

Research Article

Prototype of Automated Machine for the Packaging of Water Drums

Prototipo de Máquina Automatizada para el Proceso de Envase de Bidones de Agua de Mesa

Iván Silva¹, Julio Moyano^{2*}, Eduardo García², and Juan Cayán²

¹Investigador Independiente

²Grupo de Investigación, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador

ORCID

Iván Silva: <https://orcid.org/0000-0001-6672-9409>

IV INTERNATIONAL
CONGRESS OF
ENGINEERING FACULTY OF
MECHANICS (IV COINTI
2021)

Corresponding Author: Julio
Moyano; email:
j_moyano@epoch.edu.ec

Published: 31 August 2022

Production and Hosting by
Knowledge E

© Iván Silva et al. This article is distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](#), which permits unrestricted use and redistribution provided that the original author and source are credited.

Abstract

The purpose of this study was to make a prototype for the packaging of water in drums in the city of Riobamba, Ecuador. It started with the mechanical design and the structural analysis of the drum structure using the SolidWorks software, followed by the selection of elements for the construction of the prototype, and the automation of the process using Siemens LOGO 8. Using a free software LOGO SOFT from the same line of the same manufacturer, it was proceeded to elaborate the programming by blocks. Next, the filling process was analyzed and a heat tunnel was designed. The heat tunnel comprised a structure incorporated with a pneumatic cylinder, allowing the vertical movement of the rod of coupling with the drum. Finally, the test results were registered which showed that 8220 drums of water can be packed in a month. The data from the field tests showed that a misadjustment was produced in the niquelina nozzles of the drums. The replacement of the nickeline nozzles with halogen lamps as a new system can prevent unplanned stops in the production line. An analysis of the point of balance of the prototype was realized, where it was established that a total 29,793.37 units must be packed annually so that the project does not generate an economic loss to the company.

Keywords: *automation, productivity, drums, water, logo.*

Resumen

El propósito del trabajo es realizar un prototipo para el envase de agua en bidones en la ciudad de Riobamba, se inicia con el diseño mecánico de su estructura por medio de la utilización del software SolidWorks donde se hace el análisis estructural, luego la selección de elementos para la construcción del prototipo, finalmente se realiza la automatización del proceso empleando LOGO 8 marca Siemens; donde utilizando un software libre LOGO SOFT de la misma línea del fabricante, se procede a elaborar la programación por bloques, a continuación se efectúa el análisis del proceso de llenado donde se diseña un túnel de calor que consta de una estructura donde se incorpora un cilindro neumático permitiendo que el movimiento vertical del vástago de acople con el bidón y finalmente se registra las pruebas en la que se consigue mensualmente envasar 8220 bidones de agua. En las pruebas realizadas en campo se toman los datos del funcionamiento y se determinó que en el sellado se producía un desajuste en las boquillas de niquelinas en el sellado del recipiente de los bidones de envase del agua, sustituyendo dicho elemento para corregir por lámparas halógenas como nuevo sistema evitando posibles paros en la línea de producción, finalmente se realiza un análisis del punto de equilibrio del prototipo donde se llega a establecer que se debe envasar un total 29793.37 unidades anualmente para que el proyecto no genere pérdidas económicas en la empresa.

Palabras Clave: *automatización, productividad, bidones, agua, logo.*

 OPEN ACCESS



1. Introducción

La Humanidad ha atravesado transformaciones una de ellas son las revoluciones Industriales, donde los cambios en la parte económica, social, cultural y tecnológica han dado lugar a inventos e innovaciones que han marcado la historia de la humanidad [1], siendo la investigación científica y tecnológica en los procesos de innovación han marcado y priorizado este desarrollo.

En la industria actualmente sus procesos utilizan la automatización industrial, donde la necesidad de reducir la mano de obra, incrementar la productividad, disminuir costos [2], mejorar los procesos en relación a la exactitud y estabilidad, disminuir tiempos de procesos, suprimir el contacto humano en actividades manuales con elementos cuyos procesos sean referentes a inocuidad alimentaria [3].

