SISTEMA AUTOMATICO PARA DETECCION DE FUGAS EN INTERCAMBIADORES DE CALOR PARA VEHICULOS

Ing. Díaz Cárdenas Alexis

email: alexisdiaz26@hotmail.com

Facultad de Ingeniería, Universidad Distrital Francisco José de Caldas

***Resumen*— Este documento presenta el diseño y automatización de un proceso pruebas de hermeticidad de una planta de radiadores y muestra las diversas problemáticas que se presentaban, además se estudiaron brevemente algunos efectos en calidad y de optimización del proceso, que se mejoraron gracias al sistema implementado**

Abstract- This document presents the design and automation of a process of sealing tests of a radiator plant and shows the various problems that were presented, and briefly studied some effects on quality and process optimization, which were improved by the implemented system.

***Términos de referencia*— *Eficiencia del proceso,* Efectos Indeseados, calidad del producto, Sistemas Automatizados.**

I. INTRODUCCION

Las condiciones económicas que atraviesa el país influenciadas directamente por la devaluación de la moneda, y a mecanismos impuestos por el gobierno como lo son los tratados de libre comercio, obligan a la industria Colombiana a ser cada día más competitiva tanto en precio como en calidad de sus productos, pero aun así no se alcanza a competir con los precios del gigante Asiático.
Por esta razón el sector autopartista cada día va en decadencia ya que sus procesos son en su mayoría muy manuales y no tienen la tecnología necesaria para optimizar sus procesos lo que conlleva a productos más costosos.

En Colombia el 37,5 % de los vehículos comercializados son nacionales y para esto existen actualmente 2 ensambladoras, y para cubrir la demanda de estas dos ensambladoras hay un gran número de autopartistas, y entre estos hay 5 empresas dedicadas a la fabricación de intercambiadores de calor, que es algo absurdo ya que una sola es capaz de cubrir las necesidades de las dos ensambladoras. Por este motivo no solo se compite con los productos del exterior sino que también hay que hacerlo con el producto local, obligando a estas 5 empresas a competir entre ellas.

Una vez identificada la problemática en las fábricas de intercambiadores de calor, se buscó optimizar los procesos de manufacturas y para ello se requirió automatizar los sistemas que utilizaba una estas empresas para agilizar la producción y ofrecer productos más competitivos, mejorando la calidad de los productos y su rentabilidad.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El presente proyecto plantea e identifica la problemática que se presenta en la industria del sector automotriz, la cual busca ser más eficientes y rápidos en la elaboración de sus productos, sin descuidar la calidad de estos, por esta razón se inculcan directrices en su organización y en la de sus proveedores, un ejemplo de esto es el mejoramiento continuo, que es aplicado en toda las estructura de la organización.
Debido a todas estas políticas los proveedores deben garantizar que las partes que son suministradas a las ensambladoras de vehículos, no tengan ningún tipo de fallas, es por eso que adoptan las mismas políticas de sus clientes.
Una de las partes que son integradas en los vehículos nacionales es el radiador, y este proyecto ayuda a mejorar el proceso de producción de una fábrica de intercambiadores de calor automotriz, y tiene como objetivo impedir que el producto no conforme llegue al cliente final.
En la fabricación de radiadores, estos son sometidos a varios procesos de revisión entre estos los de hermeticidad y prueba de vacío los cuales queremos mejorar con un sistema automatizado que verifique el estado del producto y le dé una disposición final, es decir si el producto no cumple con los requerimientos impida de una u otra forma que este producto salga de sus instalaciones, bloqueando su continuidad en el proceso de producción, en caso contrario identificarlo y permitiendo continuar el proceso.

Este trabajo hace parte de la asignatura seminario de trabajo de grado parte 1 de la especialización Informática y automática industrial.

Alexis A. Diaz C. estudiante de la especialización en la Universidad distrital Informática y Automática Industrial, código 20162101004, (e-mail: aadiazc@correo.udistrital.edu.co).

.

III. JUSTIFICACIÓN

Como fue mencionado con anterioridad la economía Colombiana que pasa por un decremento que afecta a todos en general, impiden que la industria colombiana sea competitiva con las de otros países, por esta razón hay buscar con la ayuda de tecnología poder desarrollar sistemas industriales más acordes a las necesidades de la actual economía que ayuden a mitigar el devalúo de nuestra moneda sin afectar la calidad de vida de sus trabajadores, por esta razón hay que implementar sistemas automatizados en la industria colombiana para mejorar sus procesos.

IV. OBJETIVOS

Sistematizar el proceso de pruebas de intercambiadores de calor en el sector automotriz para dar más confiabilidad de los productos y más rapidez en el proceso de fabricación.

1- Garantizar que a todos los productos se les realice ambas pruebas de hermeticidad con un sistema Poka Yoke para alcanzar la satisfacción del cliente.

2- Mejorar el sistema de detección de fugas de los radiadores, con un sistema autónomo y fiable que garantice el producto

3- Agilizar el proceso de fabricación de radiadores en la etapa de pruebas y embalaje.

