerrar para que no se salgan los químicos al girar la lavadora.

Flauta: la flauta o boquilla para lavado, es una tubería que tiene perforaciones idénticas equidistantes por la cuales sale el líquido o agua.

Despedrador: es una reja en acero inoxidable que se utiliza para realizar el desalojo de la piedra al interior de la canasta al finalizar el lavado.

## Bibliografía

- Alcaldía de Bogotá. (Mayo de 2020). *Resolución 1016 de 1989*. Obtenido de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=5412>
- ARL Sura. (10 de 2019). *Actividades de alto riesgo: la muerte en el trabajo*. Obtenido de <https://www.arlsura.com/index.php/66-centro-de-documentacion-anterior/prevencion-de-riesgos-/483--sp-9074>
- Autonics, S. (Agosto de 2019). *Ficha técnica e imagen sensor de proximidad PR12-4DP*. Obtenido de <https://www.autonics.com/model/A1600000131>.
- Buitrago, A. (7 de 2017). *Hay un rezago en actualización de maquinaria textil*. Obtenido de <https://www.elmundo.com/noticia/Hay-rezago-en-actualizacion-de-la-maquinaria-textil/356366>
- Crespo, W. (9 de Febrero de 2011). *¿Qué es la automatización industrial?* Obtenido de <https://automatizacionindustrial.wordpress.com/2011/02/09/queeslaautomatizacionindustrial/>
- Danfoss VLT 5000. (Enero de 2020). *Manual de programación* . Obtenido de [http://files.danfoss.com/download/Drives/doc\\_D\\_1\\_MG51A805.pdf](http://files.danfoss.com/download/Drives/doc_D_1_MG51A805.pdf)
- Lerma, G. H. (2009). *Metodología de la investigación*. Obtenido de Biblioteca virtual Unad: <http://bibliotecavirtual.unad.edu.co:2077/lib/unadsp/reader.action?docID=10552938>

- Lilly, E., & Wenzel, R. (2016). *Herramientas para prevenir fallas en máquinas, mantenimiento basado en condición*. Obtenido de <https://cmc-latam.com/herramientas-para-prevenir-fallas-en-las-maquinas-mantenimiento-basado-en-condicion/>
- Logo!, M. (Agosto de 2019). *Manual de operación Logo!* Obtenido de [https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores\\_modulares/LOGO/Documents/logo\\_system\\_manual\\_es-ES\\_es-ES.pdf](https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores_modulares/LOGO/Documents/logo_system_manual_es-ES_es-ES.pdf).
- Logo!, Siemens. (Agosto de 2019). *Ficha técnica Logo!* Obtenido de [https://support.industry.siemens.com/cs/products/6ed1052-1md00-0ba8/logo!12-24rce-8di\(4ai\)-4do-400-blocks?pid=370920&mlfb=6ED1052-1MD00-0BA8&mfn=ps&lc=en-BE](https://support.industry.siemens.com/cs/products/6ed1052-1md00-0ba8/logo!12-24rce-8di(4ai)-4do-400-blocks?pid=370920&mlfb=6ED1052-1MD00-0BA8&mfn=ps&lc=en-BE)
- Metal actual. (2016). *Repotenciación de maquinaria: una alternativa técnica y economicamente viable*. Obtenido de <https://docplayer.es/12744967-Repotenciacion-de-maquinaria.html>
- Minsalud. (mayo de 2020). *Ley 9 de 1979*. Obtenido de [https://www.minsalud.gov.co/Normatividad\\_Nuevo/LEY%200009%20DE%201979.pdf](https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/LEY%200009%20DE%201979.pdf)
- Montes, Á. (24 de mayo de 2008). *Robótica Colombiana*. Obtenido de <https://www.semana.com/vida-moderna/articulo/robotica-colombiana/92865-3>
- Normas Apa. (09 de 2018). *Normas Apa*. Obtenido de Formato Apa para presentación de trabajos escritos: <http://normasapa.com/formato-apa-presentacion-trabajos-escritos/>
- Numeratech. (09 de 2018). *Servicio de repotenciación de herramienta CNC*. Obtenido de <https://www.numeratechsac.com/repotenciaciones>