Con la automatización las labores se programan con determinados patrones dando en su proceso más eficiencia y confiabilidad [4], de igual forma los fallos en el sistema se detectan en forma instantánea [5], en el entorno empresarial actual en el campo de productos envasados, especialmente en el procesamiento del recurso vital que es el agua, se debe realizar con las medidas de seguridad Industrial e higiénicas, hoy en día el consumo de agua en botellas como bidones se ha incrementado, según Enemdu 2016 detallada en la Tabla 1 se pregunta si el hogar le da algún tratamiento al agua para beber. En los resultados, se observa que de las familias creen que el agua es apta para beber 39%, el 36,1% dan un tratamiento; mientras que entre los hogares que creen que el agua no es apta para beber, el 63,4% le da algún tratamiento. En [6] la opción agua en botella, funda o bidones forma parte del otro tratamiento llegando a un valor de 24.9%

Table 1

Tratamientos que dan los hogares al agua.

Tratamientos que dan los hogares al agua para beber	Creen que el agua es apta para beber	Creen que el agua no es apta para beber	Todos los hogares
La beben tal cual llega el agua	39.0%	24.2%	35.6%
La hierven	36.1%	63.4%	42.4%
Otro tratamiento	24.9%	12.4%	22.0%
Total	100%	100%	100%

Fuente: Molina, Pozo y Serrano (2018).

En la industria alimentaria en el proceso del agua embotellada, el crecimiento de su producción es muy elevado, por lo que se necesita aplicar nuevos métodos de automatización para garantizar la existencia un producto seguro y de alta calidad

2. Materiales y Métodos

En la Figura 1 se ilustra la metodología de la elaboración del prototipo para envase de bidones de agua, en la empresa que forma parte del estudio requiere una nueva línea de producción, así incrementar su cartera de productos que ofrece a sus clientes, en primer lugar, se realiza un análisis de requerimientos técnicos y se lo hace estudiando las necesidades en el mercado como las planteadas de la investigación. La segunda etapa se refiere a la utilización de Software tanto CAD como SOLIDWORKS en lo relacionado al diseño, luego a la elección del hardware y software libres que van a ser útiles para la programación. La tercera fase es la implementación en línea para finalmente realizar las pruebas de funcionamiento donde se verifica los parámetros técnicos para que tenga un óptimo funcionamiento.

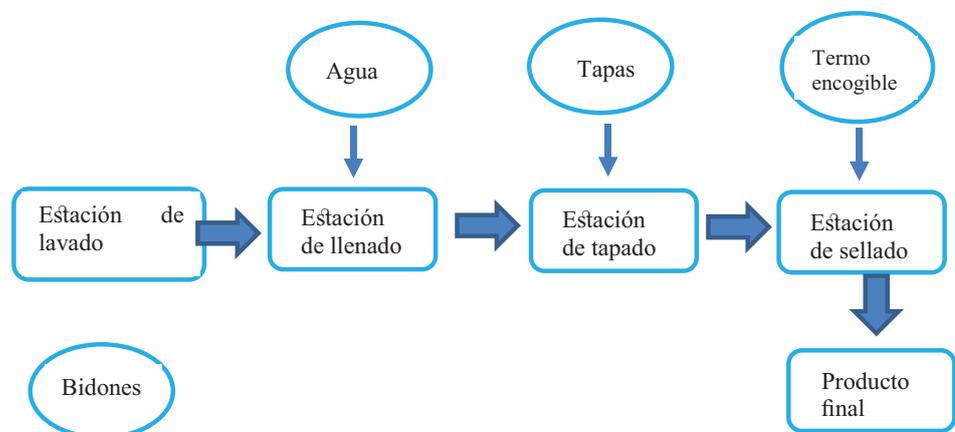


Figure 1

*Fases del desarrollo para la elaboración del prototipo de envasado de bidones agua.
Elaborado: Autores.*

2.1. Modelo y planos del prototipo

Para este trabajo se define los parámetros necesarios que debe cumplir el sistema, a continuación, detallamos todas las características necesarias para poner en funcionamiento el prototipo de envase de agua en bidones, donde se selecciona los parámetros indicados en la Tabla 2

**Table 2**

Parámetros de diseño del prototipo.