V. MARCO REFERENCIAL

Para conocer un poco sobre la aplicación de este proyecto es necesario explicar el concepto y funcionamiento de un radiador**.**

Un radiador es un dispositivo que permite intercambiar calor entre dos medios, siendo uno de ellos, el aire ambiente. Sirve para disipar calor de objetos o aparatos para evitar su sobrecalentamiento

Los motores de explosión que llevan la mayor parte de los vehículos automotores, generan gran cantidad de calor que hay que disipar. Casi la totalidad de los motores modernos en los automóviles están equipados con un circuito de refrigeración líquida, cuyo componente fundamental es el radiador, inventado en 1897 por Wilhelm Maybach y mejorado por Samuel Brown

Un refrigerante circula por el bloque del motor y por la culata, por las zonas más cercanas a la producción de calor (donde se produce la ignición del combustible) para mantener a una temperatura adecuada el cuerpo del motor (entre 75 y 95 ºC). Este refrigerante se mueve gracias a una bomba centrífuga desde el bloque al radiador, generalmente montado en la parte frontal del vehículo, para trasferir la energía sobrante al aire ambiente.

Como complemento del sistema de refrigeración, hay un ventilador que hace circular el aire por el radiador para aumentar el efecto de la convección. Antiguamente, el ventilador se movía por medio de una correa engranada mediante una polea, al eje del grupo motor. Actualmente suelen tener un pequeño motor eléctrico, mandado por un termostato que lo pone en marcha solo cuando el refrigerante del circuito supera cierta temperatura. Con ello se consigue que el motor funcione desde muy pronto a la temperatura adecuada y, además, que la calefacción del habitáculo, en invierno, funcione mucho antes.

En la actualidad el sector automotriz ha implementado una serie de requisitos para garantizar la calidad de los radiadores, estos están basados en la norma GMW14193, la cual define las condiciones de medición, el rendimiento y la especificación de duración mínima de un radiador.

Dentro de esta norma los ítems que interviene directamente este proyecto son:

5.1 **leak Test.** (Pruebas de fuga)

5.1.1 Condiciones.

5.1.1.1 Radiador tipo I para vehículos mayor o igual a 3.5 litros. El Radiador deberá ser presurizado a una presión mínima de 250 kPa por un tiempo superior a 60 segundos.

5.1.1.2 Radiador tipo II para vehículos superiores a 3.5 litros el Radiador deberá ser presurizado a una presión mínima de 150 kPa por un tiempo superior a 60 segundos.

5.2 Requerimiento. El Radiador deberá presentar una fuga menor a 4 cm^3 /minuto con aire seco sumergido en agua a una temperatura ambiente de 23 +- 5 °C

5.3 Vacuum Test (prueba de Vacío) Someter el radiador a una prueba de vacío de 100 +- 5 kPa, este valor debe ser alcanzado en 3 segundos y debe mantenerse por un tiempo de 30 segundos, luego romper el vacío en 3 segundos, posteriormente realizar pruebas de fuga ítem 4.3

Estudio Técnico:

El diseño para el probador de radiadores es un proceso iterativo que se generó por las necesidades de un proceso de producción en una fábrica de radiadores. La necesidad se dio por el cliente principal de esta empresa que aumento de forma significativa e improvisada la cantidad de radiadores, y la fábrica no pudo cumplir por que el sistema tradicional de pruebas con el que cuenta no permite responde rápidamente a estas necesidades.

Por esta razón es necesaria la implementación de un sistema de pruebas más robusto y rápido, y para mitigar estas necesidades el prototipo debe cumplir con las siguientes características:

Sistema Neumático: el dispositivo de prueba debe contar un con un sistema neumático libre de fuga y de humedad para

poder darle un buen aprovechamiento y confiabilidad a los sensores presión-vacío

Prueba de Presión-Vacío: El sistema de prueba debe disponer de un sensor de presión con una resolución lo suficientemente alta para poder detectar las variaciones de presión que se presenten y poder detectar la fuga de una forma más precisa.

Sistema Paka_Yoke: El sistema debe contar con un método que bloquee el producto que no pase las pruebas hasta que alguien con autoridad pueda liberarlo, así impedimos que el producto NC siga el proceso sin ningún control

VI. ARQUITECTURA DEL PROCESO

En la figura 1. Se muestra de forma simplificada la arquitectura del proceso donde se realizan las pruebas de un radiador las cuales son controladas por el PLC el cual se encarga de tomar los valores leídos por los sensores de presión y evaluar las condiciones del proceso, el módulo de vacío representa el mecanismo utilizado para realizar este procedimiento, el módulo de presión al igual que el de vacío representa el mecanismo de suministrar la presión requerida para las pruebas del radiador

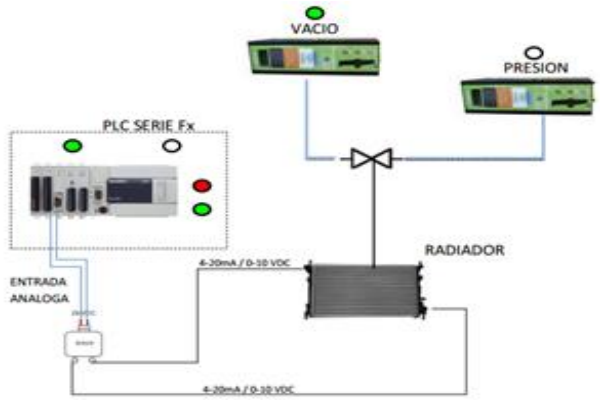


Figura 1. Esquema General del Proceso
Fuente: elaboración propia Microsoft-Visio 2010 ©