- OIT, O. (2013). *Seguridad y salud en la operación de la maquinaria*. Obtenido de [http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@ed\\_protect/@protrav/@safework/documents/normativeinstrument/wcms\\_164658.pdf](http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@ed_protect/@protrav/@safework/documents/normativeinstrument/wcms_164658.pdf)
- Omron, I. (Agosto de 2019). *Imagen relé*. Obtenido de <https://www.tme.eu/es/details/my2-in-24dc/reles-electromagn-industriales/omron/my2in-24vdc-s/>
- Omron, R. (agosto de 2019). *Ficha técnica*. Obtenido de <https://www.tme.eu/Document/aa93a2921b22bb662c2caf9debf349cc/MY2-IN.pdf>
- Restrepo, L. (14 de 12 de 2017). *Técnicas del mejoramiento de la productividad basadas en la tecnología*. Obtenido de <https://mdc.org.co/mejoramiento-productividad-basadas-en-la-tecnologia/>
- SafetYa. (07 de 2019). *Accidentes de trabajo en cifras*. Obtenido de <https://safetya.co/accidentes-de-trabajo-en-colombia-en-cifras-2018/>
- Siemens, I. (Agosto de 2019). *Imagen Logo!* Obtenido de [https://support.industry.siemens.com/dl/files/imagepool/products/711/13711/v1/P\\_ST70\\_XX\\_06805I.jpg](https://support.industry.siemens.com/dl/files/imagepool/products/711/13711/v1/P_ST70_XX_06805I.jpg)
- Siemens, M. (Agosto de 2019). *Ficha técnica módulo de expansión*. Obtenido de <https://support.industry.siemens.com/cs/pd/440821?pdti=td&dl=en&lc=en-BE>
- Smartex Manual de operación . (2017). *Manual de operación, Smartex*. Turkia: Tolkar-Smartex.
- Smartex, T. (Mayo de 2020). *Smartex Miracle, washing systems*. Obtenido de <https://www.tolkar.com.tr>

Tonello. (Mayo de 2020). *Lavadoras G1 HW1*. Obtenido de <https://www.tonello.com>

Tonello Manual de operación. (2019). *Manual de operación G1 HW1*. Italia: Tonello.

Tupesa. (Agosto de 2019). *Tupesa.com*. Obtenido de

[http://www.tupesa.com/index.php?route=product/category&path=72\\_73](http://www.tupesa.com/index.php?route=product/category&path=72_73)

## Anexos

## Anexo 1 Ficha técnica variador de velocidad Danfoss VLT 5000



## VLT® Serie 5000

## Compact, Alimentación de red 3 x 380 - 500 V

Conforme a los requisitos internacionales	Tipo de VLT	5062	5072	5102
<b>Par de sobrecarga normal (110 %):</b>				
Intensidad de salida	$I_{MLN}$ [A] (380-440 V)	106	147	177
	$I_{MT, MAX}$ (60 s) [A] (380-440 V)	117	162	195
Salida	$I_{MLN}$ [A] (441-500 V)	106	130	160
	$I_{MT, MAX}$ (60 s) [A] (441-500 V)	117	143	176
Potencia de eje típica	$S_{VLTN}$ [kVA] (380-440 V)	80.8	102	123
	$S_{VLTN}$ [kVA] (441-500 V)	91.8	113	139
Potencia de eje típica	$P_{VLTN}$ [kW] (400 V)	55	75	90
	$P_{VLTN}$ [CV] (460 V)	75	100	125
	$P_{VLTN}$ [kW] (500 V)	75	90	110
<b>Par de sobrecarga alto (160 %):</b>				
Intensidad de salida	$I_{MLN}$ [A] (380-440 V)	90	106	147
	$I_{MT, MAX}$ (60 s) [A] (380-440 V)	135	159	221
Salida	$I_{MLN}$ [A] (441-500 V)	80	106	130
	$I_{MT, MAX}$ (60 s) [A] (441-500 V)	120	159	195
Potencia de eje típica	$S_{VLTN}$ [kVA] (380-440 V)	68.6	73.0	102
	$S_{VLTN}$ [kVA] (441-500 V)	69.3	92.0	113
Potencia de eje típica	$P_{VLTN}$ [kW] (400 V)	45	55	75
	$P_{VLTN}$ [CV] (460 V)	60	75	100
	$P_{VLTN}$ [kW] (500 V)	55	75	90
Sección máx. de cable hasta motor,	IP 54	50/0 <sup>6)</sup>	150/300 mcm <sup>6)</sup>	150/300 mcm <sup>6)</sup>
freno y carga compartida [mm <sup>2</sup> ] / [AWG] <sup>7)</sup>	IP20	50/0 <sup>6)</sup>	120/250 mcm <sup>6)</sup>	120/250 mcm <sup>6)</sup>
Sección mín. de cable hasta motor, freno y carga compartida [mm <sup>2</sup> ] / [AWG] <sup>8)</sup>		16/6	25/4	25/4
Intensidad de entrada nominal	$I_{LN}$ [A] (380 V)	104	145	174
	$I_{LN}$ [A] (460 V)	104	128	158

