

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA LÍNEA PROTOTIPO DE DESMOLDEO
AUTOMÁTICA DE ONE PIECE PARA LA EMPRESA FRANZ VIEGENER AREA
ANDINA S. A.**

Edgar Mauricio Cruz Jácome

**Departamento de Energía y Mecánica – Carrera de Ingeniería Mecatrónica
Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE**

RESUMEN

El presente proyecto de grado, denominado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA LÍNEA PROTOTIPO DE DESMOLDEO AUTOMÁTICA DE ONE PIECE PARA LA EMPRESA FRANZ VIEGENER AREA ANDINA S. A.”, se plantea con el objetivo de desarrollar una línea de producción prototipo, que sea ergonómica para el operario encargado de la misma y además tenga un manejo centralizado, automático, de fácil manipulación y amigable con el usuario. La misma se diseña para una producción diaria de 40 piezas. Con estos requerimientos gracias al diseño mecatrónico implementado se pueden resolver cada uno los problemas que involucran desmolde neumático de la pieza, desmolde hidráulico y prensado de las tapas, además de un control secuencial del proceso conformado de la pieza desde en cada una de sus fases desde el llenado al soplado. Cada uno de estos aspectos garantiza un mejor trabajo pesado para el operario lo que ayuda a un mejor desempeño en los acabados a realizarse en la pieza. Finalmente se establecen las debidas pruebas de funcionamiento y de calibración de cada uno los elementos, mostrando de esta manera todos las ventajas

obtenidas en el proceso y que de esta manera se asegura un controla más exacto en los tiempos del proceso, y por otro lado una menor fatiga en los operarios porque se le brinda una mayor ergonomía en todo el proceso.

ABSTRACT

This graduation project, called “DESIGN AND CONSTRUCTION OF A PROTOTYPE AUTOMATIC LINE DEMOULDING FOR ONE PIECE FOR COMPANY FRANZ VIEGENER ANDEAN REGION S.A.”, is proposed with the aim of developing a prototype production line, that is ergonomic for the operator in charge of the same and also has a centralized, automatic, easy to handle and user-friendly handling. It is designed for a daily production of 40 pieces. With these requirements implemented through the mechatronic design can solve everyone's problems involving pneumatic demolding, hydraulic demolding and pressing caps, well as a sequential control of the process consists of the workpiece from each of its stages from filling to blow. Each of these aspects ensures better for heavy work which helps the operator to perform better in the finished piece to be held in. Finally proper performance testing and calibration are established each element, thus showing all the advantages gained in the process and

thus ensures a more accurate controls in process times, and on the other hand, a less operator fatigue because it provides better ergonomics throughout the process.

PALABRAS CLAVE

Control secuencial, desmolde, ergonómico, llenado, prensado, prototipo.

KEY WORDS

Demoulding, ergonomic, filling, pressed, prototype, sequential Control.

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto está destinado a la construcción de una línea prototipo para producción de ONE PIECE, de acuerdo a los requerimientos de la empresa auspiciante para tener una producción de 800 piezas mensuales de manera automática evitando la menor intervención humana, tanto por hechos de ergonomía como de minimizar los errores. Contará con una interfaz humana máquina, fácil de manipular para las personas encargadas de las líneas. Y un control manual para calibración del equipo.



Figura 1. Partes de línea de conformación cerámica.¹

¹ UNIMAK, 2013.

Además se encamina en el mejoramiento y automatización de esta línea productiva, empezando con el diseño y construcción de la misma. El proceso arrancarían con el llenado y vaciado de los moldes en tiempos exactos con el uso de los actuadores necesarios. Además pensando en tener un mejor manejo de las piezas en los procesos de desmolde se desarrollarán mecanismos automáticos apropiados para el levantamiento de tapas y la extracción de la pieza del molde, asegurando con esto un mínima incidencia por errores humanos, acortando los tiempos en el proceso y asegurando que los operarios no realicen trabajos pesados ni repetitivos en la medida de lo posible dando ergonomía al proceso, teniendo todo el sistema bajo condiciones controladas de humedad y temperatura en trabajo y recuperación, contando el mismo con sistemas de ventilación dirigida de acuerdo a las necesidades del proceso.

2. CONTENIDO

2.1. Diseño Mecánico

La línea de desmoldeo la conforman cinco sistemas fundamentales, los cuales deben actuar de manera secuencial o conjunta dependiendo de cada uno.

El primero de ellos es el sistema de llenado de moldes, que lo ejecutan los coladores con la ayuda de un conjunto de válvulas que se deben abrir en los tiempos apropiados del proceso.