ESTACIÓN DE LLENADO		
Materia prima	VARIABLES A CONTROLAR	UNIDADES
Agua	Volumen	Litros
	Presión	Psi
	Tiempo	Segundos
	Desplazamiento del vástago	Centímetros
ESTACIÓN DE TAPADO		
Materia prima	VARIABLES A CONTROLAR	UNIDADES
Tapas del bidón	Presión	Psi
	Desplazamiento del vástago	Centímetros
	Tiempo	Segundos
ESTACIÓN DE SELLADO		
Materia prima	VARIABLES A CONTROLAR	UNIDADES
Termo encogible	Temperatura	Grados Centígrados
	Tiempo	Segundos
	Desplazamiento del vástago	Centímetros
ESTACIÓN DE TAPADO		
Materia prima	VARIABLES A CONTROLAR	UNIDADES
Agua	Temperatura	Grados Centígrados
	Tiempo	Segundos
	Presión	Psi

Elaborado por: Autores.

2.2. Requisitos necesarios en la parte estructural

Se debe seleccionar un material que tenga características de resistencia corrosiva al agua, trabajar en altas temperaturas, este diseño se lo realiza en CAD, solid works donde permite modelar las piezas, ensambles, subensambles y la simulación respectivamente, gestionando así los datos del proceso inicial que es diseño de la parte estructural del prototipo.

2.3. Requisitos necesarios para el llenado de agua en bidones

Uno de los elementos iniciales es contar con un tanque donde se almacena el agua y cuente con la capacidad óptima para el dimensionamiento de tuberías, acoples, accesorios que van a ser útiles de acuerdo a los volúmenes de producción especificado.

2.4. Requisitos para el tapado

En esta etapa se selecciona los actuadores neumáticos de acuerdo a parámetros técnicos determinados con anterioridad y útiles para el proceso de fabricación. Requisitos para el sellado En esta parte con una selección adecuada del controlador y un actuador, se realiza el control de temperatura en el túnel de calor, donde en primera instancia se utiliza las niquelinas donde alcanzan una temperatura de fusión del plástico, característica que permite un sellado hermético con la boca de la cabeza del botellón, realizado las pruebas y para prevenir paros y un sellado de calidad se utiliza lámparas halógenas

2.5. Conexión de entradas y salidas del Logo

En esta fase se debe configurar el lenguaje de programación de acuerdo al controlador, utilizando bloques para poder cargar en el Logo, todo este proceso se hace con creación de espacios intuitivos donde la simulación se lo haga en modo red, permitiendo la conexión con el Logo y en esa forma poder monitorear la programación en tiempo real.