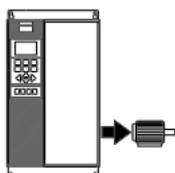


Imagen 31 Ficha técnica Danfoss VLT 5000

Para información adicional referirse al manual de programación dispuesto por la marca Danfoss en las páginas números 25 Ficha técnica, páginas 55 y 56 conexión de cableado de control, página 66 a la página 72 navegación en el display y configuración de programación, página 79 control bucle abierto, programación control de referencias páginas 83 a la 85, parametrización velocidad fija Jog parámetro 213, páginas 120, parametrización general desde la página 99 hasta la página 166 (Danfoss VLT 5000, 2020)

## Anexo 2 Ficha técnica Logo! 12/24RCE

¡LOGO! 12 / 24RCE, módulo lógico, pantalla PS / I / O: 12 / 24VDC / relé, 8 DI (4AI) / 4DO, memoria 400 bloques, modular ampliable, Ethernet integr. servidor web, registro de datos, tarjeta microSD estándar para LOGO! SOFT Comfort V8 o superior proyectos ejecutables anteriores.



Imagen 32 Logo! (Fuente: [www.siemens.com](http://www.siemens.com))

Tabla 6 Ficha Técnica Logo!

Display	
with display	Yes
Installation type/mounting	
Mounting	on 35 mm DIN rail, 4 spacing units wide
Supply voltage	
Rated value (DC)	
• 12 V DC	Yes
• 24 V DC	Yes
permissible range, lower limit (DC)	10.8 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Time of day	
Time switching clocks	
• Number	190
• Power reserve	480 h
Digital inputs	
Number of digital inputs	8; Of which 4 can be used in analog mode (0 to 10 V)

---

Digital outputs	
Number of digital outputs	4; Relays
Short-circuit protection	No; external fusing necessary
Output current	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• for signal "1" permissible range for 0 to 55 °C, max.</li> </ul>	10 A
Relay outputs	
Switching capacity of contacts	
— with inductive load, max.	3 A
— with resistive load, max.	10 A
EMC	
Emission of radio interference acc. to EN 55 011	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limit class B, for use in residential areas</li> </ul>	Yes
Degree and class of protection	
Degree of protection acc. to EN 60529	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• IP20</li> </ul>	Yes
Standards, approvals, certificates	
CE mark	Yes
CSA approval	Yes
UL approval	Yes
FM approval	Yes
developed in accordance with IEC 61131	Yes
according to VDE 0631	Yes
Marine approval	Yes
Ambient conditions	
Ambient temperature during operation	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• min.</li> <li>• max.</li> </ul>	0 °C; LOGO! 8 FS04 and higher: -20 °C 55 °C
Dimensions	
Width	71.5 mm
Height	90 mm
Depth	60 mm
<b>last modified:</b>	09/27/2019

---

Ficha de especificaciones técnicas del Logo!

### Anexo 3 Módulo de expansión DM8 12/24R



Imagen 33 Módulo de expansión del logo! (Fuente: [www.siemens.com](http://www.siemens.com))

Tabla 7 Ficha técnica módulo de expansión del Logo!

Installation type/mounting	
Mounting	on 35 mm DIN rail, 2 spacing units wide
Supply voltage	
Rated value (DC)	
• 12 V DC	Yes
• 24 V DC	Yes
permissible range, lower limit (DC)	10.8 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Digital inputs	
Number of digital inputs	4
Input voltage	
• Type of input voltage	DC

---

● for signal "0"	< 5 V DC
● for signal "1"	> 8.5 V
Input current	
● for signal "0", max. (permissible quiescent current)	0.05 mA
● for signal "1", typ.	1.5 mA
Input delay (for rated value of input voltage)	
for standard inputs	
— at "0" to "1", max.	1.5 ms
— at "1" to "0", max.	1.5 ms
Digital outputs	
Number of digital outputs	4; Relays
Short-circuit protection	No
Switching capacity of the outputs	
● on lamp load, max.	1 000 W
Output current	
● for signal "1" rated value	5 A
Parallel switching of two outputs	
● for uprating	No
Switching frequency	
● with resistive load, max.	2 Hz
● with inductive load, max.	0.5 Hz
● mechanical, max.	10 Hz
Relay outputs	
Switching capacity of contacts	
— with inductive load, max.	3 A