A continuación los sistemas de desmolde, que en primera instancia se debe encargar del levantamiento de las tapas, de manera conjunta, procurando que estas no dañen la pieza ya formada. Y continuando con el desmolde de la pieza ya terminada que con el coche debe permitir desmoldar cada una de las piezas de la línea de producción una por una en el menor tiempo posible y con el menor esfuerzo que amerite el caso. En todo momento los sistemas de ventilación dirigida de cada una de las líneas deben actuar independientemente el uno del otro, y de la misma manera el sistema de calefacción debe permitir tener las condiciones apropiadas para el proceso.

Cada uno de estos elementos tomados anteriormente en cuenta se deben definir completamente y diseñar para que la línea de producción cumpla con los requerimientos establecidos.

2.1.1. Diseño de la estructura

De acuerdo a las especificaciones dadas por la empresa FV Área Andina S. A. los elementos estructurales tienen como finalidad principal soportar tantos los moldes y las piezas terminadas, además de los elementos hidráulicos y neumáticos para el desmolde, todo esto se lo implementa en un área dispuesta por la misma empresa.

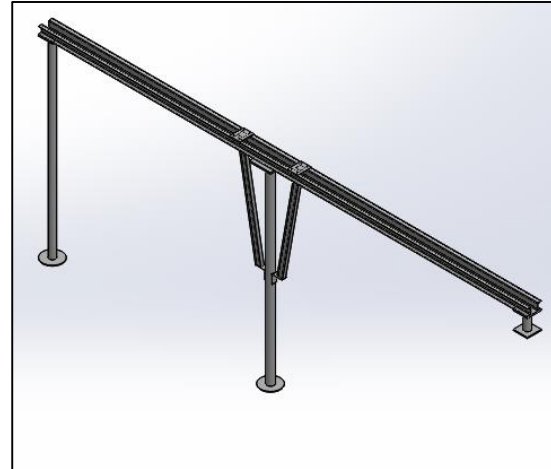


Figura 2. Estructura de soporte

Para el mismo se realizan los respectivos cálculos estáticos y simulaciones en SOLIDWORKS.

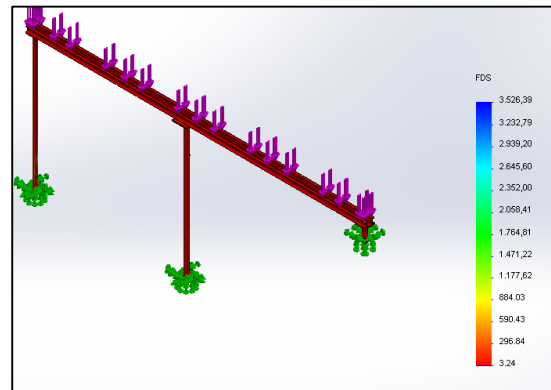


Figura 3. Análisis de Factor de seguridad.

2.1.2. Diseño del mecanismo de prensado y desmoldeo

Para el mecanismo de prensado, el apropiado sistema de prensado y levantamiento es con cilindros hidráulicos con guías laterales para evitar desgaste en los cilindros, como el mostrado en la figura 4.

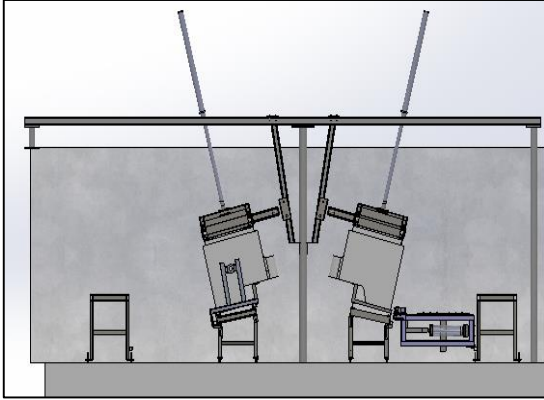


Figura 4. Levantamiento inclinado.

Para el dimensionamiento de los cilindros hidráulicos, se estima tanto la fuerza para levantar el grupo de tapas y la fuerza para prensar.

El peso que se va a levantar es de 600 kilogramos, por lo que la fuerza que debe generar por parte de cada uno de los cilindros es de 200 kilogramos aproximadamente para la elevación de las tapas.