VII. PRESUPUESTO

Una vez realizada la programación y la simulación del proceso, en la tabla 1 se presenta el presupuesto para la ejecución del proyecto

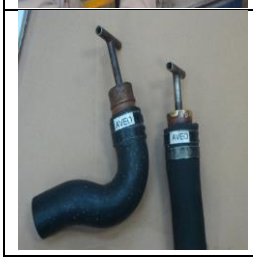
CANT	DESCRIPCION	VALOR
1	Controlador Programables	$820.000
1	Pantalla HMI	$620.000
1	Modulo Analogo	$450.000
1	Sensor analogico de presion	$1.200.000
1	Cofre Metalico Mesa de trabajo	$3.600.000
1	Bomba de Vacio	$1.250.000
1	Mangueras Electroválvulas y accesorios	$3.500.000
10	Cilindros Neumáticos	$4.000.000
TOTAL		$14.940.000

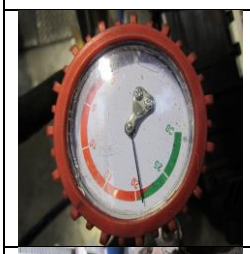
Fuente: Elaborada por el autor con Microsoft Office 2010 ©

VIII. PROCESO MANUAL DE HERMETICIDAD

Anteriormente para garantizar la hermeticidad del producto se realizaban dos pruebas, vacío y presión y se ejecutaban en dos estaciones de trabajo diferentes con sus respectivos operarios lo que conlleva a un gasto innecesario de recursos, los cuales son descritos a continuación en la tabla 2 y tabla 3.

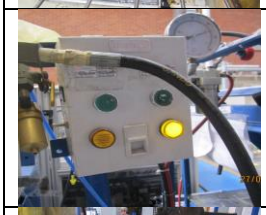
En la tabla 2. Se Descripción de manera detallada como se desarrollaba el proceso antiguo de pruebas, ciclo de vacío, el cual fue cambiado por el sistema automatizado.

CICLO DE VACIO		
	Verificación del temporizador	Abrir la caja control donde se encuentra el temporizador y observar que se encuentre programado de acuerdo al Plan de Control.
	Seleccionar Tapones	Tomar los tapones que se van a utilizar según la referencia, los tapones están identificados con el nombre de cada referencia en la parte superior.

	Colocar tapón Mecánico	Tomar tapones y colóquelos en la entrada y salida del radiador
	Realizar Prueba Vacío	Presionar el botón verde del mando el cual inicia el proceso de vacío y se enciende el botón amarillo por el tiempo establecido en el plan de control. El proceso termina automáticamente cuando el botón amarillo se apaga.
	Verificar Fuga en el Manómetro	De forma visual se certifica la conformidad de la prueba, asumiendo un buen criterio y una buena concentración del operario
	Marcar Conformidad	Si el radiador cumple la prueba de vacío certifique su conformidad colocando un punto al lado del tubo de desfogue o tubo de llenado. APLICA PARA TODAS LAS REFERENCIAS
	Marcar Sospechoso	En caso de que el radiador no cumpla con lo establecido de la prueba de vacío, identifíquelo inmediatamente con un sticker de color amarillo con la observación que no realizo

Fuente: Elaborada por el autor con Microsoft Office 2010 ©

La tabla 3. Describe de forma detallada el proceso antiguo de pruebas, ciclo de estanqueidad.

CICLO DE ESTANQUEIDAD		
	Conectar Tapón Mecánico Tubo Entrada	Colocar el tapón mecánico que está conectado al dispositivo de suministro de aire en el tubo de entrada del radiador
	Colocar Tapón Tubo Salida	Colocar el tapón en el tubo de salida del radiador.
	Sumergir Radiador	Sumergirlo en el tanque, y Abrir la válvula de paso de aire
	Accionar Temporizador	Presionar el botón verde del tablero el cual indica inicio del tiempo de la prueba hasta que se apague.
	Verificar Prueba	Durante el tiempo de prueba verifique el radiador que no presenta fugas, si se presenta salen unas burbujas en el agua.
	Marcar Conformidad	Tome el dalo de color blanco y trace una línea desde el grifo hasta el área del tanque, si el radiador fugara tendrá el operario que realizar el procedimiento de producto NC.

Fuente: Elaborada por el autor con Microsoft Office 2010 ©

La tabla 4 muestra las Variables a controlar del proceso automatizado

Variables controlables proceso actual			
Variable	**Parámetro**	**Tiempo**	**Requisito**
Vacío	100 kpa	33 seg.	Valor debe ser alcanzado en 3 seg. y debe mantenerse por un tiempo de 30 seg.
presión	250 kpa	60 seg.	fuga menor a 4 cm^3 /min con aire seco sumergido en agua a una temperatura ambiente de 23 +- 5 °C

Fuente: Elaborada por el autor con Microsoft Office 2010 ©

IX. PLANO GENERAL

El siguiente esquema muestra la estructura física del banco de pruebas automatizado el cual une dos estaciones de trabajo en una sola.

