



Prototipo automático para llenado, mezclado y sellado de envases de pintura



Dr. José Antonio Velásquez Costa
Ingeniería Industrial - Universidad Ricardo Palma
Maestría en Ingeniería Industrial con mención en Gestión y Planeamiento empresarial - Universidad Ricardo Palma
Doctor en Gestión Empresarial - Universidad Hermilio Valdizán
Catedrático universitario en carreras de Pregrado y Posgrado
Consultor de empresas públicas y privadas en Automatización Industrial, Mejora continua e Innovación Tecnológica.
Correo electrónico: jvelasquezc@outlook.com

26

Resumen: El proyecto representa la automatización del proceso de llenado, mezclado y sellado de envases de pintura que comprende las etapas de llenado y mezclado, así como; tapado y sellado de los envases de pintura; con el objetivo de mejorar la calidad de la mezcla y obtener el color deseado por el cliente. Por otro lado, se busca que las empresas reduzcan el tiempo de respuesta ante la solicitud de un cliente. El prototipo ha sido realizado con componentes electro neumáticos, tales como: cilindros neumáticos, sensores, electroválvulas, válvulas solenoides, motores y un controlador lógico programable (PLC S7-1200 - CPU1214C AC / DC / RLY), así como también, una faja transportadora y una cruz de Malta, que es un mecanismo que convierte un movimiento circular en un movimiento circular intermitente. El proyecto fue desarrollado por Tania Tiburcio, Melanie Tipacti y Elsa Tito

Palabras claves: Automatización/ Pintura/ Prototipo/ Componentes Electro Neumáticos/ Cruz de Malta.

Abstract: The project represents the automation of the filling, mixing and sealing process of paint containers that includes the filling and mixing stages, as well as; covering and sealing of paint containers; with the aim of improving the quality of the mixture and obtain the desired color by the client. On the other hand, it is sought that companies reduce the response time to the request of a client. The prototype has been made with electro-pneumatic components, such as: pneumatic cylinders, sensors, solenoid valves, solenoid valves, motors and a programmable logic controller (PLC S7-1200 - CPU1214C AC / DC / RLY), as well as a conveyor belt and a Maltese cross, which is a mechanism that converts a circular movement into an intermittent circular motion. Tania Tiburcio, Melanie Tipacti and Elsa Tito developed the project.

Keywords: Automation/ Painting/ Prototype/ Electro-Pneumatic Components/ Malt Cross.

Résumé : Le projet représente l'automatisation du processus de remplissage, de mélange et d'étanchéité des contenants de peinture comprenant les étapes de remplissage et de mélange, ainsi que; le bouchage et le scellement des contenants de peinture; afin d'améliorer la qualité du mélange et d'obtenir la couleur souhaitée par le client. D'autre part, il est demandé aux entreprises de réduire le temps de réponse à la demande du client. Le prototype a été réalisé avec des composants électropneumatiques, tels que: cylindres pneumatiques, capteurs, électrovannes, électrovannes, moteurs et un automate programmable (PLC S7-1200 - CPU1214C AC / DC / RLY), ainsi qu'une bande transporteuse. et une croix maltaise, mécanisme qui convertit un mouvement circulaire en un mouvement circulaire intermittent. Le projet a été développé par Tania Tiburcio, Melanie Tipacti et Elsa Tito

Mots-clés: L'automation / La peinture / Le prototype / Les composants électropneumatiques / La Croix de Malte

1. Introducción

Actualmente las empresas que se dedican a la venta de pinturas, el proceso de mezclado se realiza de forma manual, consecuencia de esto, la calidad de las pinturas en cuanto al tono, cantidad y tiempo de entrega deseado por el cliente no es el adecuado, lo cual hace necesario la automatización del proceso para la entrega de un producto de calidad.

El prototipo del proyecto, está enfocado al mezclado de pintura, pero el proceso se puede adaptar a cualquier otro líquido que requiera de combinaciones, tales como, embotellado de jugos, refrescos, preparación de licores, entre otros.