Para el prensado, se debe mantener el grupo de tapas sin elevarse ni moverse, lo que implica que los cilindros hidráulicos deben contrarrestar la fuerza generada por la barbotina dentro de los moldes es decir el empuje, por lo tanto.

$$E = \rho g V \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde la densidad de la barbotina es cerca de:

$$\rho = 1,8 \frac{gr}{cm^3} = 1850 \frac{kg}{m^3}$$

$$E = 217,5 \text{ kg}$$

La línea al contar con diez moldes, el empuje total generado por el grupo de moldes es de:

$$E = 2175 \text{ kg}$$

Un factor importante para el dimensionamiento del cilindro hidráulico que se debe tomar en cuenta es el pandeo del eje por la distancia que debe extenderse para presionar, que es de un metro para no tener problemas con el desmolde, para el cálculo del mismo se emplea la siguiente formula:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 * E * I}{L_k^2} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

$$d = 62.4 \text{ mm} , \text{ con un } fs \text{ de } 1.8$$

Donde se toma el más cercano comercialmente, que es de 63.5 mm o de 2 ½ pulgadas.

2.1.3. Sistema de volteo y levantamiento de la pieza

La mejor alternativa para el volteo y levantamiento de la pieza, es un coche desmoldador, completamente neumático, cuyo modo de accionamiento para el giro es por medio de palancas y para el apriete es por cuñas accionadas con mini cilindros neumáticos, un esquema principal del coche se aprecia en la figura 5

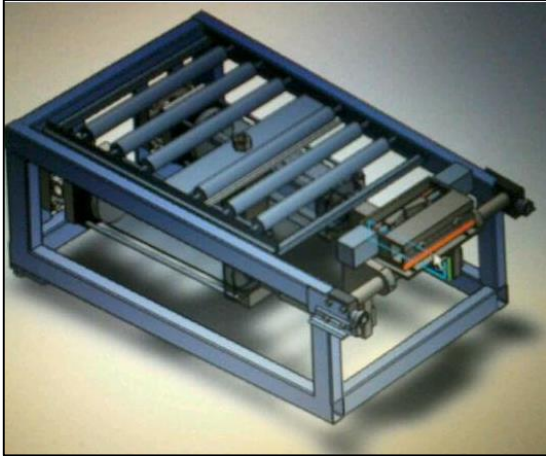


Figura 5. Coche desmoldador.

El mecanismo a emplear es de palanca, en el que un movimiento lineal, provoca un movimiento de rotación como se muestra en la figura 6.

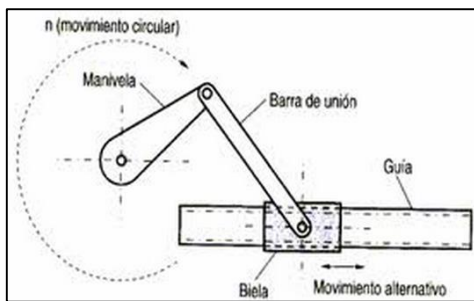


Figura 6. Mecanismo de volteo.

Para la alimentación de todos los circuitos neumáticos, se empleará el sistema de aire comprimido de la empresa por lo que todos deberán contar con unidad de mantenimiento o FRL, con un circuito de control neumático secuencial por seguridad del operario.

El resultado del sistema mecánico se aprecia en la figura 7.



Figura 7. Línea automática

2.2. Diseño electrónico, automatización y control

El control se lo realiza en dos fases del proceso, las mismas que son el llenado conjuntamente con la conformación de la pieza, y el prensado y levantamiento de las tapas. Cada uno de ellos se cumple en tiempos exactos programados manualmente por el operario dependiendo del tiempo que llevan trabajando los moldes.

El control debe ser ejecutado por los tiempos del proceso, configurados previamente por el operario, los mismos pueden ser variados, siempre y cuando no se desee variar un tiempo que este transcurriendo.

El control manual tiene preponderancia sobre el proceso automático. En cada uno de los actuadores. Además el proceso en caso de una emergencia se termina por un pulsador externo de seguridad.

Entonces el proceso de cebado activa el actuador para el cebado respectivo por el tiempo programado y el de llenado, para que la línea esté preparada para el llenado, en el mismo instante arranca el prensado de las

tapas, cabe recordar que siempre el prensado arranca con las tapas en la posición superior, esto quiere decir el sensor de la parte superior activado, el prensado se controla con el presóstato. En el tiempo de llenado el actuador de vaciado se debe cerrar, para que el actuador de llenado gobernado por el sensor de nivel alto, cumpla con el llenado correcto de la línea sin cortes, que causarían problemas en el proceso y fallas en las piezas que se forman. El actuador de soplado se activa durante el tiempo programado de igual manera que el actuador de vaciado. Finalmente se da un reposo para evitar cualquier restante de aire en la línea y se elevan las tapas hasta la posición del sensor superior, todo este proceso inicia con un botón de conmutación automático y cada uno de los tiempos se configura previamente por el operario de la línea que prepara la misma de manera manual, para tener un correcto desmolde.