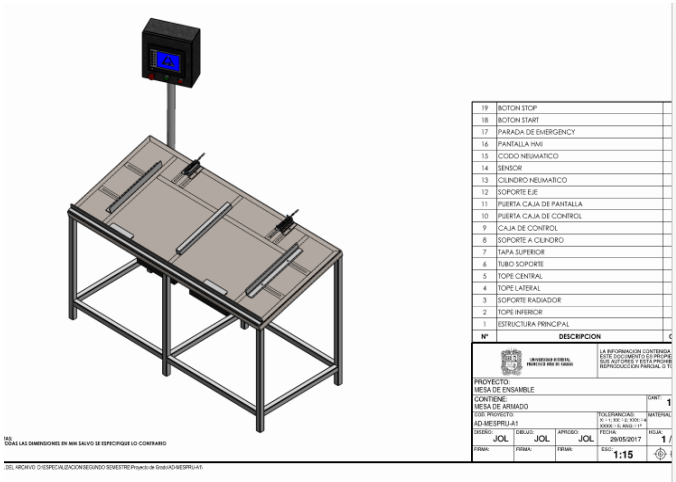


Figura. Modelo del sistema. Software Solidworks 2016.®

X. DISEÑO Y APLICACIÓN

Para el diseño de la interfaz hombre maquina se utilizó una pantalla HMI Siemens de 7 pulgadas.

La primera pantalla de la aplicación muestra las opciones que tiene el usuario para interactuar con el sistema dándole acceso a una operación manual, automática, las recetas y a las alarmas tal como se muestra en la Figura 2

Figura 2. Pantalla principal interfaz HMI. Software TIA portal V13 trial versión ©

En el siguiente pantallazo el usuario puede tener acceso a realizar las pruebas de vacío o de presión del radiador, también muestra la última referencia que se trabajó y cuyos parámetros están en memoria (figura 3).

Figura 3. Pantalla Manual interfaz HMI. Software TIA portal V13 trial versión ©

En esta opción se le permite al usuario realizar la pruebas de vacío o presión de forma individual sin depender de otro requisito, además se puede visualizar los tiempos de succión y de la prueba, una vez terminada la prueba la pantalla muestra el resultado de esta con un círculo rojo si no cumple los requerimientos del vacío o un circulo verde en caso contrario como podemos evidenciar en la figura 4.

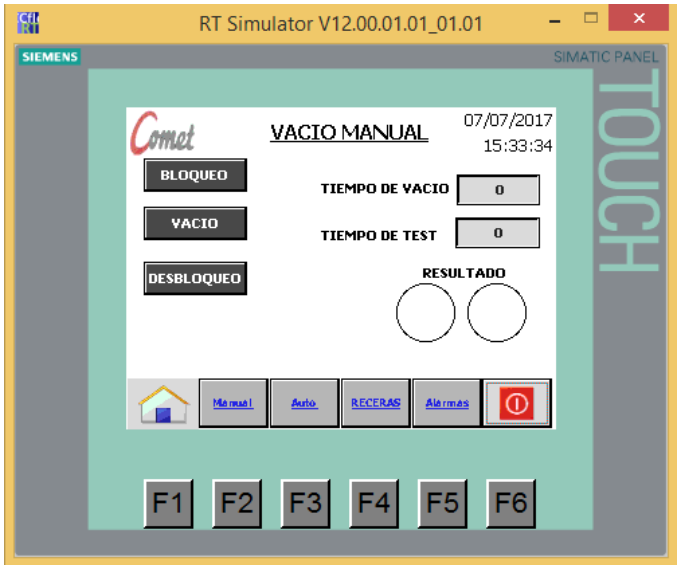


Figura 4. Pantalla Vacío Manual interfaz HMI. Software TIA portal V13 trial versión ©

Al igual que la opción de vacío la pantalla de presión permite al usuario realizar la prueba sin depender de requerimientos anteriores como se observa en la figura 5.

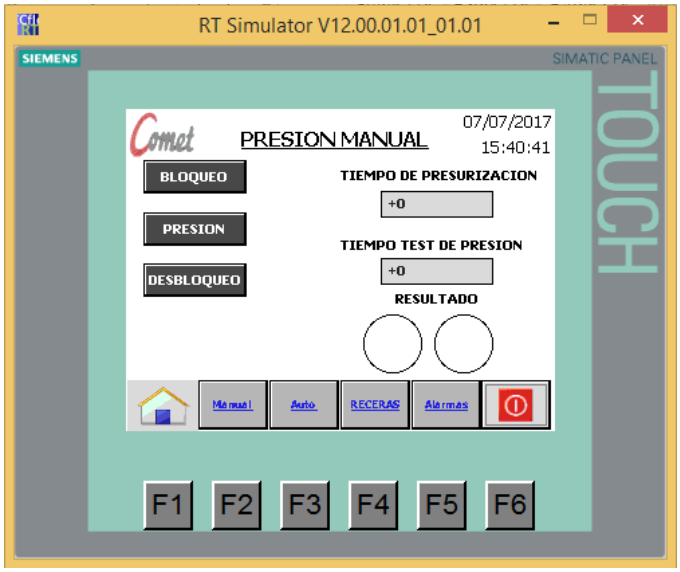


Figura 5. Pantalla Presión Manual interfaz HMI. Software TIA portal V13 trial versión ©

En la pantalla de receta el usuario puede tener acceso a las diferentes referencias guardadas en memoria, al seleccionar una estas se cargan los parámetro que se requieren para realizar las pruebas (figura 6.)