Este proyecto fue realizado por las alumnas del curso de "Procesos de Manufactura Asistida por Computadora II", de la Escuela Profesional de Ingeniería Industrial de la Universidad Ricardo Palma.

2. Diseño de prototipos

En la industria de pintura, uno de los procesos que se utiliza para crear nuevos colores es el método de "mezclar colores", dicho proceso se realiza de forma manual en los pequeños negocios dedicados a este rubro; resulta dificultoso el hecho de mezclar colores en diferentes proporciones y que se tenga el tono del color deseado, muy aparte que existe desperdicio de pintura y/o mermas; y no siempre se realiza la entrega al tiempo pactado.

El prototipo se enfoca en la automatización del proceso de mezclado de pintura, proceso que sería manejado por tiempos para evitar desperdicios de pintura y dispensar solo las cantidades necesarias para la mezcla.

3. Beneficios del proyecto

- Utiliza tecnología neumática, eléctrica y de control.
- La tecnología neumática es la que utiliza aire comprimido como modo de transmisión de energía necesaria para mover y accionar mecanismos como el movimiento rectilíneo de salida o retroceso del vástago de un cilindro.
- Disminución de tiempos.
- Disminución de costos.
- Disminución de operarios

- Automatización de procesos, esta tecnología se encarga de controlar y monitorear la secuencia de operaciones sin intervención humana.
- Incremento de la productividad.

4. Metodología

La automatización industrial según Lamb (2013) es el uso de comandos de programación lógica y equipos mecanizados para reemplazar la toma de decisiones y las actividades manuales de los seres humanos.

La automatización se usa en sistemas o elementos computarizados para controlar maquinarias, con el fin de ayudar en los procesos de manufactura y de fabricación de productos. Controla también los procesos industriales, que es un conjunto de operaciones diseñadas con el fin de obtener o transformar un producto primario aprovechando eficazmente los recursos, de esta forma la automatización sustituye a los operarios. (Ebel, 2008).

La automatización va más allá de lo que se conoce como mecanización de los procesos ya que provee a los trabajadores mecanismos de apoyo cuando realizan esfuerzos físicos.

Según Vásquez (2003), un proyecto de automatización comienza cuando una empresa detecta una posibilidad de mejora en sus procesos de fabricación, los cuales pueden ser optimizados y automatizados. Dicha oportunidad suele ser un aumento en la producción, el control de atributos y cualidades de algún producto o línea de productos para hacer frente a la competencia o lo más razonable, mantener la fabricación y calidad dentro de las especificaciones, pero reduciendo los costos de producción.

La metodología empleada para la realización del proyecto se inició buscando la tecnología que pudiese ser más idónea para los fines del proyecto, entre las cuales se puede citar la neumática e hidráulica. Después de realizar el análisis entre ambas tecnologías se eligió la neumática debido a que es una tecnología limpia, además que los mecanismos del mezclador no requieren grandes fuerzas para su funcionamiento.

La tecnología neumática emplea según Creus (2012) actuadores neumáticos que facilitan la conversión de la energía del aire comprimido en trabajo mecánico generando movimientos lineales o giratorios en pistones o cilindros.

Los componentes neumáticos que se emplearon para la implementación del mezclador automático de pinturas fueron cilindros de doble efecto, en los que existen dos movimientos debidos al aire comprimido: avance y retroceso, por lo que este debe entrar en las dos cámaras; por esta razón, se requieren de dos entradas, que a la vez han de actuar como escape para que el aire comprimido pueda salir a la atmosfera y así permitir el movimiento del émbolo en sentido contrario. Guadayol y Medina (2010). Para el proyecto se requirieron dos cilindros neumáticos de doble efecto.

Según Castaño (2016), para que los cilindros neumáticos puedan avanzar y retroceder, requieren de válvulas accionados eléctricamente y para el proyecto se emplearon 2 electroválvulas 5/2 monoestables de 24 VDC.