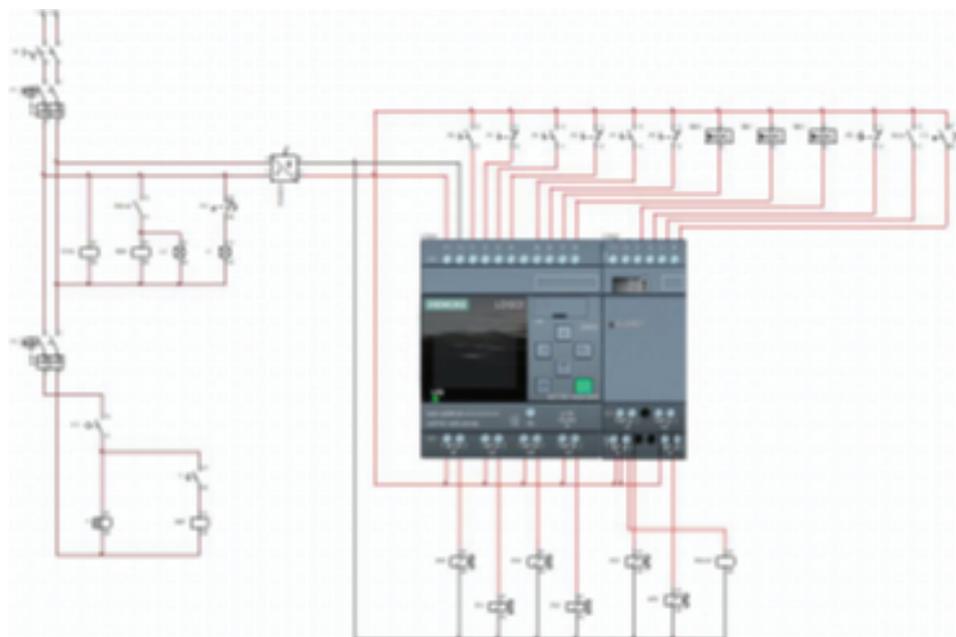


Figure 2

Inputs–outputs LOGO. Elaborado por: Autores.



Una de las formas de conexión entre la pantalla y el logo es por un sistema de cableado con ethernet, la programación se lo efectúa en el mismo programa, la ilustración de la Figura 2 se muestra el sistema neumático de la línea de producción, donde utilizamos 6 cilindros de doble efecto, cada uno de estos poseen una electroválvula de 5/2, capaz que el aire que ingresa es regulado por una unidad de mantenimiento.

2.6. Desarrollo de la programación

Para la programación al ser un programa donde se lo realiza en forma secuencial, identificando las variables consideradas para el proyecto, siendo la Tabla 3 que muestra las entradas - salidas y varios elementos del programa que va gobernar el sistema.

Table 3

Variables consideradas para la programación.

TABLA DE VARIABLES DE PROGRAMACIÓN (ELÉCTRICO)						
ENTRADAS			SALIDAS		VARIOS	
Botón (llenado)	verde	PO	Electroválvula (Llenado)	EV0	contactor	KM1
Botón (llenado)	rojo	P1	Paso 1	EV1	Relé de nivel	Rnivel
Botón (Tapado)	verde	P2	Electroválvula(tapado)	EV2	Selector de levas	S1
Botón (Tapado)	rojo	P3	Paso 2	EV3	Luz piloto verde	L0
Botón (Sellado)	verde	P4	Electroválvula(tapado)	EV4	Luz piloto roja	L1
Botón (Sellado)	rojo	P5	Paso 3	EV5		
Sensor llenado		SMD	Relé de riel	rele		
Sensor tapado		SM1				
Sensor sellado		SM2				
Paro emergencia	de	PE				
Relé de nivel		nivel				
Térmico		NA.R				

Elaborado por: autor

2.7. Esquema del programa en logo soft

Los elementos importantes para controlar el proceso de llenado del volumen de agua son: el sellado, el tapado con temporizadores, de igual forma el accionamiento se lo realiza a través de la activación de botoneras en cada estación.

En el momento de activar el botón “iniciar” se activa de forma inmediata la electroválvula del llenado y en un tiempo determinado se desplazan los cilindros hacia la boca del botellón para cumplir con el sellado respectivo, cuya presentación de variables se ilustra en la Tabla 3 y el esquema de programación en el logo soft, se ilustra en la Figura 3.