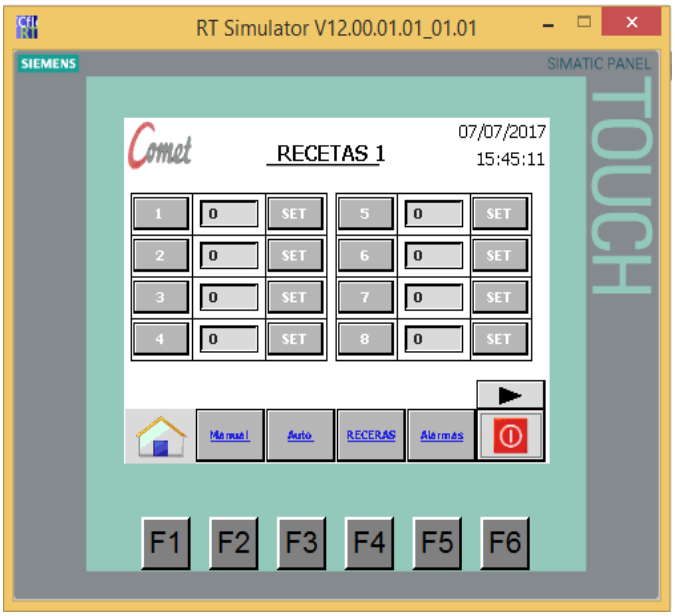


Figura 6. Pantalla Recetas interfaz HMI. Software TIA portal V13 trial versión ©

La Pantalla Auto le permite al usuario a realizar las pruebas de forma continua con solo presionar el botón de START, una vez terminada las pruebas el sistema bloquea el proceso si alguno de los dos resultados no es conforme, o libera el producto si cumple las especificaciones. (Figura 7)

La secuencia de las pruebas:

1- Bloquea el radiador para que este no pueda ser retirado de la mesa sin haber cumplido con la conformidad de las dos pruebas de vacío y presión.

2- Acciona una bomba de vacío por un periodo de tiempo previamente seleccionado con la receta.

3- Apaga la bomba de vacío y verifica durante un tiempo que no halla variación en el vacío realizado.

4- Si hay variación en el vacío se activa el cuadro de error y el sistema se suspende o no prosigue, con el objetivo que alguien con la competencia revise el problema del radiador.

5- En caso contrario, es decir que el vacío es correcto se presuriza el radiador por un periodo de tiempo y se verifica nuevamente si hay variación de presión.

6- Si no hay variación de presión el sistema muestra una conformidad de las pruebas y libera el radiador

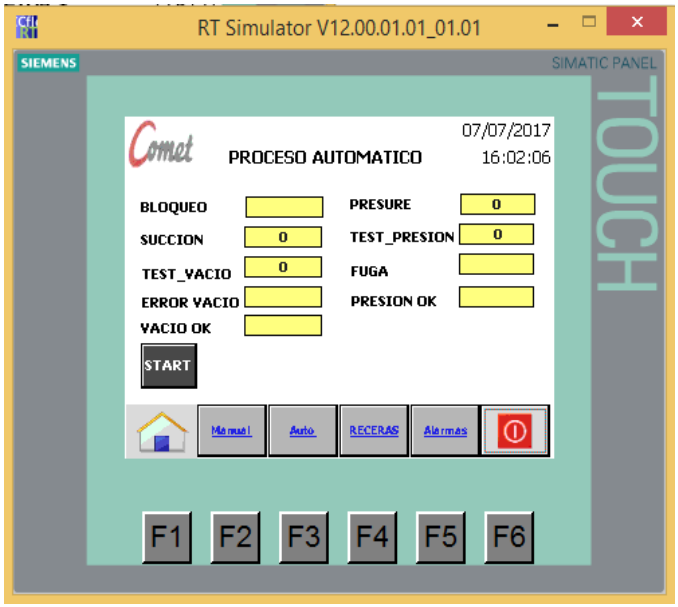


Figura 7. Pantalla Proceso Automático interfaz HMI. Software TIA portal V13 trial versión ©

En esta pantalla el usuario puede visualizar las alarmas presentadas en el sistema y en proceso. (figura. 8)