En los cilindros neumáticos de doble efecto se colocaron sensores magnéticos de proximidad para que detecten si el cilindro está extendido o retraído. Para Mandado, y Fernández (2009) estos sensores basan su funcionamiento en la influencia del campo magnético sobre algunos metales y semiconductores. Los sensores magnéticos empleados fueron de 3 hilos, PNP de 24VDC.

Por último, se empleó un PLC (Controlador Lógico Programable), según Solbes (2014) el PLC puede definirse como un aparato o dispositivo, creado para controlar procesos automáticos secuenciales en la industria en tiempo real. El PLC empleado en el proyecto fue

marca Siemens modelo CPU 1214C el cual tiene la posibilidad de conectar hasta 14 inputs y 10 outputs.

Otra tecnología aplicada en la implementación de este proyecto fue la sensórica, se emplearon sensores capacitivos y magnéticos. Según Fernández y Lezama (2005), los sensores capacitivos son dispositivos eléctricos que detectan la radiación natural o perturbaciones de radiaciones. Su funcionamiento consiste en aprovechar los efectos que tiene ciertos materiales metálicos y no metálicos en cambiar la capacidad del sensor cuando se encuentra dentro del campo eléctrico generado, cuando esto sucede el circuito interno del sensor llamado "oscilador" entre en resonancia el cual es medido por otro circuito llamado disparador el cual lee la amplitud del oscilador y cuando se alcance un nivel específico la etapa de salida del sensor cambia generando la señal.

Los sensores magnéticos son dispositivos que detectan señales magnéticas provenientes de imanes o la corriente eléctrica. El sensor es accionado a través de la presencia de un campo magnético externo proveniente generalmente de un imán permanente. Su aplicación está en sensores de posición, velocidad y corriente eléctrica. (Millán, 1995)

El PLC es la parte principal de este proyecto, en él se programó toda la secuencia de actividades que debían cumplir los actuadores neumáticos. Para Lamb (2013), los controladores lógicos programables (PLC), son ampliamente utilizados para controlar los sistemas de automatización de planta. En esencia, son computadoras digitales que se utilizan para controlar los procesos electromecánicos. Los PLC se utilizan en muchas industrias y máquinas diferentes, como máquinas de embalaje y semiconductores. A diferencia de las computadoras que empleamos hoy en día, el PLC fue creado para realizar múltiples conexiones de entradas y salidas, con capacidad de soportar rangos de temperatura elevada, con inmunidad al ruido eléctrico, además de resistencia al impacto y a la vibración. El software para controlar la operación de una máquina normalmente se almacena en memoria respaldada por baterías. Un PLC es un claro ejemplo de un sistema que opera en tiempo real, dado que los resultados de salida/outputs deben producirse en respuesta a las condiciones de entrada/inputs dentro de un tiempo programado.

Según Cembranos (2002), La aplicación del sistema PLC en la industria moderna aporta ventajas a la producción, y son:

- Tiene beneficios similares a una lógica cableada.
- Las modificaciones se realizan en el mismo PLC y no en instalaciones eléctricas.
- Tiene una elaboración sencilla y manejable, debido a su facilidad de programación, evitando pérdida de tiempo en los procesos.
- Su mantenimiento es económico, evitando así que la producción se detenga por mucho tiempo.

5. Diseño (SolidWorks)

El Diseño asistido por computadora, conocido por sus iniciales en inglés CAD (computer aided design), es un software aplicado al diseño de piezas en 2D o 3D y obtención de sus planos en 2D.

Según Torres (2006), un software CAD es un sistema que engloba la automatización de las actividades que conllevan al diseño de un producto. Los sistemas CAD son muy utilizados y son ampliamente conocidos porque permiten realizar las alteraciones en el modelo y visualizar dichos cambios en el diseño.

Hoy en día los sistemas CAD posibilita la utilización de análisis de elementos finitos para realizar simulaciones sobre el modelo, como una alternativa a la construcción de prototipos en impresoras 3D.”