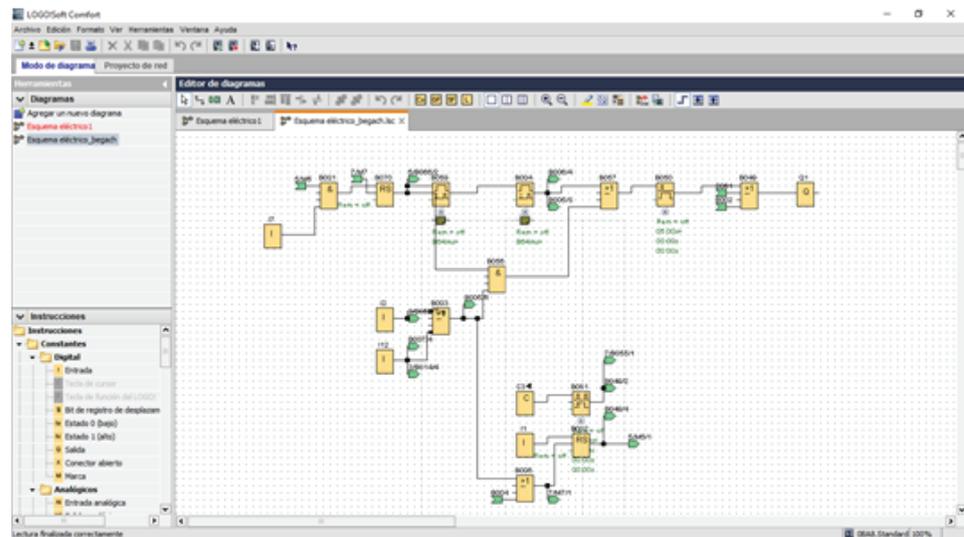


Figure 3

Figura 3: Esquema de programación logo soft. Elaborado por: Autores.

2.8. Análisis de la estructura para la producción de llenado de bidones de agua

En la estructura mostrada en la Figura 4 se hace un análisis de las fuerzas aplicadas, donde se toma en consideración el peso ejercido del sistema en la línea de producción de los bidones de agua, con una fuerza de 980 N, esta fuerza nos da de la suma de fuerzas de la máquina y elementos eléctricos acoplados en la misma, en el programa SolidWorks se hace el estudio en puntos fijos y las esquinas donde más peso soporta la máquina, esto es gracias a los apoyos de las patas de la estructura que se encuentran en las esquinas, por ende, las fuerzas se aplicaran de forma perpendicular sobre las mismas.

El transporte implementado es a través de rodillos que se encuentran ubicados en la estructura, esto permite disminuir la fricción entre la bandeja de los bidones para facilitar el movimiento entre las dos superficies, la estructura es de un acero AISI 316 utilizado para procesamientos de productos alimenticios.



de expansión indicado en la Tabla 4 de elementos eléctricos que se va a necesitar para el proyecto resultó que para la programación se contaba con más entradas de las cuales dispone el logo por lo que se optó por la añadidura de un módulo de expansión para poder solventar este problema, el logo implementado es un logo 8.3 versión 1224, su alimentación se realiza a 24 voltios

Table 4

Elementos del tablero eléctrico.

Elemento	Cantidad
Selector de levas	1
Breker de 2 polos 20A	1
Breaker de 2 polos 6 A	1
Fuente de 24 v LOGO	1
LOGO V8	1
Módulo de expansión	1
Relé encapsulado y base	1
Contactador siemens	1
Térmico siemens	1
Electroválvulas	6
Borneras de riel	28

Elaborado por: Autores.

2.11. Resultados

En la Figura 6 se muestra el funcionamiento del prototipo, se hace en base al soporte de la carga en el momento del envase de los bidones de agua, el desplazamiento del vástago del cilindro, la funcionalidad del sensor de paro, inicio, pruebas de fuga por la tubería y accesorios del líquido, tiempo de llenado

En las diferentes pruebas del prototipo, el funcionamiento del actuador es normal sin ningún tipo de retrasos, el sensor de detección de proximidad de la bandeja es muy buena desactivándose de forma precisa luego de finalizar el llenado, el tiempo de llenado del botellón es de 45 segundos, importante valor que se registra en la programación Prueba de funcionamiento del tapado

En la Figura 7 muestra las pruebas que se van a realizar con las corridas del vástago del cilindro neumático, calidad del tapado, funcionamiento del sensor de paro y funcionamiento de los botones de inicio y paro.



Figure 6

Prueba de vástago del cilindro neumático. Elaborado por: Autores.