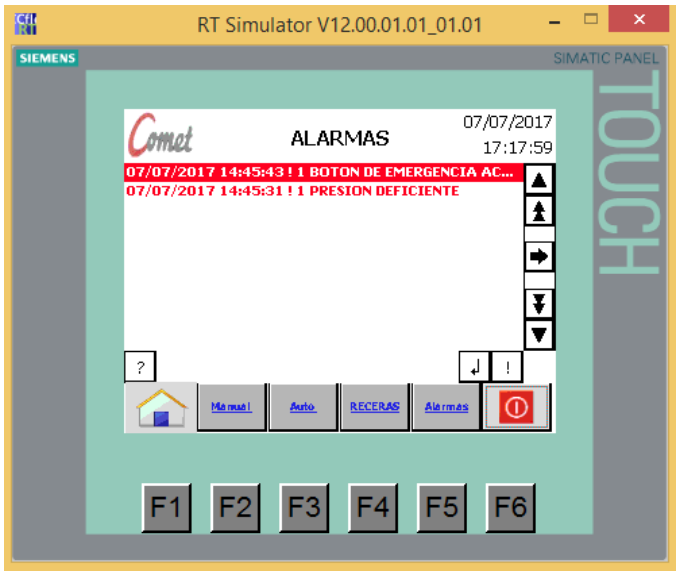


Figura 8. Pantalla Alarmas interfaz HMI. Software TIA portal V13 trial versión ©

XI. DIAGRAMA DE FLUJO

Este diagrama describe la secuencia del sistema automatizado el cual cuenta con dos modos de operación manual y automática.

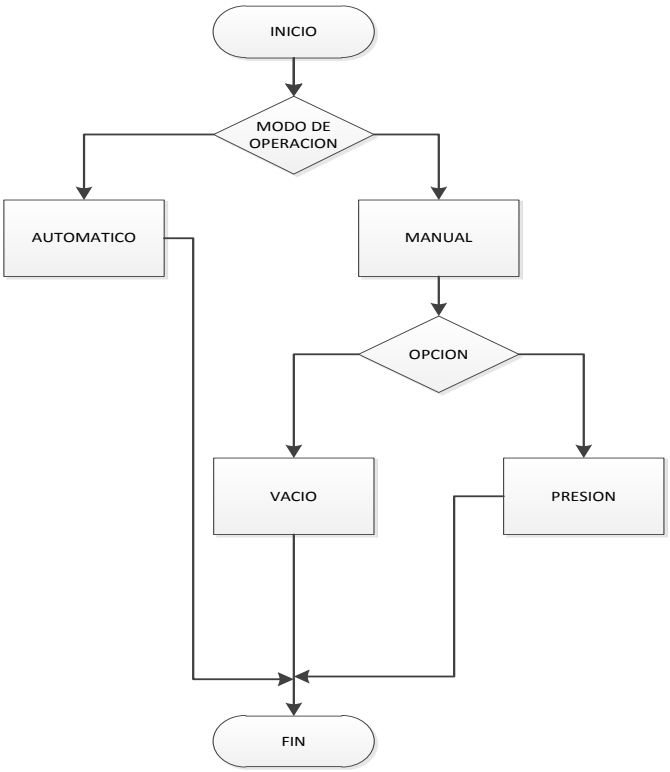


Figura 9. Diagrama de Flujo del proceso automatizado
Fuente: elaboración propia Microsoft-Visio 2010 ©

XII. CONCLUSIONES

- El diseño del sistema implementado tiene un método que garantiza el cumplimiento de los requisitos establecidos en la norma **leak Test**, ya que bloquea el producto y este no es liberado hasta no ser sometido a las pruebas y estas estén conforme.
- Gracias a la resolución de los sensores el sistema demostró ser más fiable que el sistema anteriormente utilizado y la versatilidad del proceso es mucho mayor
- El sistema demostró tener un impacto favorable en la producción los tiempos de desplazamiento y eliminando la etapa de secado del producto.

XIII. DISCUSIÓN Y TRABAJOS FUTUROS

- Se debe realizar una evaluación de la fiabilidad y del rendimiento del sistema durante un periodo de tiempo que el cliente estime apropiador.
- Establecer comparativos entre los dos sistemas el actual y el anterior para cuantificar las ventajas y desventajas de los métodos.

XIV. AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, por su valiosa colaboración en permitir la accesibilidad a todos los recursos que se necesitaron para el desarrollo de este proyecto.

Al tutor y Director Julián Camargo López que fue una persona indispensable para llevar a cabo este proyecto

XV. REFERENCIAS

[1] The American Society of Mechanical Engineers, Mean Temperature Difference in Design, Trans.ASME volumen 62 paginas 283—294. Disponible en: www.cybra.lodz.pl/Content/6094/Trans_vol.62_no.4_1940.pdf

[2] Manual General Motors Corporation, General Specification HVAC and owertrain Cooling GMW14193 ©

[3] Thermal performance Modeling of cross – flow heat exchangers, Luben Cabezas Gomez and Jose Maria Saiz Editoria springer

[4] Transmisión de Calor, William H. McAdams Editorial: Ediciones Del Castillo, Madrid, Año de publicación: 1964

Anexos Programa Ladder

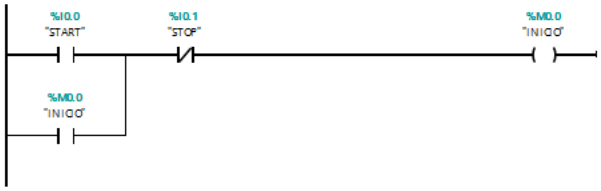
Programación Ladder

Título del bloque: "Main Program Sweep (Cycle)"