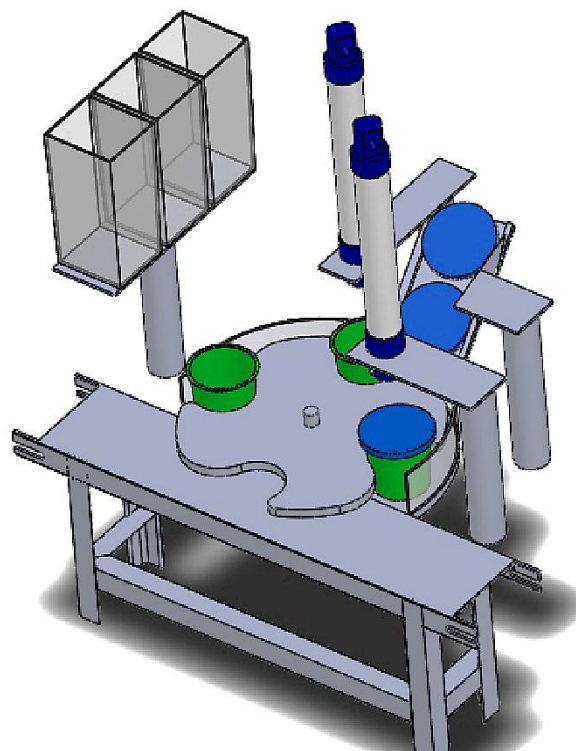
Actualmente el CAD, no solo es la plasmación de una pieza o prototipo, pues ahora cumple un rol muy importante en el proceso de industrialización de un producto.

Para este prototipo, el diseño se realizó en un software CAD llamado SOLIDWORKS 2016, el cual es un programa para modelado mecánico que permite crear piezas, obtener los planos de éstas, ensamblarlas y simularlas.

Este diseño se realizó teniendo en cuenta las características de tamaño de envases y especificaciones de los 3 motores de 24 VDC y 2 cilindros neumáticos de doble efecto.

La figura 1 muestra el diseño del mezclador automático de pintura.

Figura N°01: Diseño del mezclador automático de pintura



30

Fuente: Elaboración propia.

6. Componentes del proyecto

Los componentes empleados en el proyecto fueron:

- Faja transportadora de 65 cm de largo x 8 cm de ancho.
- Cruz de malta de 4 cavidades y con un diámetro de 36 cm.
- Dispensador de tapas con un diámetro de 7.5 cm
- Motores de 24 VDC
- Dispositivo mezclador de pintura
- Cilindros neumáticos de doble efecto, estos cilindros son mecanismos que transforman la energía acumulada del aire comprimido en movimiento rectilíneo.

- Electroválvulas 5/2 monoestables utilizadas para controlar el paso del fluido en un conducto.
- Válvulas solenoides utilizada para controlar el paso del fluido, en donde la apertura y cierre se realiza a través de impulsos electromagnéticos de un solenoide junto con un resorte diseñado para devolver la válvula a su posición inicial.
- Sensor capacitivo
- Pulsadores
- Reductor de velocidad de 12vdc
- PLC Siemens s7-1200
- Cables cocodrilos
- Mangueras de poliuretano de 6mm
- Transformador 24 VAC
- Relé
- Sensores magnéticos,

7. Etapas del prototipo del proyecto

Este proyecto tiene 4 etapas, cada una de las cuales se describirán a continuación:

Inicialmente se comienza a colocar los envases de pintura en la faja transportadora, y ésta los hará avanzar de forma lineal hasta llegar a la cruz de malta, que se encargará de trasladarlos simultáneamente a cada una de las etapas del proceso.

Etapa 1: Llenado de envases

Para el llenado del envase se utilizó 3 válvulas solenoides de 24 VDC, los cuales al activarse permiten que los diferentes tintes (rojo, amarillo y azul) que se encuentran dentro de los 3 recipientes de capacidad 600 ml, descendan por las mangueras de poliuretano de 6mm de diámetro durante un tiempo determinado de acuerdo a la mezcla que se desee obtener. Este proceso se iniciará siempre y cuando el sensor capacitivo de 24 VDC detecte el envase de pintura con capacidad de 50ml.

La figura 2 muestra el sistema llenado de envases.