Figure 7

Estación de tapado. Elaborado por: Iván Silva (2021).

En los registros de los resultados se establece un tiempo de 30 segundos donde se calienta el túnel, pero no se produce el sellado del bidón, es a partir de un tiempo de 35 a 45 segundos el recipiente ofrece un acabado bueno de sellado.

Se diseñó un túnel Figura 8 es uno de los elementos importantes en el proceso de llenado del bidón de agua donde en la estructura elaborada de tubo cuadrado de 2 cm de AISI 316 se ensambla un cilindro neumático fijo que hace posible el desplazamiento vertical donde se encuentra ubicadas las lámparas halógenas ayudando en

gran medida la dispersión del calor para el sellado perfecto de los 3 recipientes que contiene el líquido.



Figure 8

Estación de sellado. Elaborado por: Autores.

El túnel de calor se ubica en la estación de sellado, siendo una parte fundamental dentro de la misma la cual nos permite el sellado homogéneo de la tapa del bidón de agua, constituido con lámparas halógenas que se sitúan alrededor de las cabezas de los botellones, en un total de 3 lámparas con una distancia de 10 cm cada una, ayudando a que el calor sea envolvente; para el funcionamiento de este túnel posee su propio tablero de control, donde se dispone de temporizadores para la operación manual.

Los parámetros que se tomaron en cuenta para el diseño de este fueron la distancia entre los centros de los botellones, la intensidad calorífica de las niquelinas que está alrededor de los 250 a 350 grados centígrados los mismos que fueron modelados en SolidWorks.

La temperatura se controla a través del tiempo de exposición del túnel de calor en la cabeza de los botellones, en donde con una serie de pruebas de funcionamiento con diversos tiempos con las niquelinas se estabilizan en un rango de temperatura por lo cual no se necesita un controlador de temperatura Figura 9.



Figure 9

Tunel de calor. Elaborado por: Autores.

2.12. Costos de implementación

Los costos de instalación tanto directos como indirectos de detallan en la siguiente Tabla 5 que tiene un valor de 8380,55 USD, mostrando los elementos indispensables para la construcción del prototipo.

2.13. Costos indirectos

Los costos indirectos que ayudan a este proyecto suman 1381.74 USD ilustrada los detalles en la Tabla 6.

Los costos totales tienen un valor total de 9762,29 que resulta de la suma de 8380,55+1381,74 Punto de equilibrio

Una de las herramientas para verificar que es factible el proyecto es determinar el punto de equilibrio, siendo los cálculos determinados indicados a continuación $P.E\$ =$

$$P.E\$ = \frac{\frac{\text{costos fijos}}{\text{costos variables}}}{\text{ventas totales}}$$

$$P.E\$ = \frac{55443,54}{\frac{13717,94}{197280}}$$

$$P.E\$ = 797377.74$$

Para el analisis de perdidas y ganancias se deberá aplicar la fórmula siguiente en el cual representa.

$$P.E.U = \frac{\text{costos fijos} \times \text{unidades producidas}}{\text{ventas totales} - \text{costos variables}}$$

$$P.E.U = \frac{55443,54 \times 98640}{197280 - 13717,34}$$



Table 5

Costos directos de implementación.