PROGAMACION PARA CONTROLAR LA HERMETICIDAD EN INTERCABIADORES DE CALOS PARA VEHICULOS

Segmento 1: INICIA EL SISTEMA

Comentario

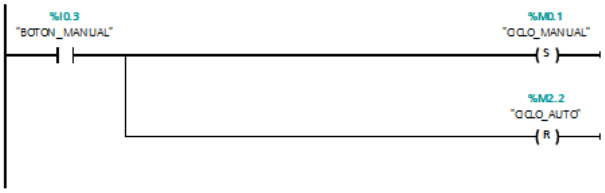


Segmento 2: ENCIENDE LA PANTALLA

Comentario

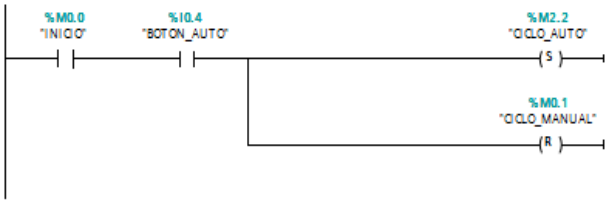
Segmento 3: ACTIVAR CICLO MANUAL

Comentario



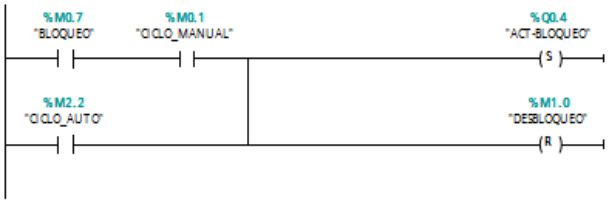
Segmento 4: ACTIVA CICLO AUTOMATICO

Comentario



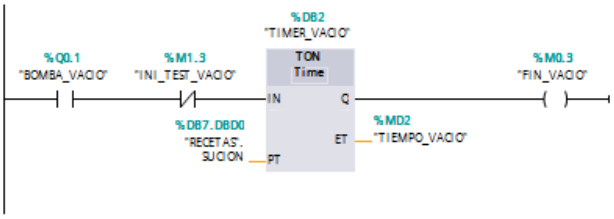
Segmento 5: BLOQUEO RADIADOR

Comentario



Segmento 7: TIEMPO DE SUCCION

Comentario

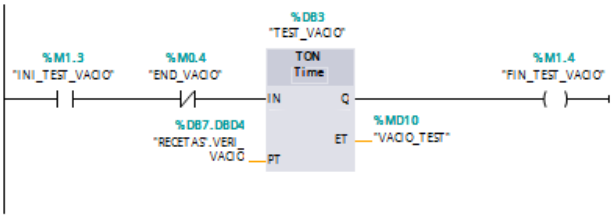


Segmento 8: TERMINA VACIO

Comentario

Segmento 9: TIEMPO TEST VACIO

Comentario

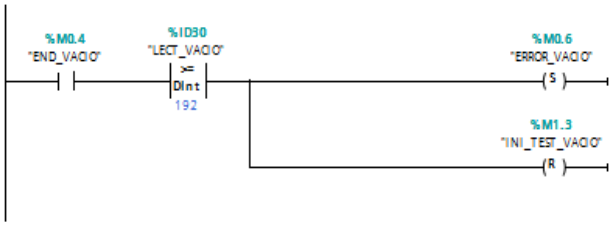


Segmento 10: ACTIVACION DEL FIN DEL VACIO

Comentario

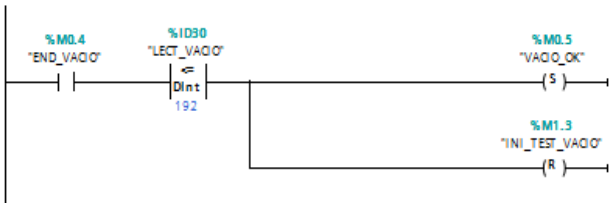
Segmento 11: ACTIVA ALARMA DE ERROR EN EL VACIO

Comentario



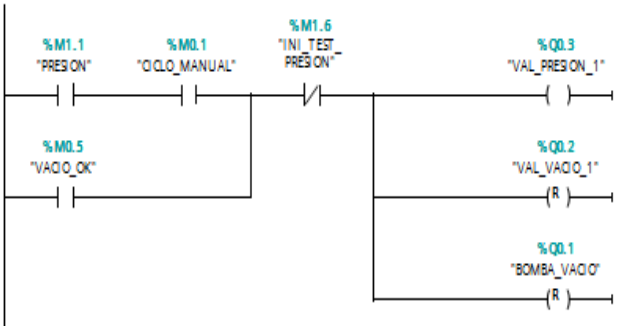
Segmento 12: COMPARACION VACIO CORRECTO

Comentario



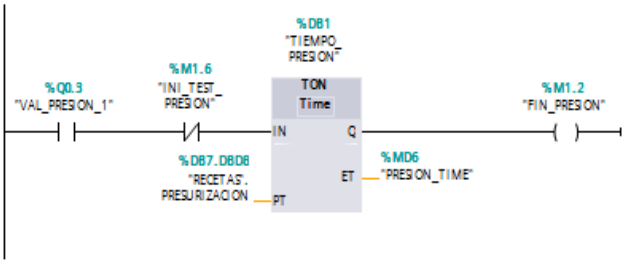
Segmento 13: ACTIVA LA VALVULA DE PRESION