Figura N°02: Sistema de llenado del envase

Fuente: Elaboración propia.

32

Etapa 2: Mezclado de tintes de pintura

En esta etapa el envase se posiciona de tal forma que cuando el cilindro se extiende, el motor de 24 VDC mezclará los tintes por una determinada cantidad de segundos, logrando la homogenización de las mismas, obteniendo de esta forma la nueva tonalidad de pintura deseada.

La figura 3 muestra el sistema de mezclado de tintes de pintura.

Figura N°03. Mezclado de tintes de pintura.

Fuente: Elaboración propia.

33

Etapa 3: Tapado del envase

Previo a la etapa de sellado, el envase pasa por otra etapa donde se tiene una rampa (dispensador de tapas) de la cual se va a deslizar una tapa sobre el envase cuando este se encuentre girando gracias al movimiento de la cruz de malta.

Etapa 4: Sellado del envase

Superpuesta la tapa del envase, se procede a someterla a presión, mediante un sistema que consta de un cilindro neumático conectado a una base plana, que al extenderse va a ponerse en contacto con la tapa del envase ejerciendo presión sobre ella, culminando el proceso.

La figura 4 muestra el sistema de tapado y sellado del envase.

Figura N°04: Tapado y sellado del envase

Fuente: Elaboración propia

34

8. Diagrama de análisis del proceso (DAP)

Según Niebel y Freivads (2012), el diagrama de flujo del proceso tiene como función principal identificar distancias recorridas, almacenamientos y retrasos, los cuales representan costos no productivos. Una vez ya identificados, se toman medidas correctivas para minimizar estos costos que no son productivos para una empresa. Luego de identificar las operaciones e inspecciones, los diagramas de flujo de procesos evidencian que un producto tiene retrasos en movimientos y almacenamientos. Por lo tanto, los diagramas de flujo de procesos requieren más otros símbolos aparte de los de operación e inspección, los cuales son los más frecuentes en estos tipos de diagrama. Una flecha significa transporte, el cual representa el movimiento de un objeto de un lugar a otro, a excepción cuando este movimiento es seguido de una operación o inspección. Una letra D significa un retraso, el cual se presenta cuando un objeto no se puede operar al instante. Un triángulo equilátero que significa almacenamiento, el cual se presenta cuando un objeto se almacena en un lugar adecuado. Estos cinco símbolos constituyen el conjunto estándar de símbolos que se utilizan en los diagramas de flujo de procesos. (ASME, 1974). El DAP que se presenta en la figura 5 muestra la secuencia de operaciones, transporte, inspección y almacenamiento que ocurre durante un proceso de mezclado de tintes de pintura. En este caso se presentará el proceso manual de mezclado de tintes de pintura. Además, se incorpora información de tiempo y distancia recorrida durante todo el proceso de producción.

Figura N°05: DAP del Proceso de mezclado manual

PROCESO MANUAL DE LLENADO ,MEZCLADO Y SELLADO DE ENVASES DE PINTURA						
<i>Fecha : 19-10-17</i>	Actividad					Método Actual
<i>Proceso: Llenado , mezclado ,tapado y sellado de envases de pintura</i>	Operación					○ 5
	Transporte					➡ 1
	Demora					D 0
<i>Producto : Envase de pintura</i>	Inspección					□ 2
	Almacén					▽ 1
Descripción de la actividad	Símbolos					Tiempo(seg)
	○	➡	D	□	▽	
Alimentación del envase						8
Llenado del envase						12
Inspección del llenado						5
Mezclado de la pintura						30
Tapado del envase						4
Sellado de la tapa						4
Inspección del sellado						5
Distribución del envase						20
Almacén						10
Total	5	1	0	2	1	98

35

Fuente: Elaboración propia

9. Diagrama de análisis de los procesos (DAP) automático del llenado, mezclado y sellado de envases de pintura

Luego de realizar el prototipo del proyecto, se tomó los tiempos del proceso automático y se pudo notar que hubo una reducción de tiempo en cada actividad del proceso, así como en el tiempo total del proceso respecto al proceso manual, el cual se puede observar en la figura 6 que se presenta a continuación.