---

---

— with resistive load, max.	5 A
EMC	
Emission of radio interference acc. to EN 55 011	
• Limit class B, for use in residential areas	Yes
Degree and class of protection	
Degree of protection acc. to EN 60529	
• IP20	Yes
Standards, approvals, certificates	
CE mark	Yes
CSA approval	Yes
UL approval	Yes
FM approval	Yes
developed in accordance with IEC 61131	Yes
according to VDE 0631	Yes
Marine approval	Yes
Ambient conditions	
Ambient temperature during operation	
• min.	0 °C
• max.	55 °C
Dimensions	
Width	36 mm; 2 DU
Height	90 mm
Depth	55 mm
<b>last modified:</b>	09/27/2019

---

## Anexo 4 Relé electromagnético Omron



Imagen 34 Relé Omron, (Fuente: www.tme.eu)

OMRON

## Specifications

### ■ Coil Ratings

Rated voltage	Rated current		Coil resistance	Inductance (reference value)		Must operate % of rated voltage	Must release	Max. voltage	Power consumption (approx.)	
	50 Hz	60 Hz		Arm. OFF	Arm. ON					
AC	6 V*	214.1 mA	183 mA	12.2 Ω	0.04 H	0.08 H	80% max.	30% min.	110%	1.0 to 1.2 VA (60 Hz)
	12 V	106.5 mA	91 mA	46 Ω	0.17 H	0.33 H				
	24 V	53.8 mA	46 mA	180 Ω	0.69 H	1.30 H				
	48/50 V*	24.7/25.7 mA	21.1/22.0 mA	788 Ω	3.22 H	5.66 H				
	110/120 V	9.9/10.8 mA	8.4/9.2 mA	4,430 Ω	19.20 H	32.1 H				
	220/240 V	4.8/5.3 mA	4.2/4.6 mA	18,790 Ω	83.50 H	136.4 H				
DC	6 V*	151 mA		39.8 Ω	0.17 H	0.33 H	10% min.		0.9 W	
	12 V	75 mA		160 Ω	0.73 H	1.37 H				
	24 V	37.7 mA		636 Ω	3.20 H	5.72 H				
	48 V*	18.8 mA		2,560 Ω	10.60 H	21.0 H				
	100/110 V	9.0/9.9 mA		11,100 Ω	45.60 H	86.2 H				

**Note:** 1. The rated current and coil resistance are measured at a coil temperature of 23°C with tolerances of +15%/–20% for rated currents and ±15% for DC coil resistance.

2. Performance characteristic data are measured at a coil temperature of 23°C.

3. AC coil resistance and impedance are provided as reference values (at 60 Hz).

4. Power consumption drop was measured for the above data. When driving transistors, check leakage current and connect a bleeder resistor if required.

5. Rated voltage denoted by "\*" will be manufactured upon request. Ask your OMRON representative.

Imagen 35 Ficha técnica relé Omron (Fuente: www.tme.eu)

## ■ Contact Ratings

Item	2-pole		4-pole		4-pole (bifurcated)	
	Resistive load ( $\cos\phi = 1$ )	Inductive load ( $\cos\phi = 0.4$ , L/R = 7 ms)	Resistive load ( $\cos\phi = 1$ )	Inductive load ( $\cos\phi = 0.4$ , L/R = 7 ms)	Resistive load ( $\cos\phi = 1$ )	Inductive load ( $\cos\phi = 0.4$ , L/R = 7 ms)
Rated load	5 A, 250 VAC 5 A, 30 VDC	2 A, 250 VAC 2 A, 30 VDC	3 A, 250 VAC 3 A, 30 VDC	0.8 A, 250 VAC 1.5 A, 30 VDC	3 A, 250 VAC 3 A, 30 VDC	0.8 A, 250 VAC 1.5 A, 30 VDC
Carry current	10 A (see note)		5 A (see note)			
Max. switching voltage	250 VAC 125 VDC		250 VAC 125 VDC			
Max. switching current	10 A		5 A			
Max. switching capacity	2,500 VA 300 W	1,250 VA 300 W	1,250 VA 150 W	500 VA 150 W	1,250 VA 150 W	500 VA 150 W
Min. permissible load*	5 VDC, 1 mA		1 VDC, 1 mA		1 VDC, 100 $\mu$ A	

\* Reference value.

Note: Do not exceed the carry current of a Socket in use.