COSTOS DIRECTOS DE IMPLEMENTACIÓN			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNI	VALOR TOTAL
ESTRUCTURA ACERO INOX	1	4500	4500
TABLERO	1	45,2	45,2
LOGO 8	1	190	190
FUENTE	1	85	85
MODULO DE EXPANSIÓN	1	90	90
BREAKER	1	5,6	5,6
BREAKER	1	7,4	7,4
RELE ENCAPSULADO	1	2,55	2,55
BASE DE RELE	1	2,25	2,25
CONTACTOR	1	46,52	46,52
TERMICO	1	32,5	32,5
ELECTRO VALVULAS	6	126	756
BORNERAS	20	0,2	4
MOTORES 2 HP	3	360	1080
CILINDROS NEUMATICOS	3	189	567
MANGERAS	1	20	20
DOSIFICADORAS	3	25	75
NYLON 6	3	5	15
TUNEL DE CALOR ESTRUC	1	420	420
LAMAPARAS HALOGENAS	6	0,2	1,2
TIMER		32,2	0
BREAKER	1	5,26	5,26
BOTONERAS	3	5,3	15,9
LUZ VERDE	2	1,45	2,9
LUZ ROJA	2	1,45	2,9
PARO DE EMERGENCIA	1	2,15	2,15
PANTALLA LOGO TDE	1	1,7	1,7
CONTROLADOR DE TEMPERATURA	2	35,5	71
PULSADOR	1	2,15	2,15
RODILLOS NYLON	5	8,9	44,5
TAYPE	5	0,6	3
CABLE 16	400	0,3	120
CABLE 10	25	1,25	31,25
UNIDAD DE MANTENIMIENTO	1	109,14	109,14
TEFLON	3	1,43	4,29
CANALETA GRIS	2	2,62	5,24
RIELDIN	2	1,25	2,5
ENCHUFE	3	2,15	6,45
TERMINALES	100	0,05	5
TOTAL			8380,55

Elaborado por: Autores.

 $P.E.U = 29793.37 \text{ unidades}$

**Table 6**

Costos indirectos de implementación.

COSTOS INDIRECTOS			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNI	VALOR TOTAL
BROCA	5	1,3	6,5
SIERRA	2	2,12	4,24
DETERGENTE	2	0,5	1
COMPUTADORA	1	850	850
TRANSPORTE	1	200	200
ALIMENTACION	1	200	200
IMPREVISTOS	1	120	120
TOTAL			1381,74

Elaborado por: Autores.

Se requiere producir 29793.37 bidones de agua anual de mesa para no registrar pérdidas ni ganancias

3. Conclusiones

1. Se realizó un modelado y análisis estructural obtenido un desempeño óptimo de funcionamiento a través de CAD Y SOLID WORK
2. El proceso de llenado, tapado, sellado se lo hace cada 3 unidades.
3. En la implementación se obtuvo un tiempo de 30 segundos para el llenado líquido, una distancia de 20 centímetros que debe recorrer el vástago para generar el tapado, un intervalo de temperatura de 35 a 45 grados centígrados para generar el sellado óptimo

References

- [1] Camara y Comercio de Medellín. 2018. Automatización de los procesos industriales. Buenas Prácticas empresariales [Internet]. 2018. p. 123–131. Available from: <http://herramientas.camaramedellin.com.co/Inicio/Buenaspracticasesempresariales/BibliotecaProducciónyOperaciones/Automatizaciodelosprocesosindustriales.aspx>
- [2] Punina APC. Globalización: Revolución industrial y sociedad de la información. Revista CIENCIA [Internet]. 2017;19:269–284. Available from: <https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:eKECBWt6tz4J:scholar.google.com/+la+primera+revolución+industrial+se+da+por+el+uso+de+las+máquinas+con+>



la+máquina+de+vapor+como+principal+invento(siglo+XVIII).+Luego+aparece+la+segunda+r

- [3] Córdoba Nieto E. Manufactura y automatización. Revista Ingeniería e Investigación [Internet]. 2006;26(3):120–128. Available from: <http://revistas.unal.edu.co/index.php/ingeinv/article/view/14761>
- [4] Supelano KL. Modelo de automatización de procesos para un sistema de gestión a partir de un esquema de documentación basado en Business Process Management (bpm). Revista Universidad y Empresa. 2015;17(29):131–155.
- [5] Molina A, Pozo M, Serrano J. Agua, saneamiento e higiene: Medición de los ODS en Ecuador. NEC & UNICEF [Internet]; 2018.
- [6] Quintero OL, Medina H, Pineda EA. Automation for dosing reactives in coal classification. Visión Electrónica [Internet]. 2017;11(1):45–54.