Figura N°06: DAP del Proceso automático de llenado, mezclado y sellado de envases de pintura.

PROCESO AUTOMÁTICO DE LLENADO ,MEZCLADO Y SELLADO DE ENVASES DE PINTURA						
Fecha : 19-10-17	Actividad					Método Actual
<i>Proceso: Llenado , mezclado, tapado y sellado de envases de pintura</i>	Operación				○	5
	Transporte				⇒	1
	Demora				D	0
<i>Producto : Envase de pintura</i>	Inspección				□	0
	Almacén				▽	1
Descripción de la actividad	Símbolos					Tiempo(seg)
	○	⇒	D	□	▽	
Alimentación del envase	●					2
Llenado del envase	●					2
Mezclado de la pintura	●					2
Tapado del envase	●					1
Sellado de la tapa	●					1
Distribución del envase		●				2
Almacén					●	2
Total	5	1	0	0	1	12

Fuente: Elaboración propia

10. Implementación del proyecto

La implementación es la etapa en donde se abordan todas las actividades planificadas, habiendo antes identificado los puntos fuertes y débiles, además de las oportunidades y amenazas.

En esta etapa, es importante tener una supervisión que nos asegure que el proyecto se desarrolle según lo establecido en el plan de trabajo.

La tabla 1 muestra el listado de actividades ejecutadas para la implementación del proyecto con su duración en días.

Tabla N°01: Actividades para la implementación del proyecto

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
INICIO	37 días	lun 04/09/17	mié 18/10/17	
<i>Diseño del bosquejo del proyecto.</i>	4 días	lun 04/09/17	jue 07/09/17	
<i>Diseño de proyecto en Solidwork</i>	3 días	jue 07/09/17	mar 12/09/17	3
<i>Prueba y compra de materiales</i>	2 días	mar 12/09/17	mié 13/09/17	4
<i>Armado y Ensamblado de estructura del proyecto</i>	14 días	mié 13/09/17	lun 02/10/17	5
<i>Instalación de dispositivos electro neumáticos</i>	2 días	lun 02/10/17	mar 03/10/17	6
<i>Cableado de los dispositivos electro neumáticos</i>	1 día	mar 03/10/17	mié 04/10/17	7
<i>Conexión de entradas y salidas al PLC.</i>	2 días	mié 04/10/17	vie 06/10/17	8
<i>Programación al PLC</i>	4 días	vie 06/10/17	mié 11/10/17	9
<i>Pruebas Iniciales</i>	3 días	jue 12/10/17	lun 16/10/17	10
<i>Prueba Final</i>	2 días	lun 16/10/17	mié 18/10/17	11
FIN				

Fuente: Elaboración propia

11. Costos del proyecto

Según el PMbook (5ta edición), La Gestión de los Costos del Proyecto incluye los procesos relacionados con planificar la gestión de costos, estimar los costos, determinar el presupuesto y controlar los costos.

Para el prototipo automático de llenado, mezclado y sellado de envases de pintura se investigó los componentes que se utilizarían para completar el prototipo y se realizó un registro del costo de todos los componentes.

La tabla 2 detalla los costos asociados a la implementación del prototipo.

Tabla N°02: Costos del prototipo

<i>Cant.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Total (S/.)</i>
1	Estructura de metal del proyecto	S/. 400
1	Faja Transportadora Industrial	S/. 120
1	Cruz de Malta	S/. 50
1	Dispensador de tapas	S/. 50
3	Motores de 24 VDC	S/. 60
1	Dispositivo Batidor	S/. 10
2	Cilindros neumáticos de doble efecto de Diámetro 6mm	S/. 160
2	Electroválvulas 5/2	S/. 100
3	Válvulas Solenoides	S/. 180
2	Sensor Óptico	S/. 120
3	Pulsadores	S/. 15
1	Reductor de velocidad de 12VDC	S/. 20
1	PLC SIEMENS S7-1200	S/. 1200
6	Cables cocodrilos	S/. 6
2	Metros de mangueras de poliuretano de 6mm	S/. 8
1	Relé	S/. 10
1	Transformador 24 VAC	S/. 20
4	Sensores magnéticos	S/. 320
<i>COSTO TOTAL</i>		<i>S/. 2,849</i>