Comentario



Segmento 14: TIEMPO DE PRESURIZACION

Comentario



Segmento 15: TERMINA PRESURIZACION

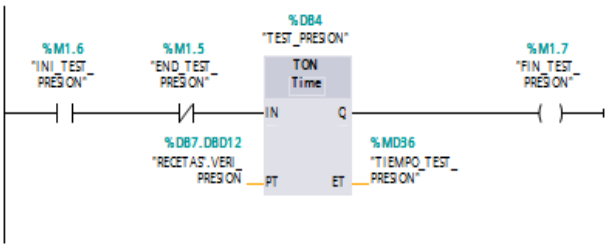
Comentario

Segmento 16: MUESTRA LA TERMINACION DEL PRESURIZADO

Comentario

Segmento 17: TIEMPO DE PRUEBA DE PRESION

Comentario

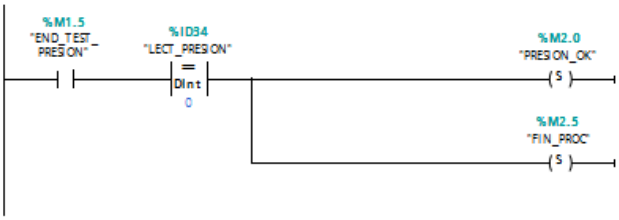


Segmento 18: TERMINACION DE LA PRUEBA DE PRESION

Comentario

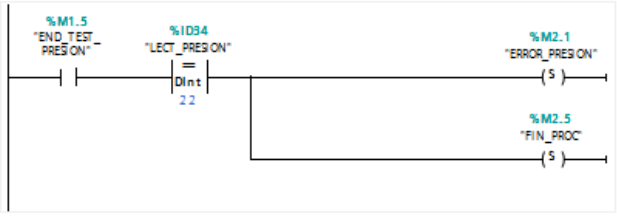
Segmento 19: COMPARACION DE TEST DE PRESION

Comentario



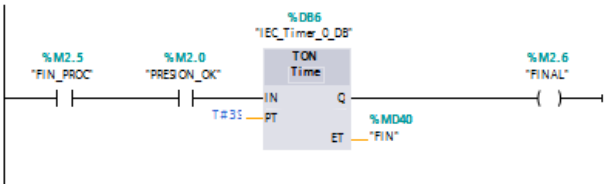
Segmento 20: COMPARA VALORES DE PRESION

Comentario



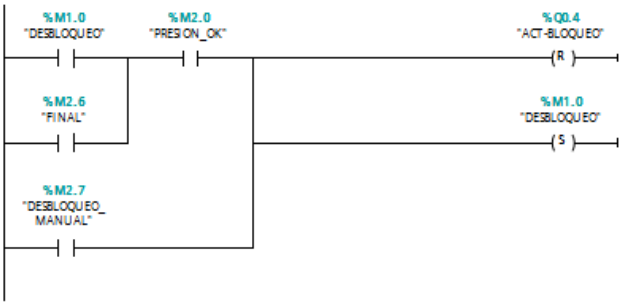
Segmento 21: TIEMPO PARA REINICIAR EL PROCESO

Comentario



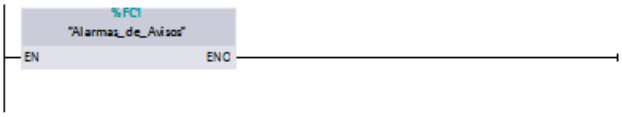
Segmento 22: DESBLOQUEA RADIADOR

Comentario



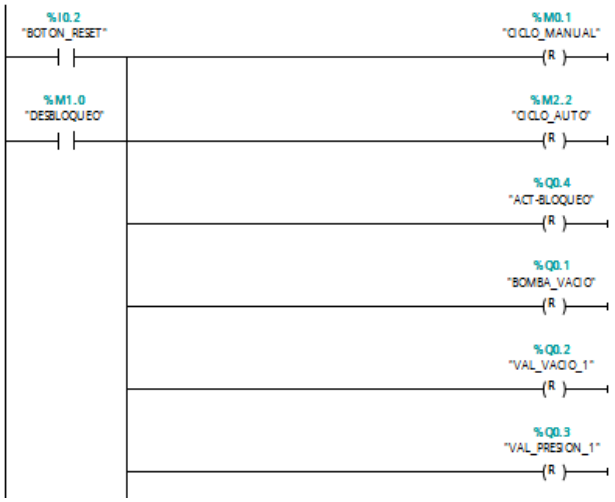
Segmento 23: ----

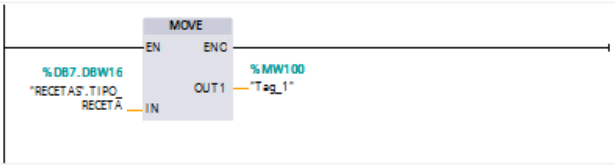
Comentario



Segmento 24: RESET

Comentario



Segmento 25: MUESTRA REFERENCIA ACTUAL

Comentario