Imagen 36 Capacidad de los contactos (Fuente: www.tme.eu)

OMRON

## ■ Characteristics

Contact resistance	100 m $\Omega$ max.	
Operate time	20 ms max.	
Release time	20 ms max.	
Max. operating frequency	Mechanical	18,000 operations/hr
	Electrical	1,800 operations/hr (under rated load)
Insulation resistance	1,000 M $\Omega$ min. (at 500 VDC)	
Dielectric withstand voltage	2,000 VAC, 50/60 Hz for 1.0 min (1,000 VAC between contacts of same polarity)	
Vibration resistance	Destruction:10 to 55 Hz, 1.0 mm double amplitude Malfunction:10 to 55 Hz, 1.0 mm double amplitude	
Shock resistance	Destruction:1,000 m/s <sup>2</sup> (approx. 100G) Malfunction:200 m/s <sup>2</sup> (approx. 20G)	
Life expectancy	See the following table.	
Ambient temperature	Operating	-55°C to 70°C (-67°F to 158°F) with no icing (see note)
Ambient humidity	Operating	5% to 85% RH
Weight	Approx. 35 g	

Note: The values given above are initial values.

## ■ Life Expectancy Characteristics

Pole	Mechanical life (at 18,000 operations/hr)	Electrical life (at 1,800 operations/hr under rated load)
2-pole	AC:50,000,000 operations min. DC:100,000,000 operations min.	500,000 operations min.
4-pole		200,000 operations min.
4-pole (bifurcated)	20,000,000 operations min.	100,000 operations min.

Imagen 37 Características (Fuente: www.tme.eu )

## Anexo 5 Sensor inductivo PNP Autonics



Imagen 38 Sensor inductivo PNP(Fuente: Autonics.com)

## PR Series

### ●DC 3-wire type

Model	PR08-1.5DN PR08-1.5DP PR08-1.5DN2 PR08-1.5DP2	PR08-2DN PR08-2DP PR08-2DN2 PR08-2DP2	PR12-2DN PR12-2DP PR12-2DN2 PR12-2DP2	PR12-4DN PR12-4DP PR12-4DN2 PR12-4DP2	PR18-5DN PR18-5DP PR18-5DN2 PR18-5DP2	PR18-8DN PR18-8DP PR18-8DN2 PR18-8DP2	PR30-10DN PR30-10DP PR30-10DN2 PR30-10DP2	PR30-15DN PR30-15DP PR30-15DN2 PR30-15DP2
Sensing distance	1.5mm	2mm	2mm	4mm	5mm	8mm	10mm	15mm
Hysteresis	Max. 10% of sensing distance							
Standard sensing target	8×8×1mm (Iron)		12×12×1mm (Iron)		18×18×1mm (Iron)	25×25×1mm (Iron)	30×30×1mm (Iron)	45×45×1mm (Iron)
Setting distance	0 to 1.05mm	0 to 1.4mm	0 to 1.4mm	0 to 2.8mm	0 to 3.5mm	0 to 5.6mm	0 to 7mm	0 to 10.5mm
Power supply (Operation voltage)	12-24VDC (10-30VDC)							
Leakage current	Max. 10mA							
Response frequency(★1)	1.5kHz	1kHz	1.5kHz	500Hz	350Hz	400Hz	200Hz	
Residual voltage	Max. 1.5V							
Affection by Temp.	± 10% Max. for sensing distance at 20°C within temperature range of -25 to 70°C, PR08 Series : Max. ± 20%							
Control output	Max. 200mA							
Insulation resistance	Min. 50MΩ (at 500VDC megger)							
Dielectric strength	1500VAC 50/60Hz for 1minute							
Vibration	1mm amplitude at frequency of 10 to 55Hz in each of X, Y, Z directions for 2 hours							
Shock	500m/s <sup>2</sup> (50G) in X, Y, Z direction for 3 times							
Indicator	Output operation indicator (Red LED)							
Ambient temperature	-25 to 70°C (at non-freezing status)							
Storage temperature	-30 to 80°C (at non-freezing status)							
Ambient humidity	35 to 95%RH							
Protection circuit	Surge protection circuit, Reverse polarity protection circuit, Overload & Short protection circuit							
Protection	IP67 (IEC standard)							
Material	Case/Nut: Nickel plated Brass, Washer: Nickel plated Iron, Sensing surface: Heat-resistant ABS, Standard cable (Black): Polyvinyl chloride (PVC), Oil resistant cable (Gray): Oil resistant Polyvinyl chloride (PVC)							
Cable spec.	φ 3.5×3P, 2m		φ 4×3P, 2m		φ 5×3P, 2m			
Approval	CE							
Unit weight	PR:Approx. 52g PRL:Approx. 54g		PR:Approx. 72g, PRS:Approx. 70g, PRL:Approx. 76g		PR:Approx. 110g PRL:Approx. 130g		PR:Approx. 170g PRL:Approx. 210g	

★(★1) The response frequency is the average value. The standard sensing target is used and the width is set as 2 times of the standard sensing target, 1/2 of the sensing distance for the distance.

Imagen 39 Ficha técnica sensor inductivo (fuente: www.autonics.com)