Fuente: Elaboración propia

12. Conclusiones

- El tiempo del proceso automático de llenado, mezclado y sellado de envases de pintura se redujo en un 87.7%. Eso conlleva a un menor tiempo de respuesta ante la solicitud del cliente.
- El proceso automático evita el reproceso en el llenado de tintes, es decir ya no es necesario realizar una inspección de llenado de tintes. En donde cada recipiente suministra los diferentes tintes en el envase en un intervalo de tiempo determinado por el pulsador y de esa manera obtener el color deseado, reduciendo 5 segundos utilizados en el proceso manual.
- Las horas de mano de obra en el proceso automático se reduce en un 88.23%, lo que conduce a la reducción notable de los costos de mano de obra, pues el tiempo empleado por mano de obra en el proceso automático de llenado, mezclado y sellado del envase es de 8 segundos respecto al proceso manual que emplea 68 segundos.
- El sistema de llenado de envases automatizado reduce el tiempo de llenado en un 83.3% ya que cuenta con un sensor capacitivo que detecta el envase para iniciar el proceso de llenado de manera automática. En la operación subsiguiente mezclado de pintura la mezcla de tintes es más homogénea con la utilización del motor mezclador de 24 VDC además que se reduce el tiempo en un 93.3%.

6. Literatura Citada

- ASME - *American Society of Mechanical Engineers* (1974). New York, EE.UU
- Castaño, V. (2016). *Automatización fundamentada II. Estrategias complementarias*. Venecia, Italia: Illustrated.
- Cembranos, F. J. (2002). *Sistemas de control secuencial*. Paraninfo, Madrid ,183
- Creus, A. (2012). *Neumática e Hidráulica*. Barcelona, España: Marcombo
- Ebel, F. et al (2008). *Fundamentos de la técnica de la automatización*. Denkendorf, Alemania: Festo Didactic
- Fernández y Lezama (2005). *Sensores magnéticos e inductivos*. México, Hidalgo
- Guadayol, J.M. y Medina, J.L. (2010). *La automatización en la ingeniería química*. Barcelona, España: Universidad Politécnica de Catalunya. Iniciativa Digital Politécnica.
- Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (s.f.). *Guía PMBOK*. (5ta edición). EE.UU
- Lamb, F. (2013) *Industrial Automation: Hands-On*. New York, EE. UU: McGraw-Hill Education.
- Mandado y Fernández. (2009). *Autómatas programables y sistemas de automatización*. Barcelona: Marcombo

- Millán, S.** (1995). *Automatización Neumática y Electro neumática*. Barcelona, España: Marcombo
- Niebel y Freivads** (2012). *Ingeniería Industrial (métodos, estándares y diseño del trabajo)*. ALFAOMEGA Grupo Editor.
- Solbes i Monzó, R.** (2014). *Automatismos Industriales. Conceptos y procedimientos*. Valencia, España: Nau Llibres.
- Torres, J.C.** (2006). *Diseño asistido por ordenador*. 4ª Curso Ingeniería Informática, Dpt. Lenguajes y Sistemas Informáticos. ETS. Ingeniería Informática. Universidad de Granada. Granada, España
- Vásquez, M.** (2003). *El fin del trabajo. Nuevas tecnologías contra puestos de trabajo: el nacimiento de una nueva era*. Revista manufactura industrial. EE. UU.

REVISTA DE INVESTIGACIÓN MULTIDISCIPLINARIA



<http://www.ctscafe.pe>

Volumen III- N° 8 Julio 2019

*Contáctenos en nuestro correo electrónico
revistactscafe@gmail.com*

100

Página Web:

www.ctscafe.pe

Blog:

<https://ctscafeparaciudadanos.blogspot.com/>

Facebook

<https://www.facebook.com/Revista-CTSCafe-1822923591364746/>