Para el proceso descrito se seleccionan los actuadores y sensores correspondientes.

La mayoría son electro neumáticos para el llenado, como se muestra en la figura 8.

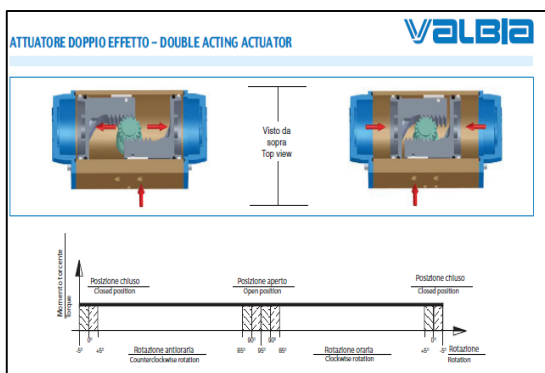


Figura 8. Actuador electroneumático.

2.3. Desarrollo de la interfaz y control por PLC.

Como se trata de un PLC 1200, el software de programación cuenta con programación estructurada, lo que quiere decir que se estructuran bloques de programa por el usuario, que pueden ser reutilizados en cualquier parte del programa.

De manera general se cuenta con dos procesos, uno automático y otro manual.

La interfaz íntegramente se la realiza mediante la pantalla touch de Siemens, el tipo como ya se indicó es KTP 600 Basic Color PN, la misma que es de 5,7 “, desde la cual y de acuerdo a las diferentes pantallas que se programen se podrá manejar las dos líneas, de manera separada.

De acuerdo a los requerimientos especificados la primera pantalla programada o inicial, desde la cual se podrá escoger a que línea controlar y la configuración de la fecha y hora del sistema, como se muestra en la figura 9.



Figura 9. Pantalla Touch.

Para la configuración se utiliza ingreso de los tiempos por textbox, cada uno

se lo hace individualmente y se lo puede configurar en las distintas fases del proceso. Estos tiempos solo son configurables en esta pantalla, mostrada en la figura 10. En las demás solo son para visualización. Estos tiempos son ingresados en minutos.



Figura 10. Configuración de tiempos.

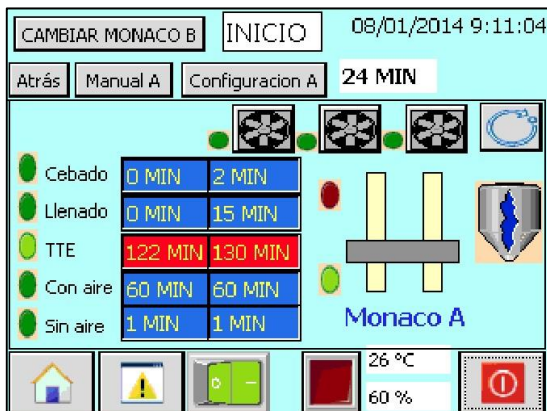


Figura 11. Pantalla de proceso.

3. Pruebas de funcionamiento y manual de usuario

3.1. Pruebas de sistemas mecánicos.

En primer lugar para el sistema neumático las pruebas se realizan con el desmoldador, empezando con el control neumático y el sistema de giro.



Figura 12. Calibración neumática.

Terminados ya los ajustes en el sistema neumático, para la calibración de la parte hidráulica que es más delicada por la fuerza que se debe manejar se procede con la calibración en la que se debe controlar dos temas, que son la uniformidad en el trabajo de los pistones en las dos líneas, lo que quiere decir que simultáneamente eleven o hagan el prensado, la velocidad con que se realiza el mismo y el límite de presión que tendrá cada sistema por separado.

Empezando con el tema del movimiento simultáneo de los tres pistones tanto a la subida como a la bajada, estos se calibran, con los reguladores de caudal, ubicadas en la cada una de las entradas ubicadas en los extremos de los cilindros.



Figura 13. Calibración hidráulica.

3.2. Resultado de las pruebas e instalación.

- Se eliminan errores en tiempos de llenado.
- Se reduce a la decima parte el tiempo en levantar las tapas, comparando al hacerlo manualmente.
- El riesgo de trabajo es mínimo por los mecanismos automáticos de desmolde implementados.
- Se consigue el máximo provecho de la ventilación forzada direccionada en recuperación de moldes y secado de piezas.
- Al implementar el prensado con pistones hidráulicos, se consigue un ahorro anual para la empresa en comparación con un sistema de prensado con mangueras de aire ya implementados.
- El uso de alarmas brinda un aviso al operario de la línea en que parte del proceso se encuentra.
- La interfaz amigable, da versatilidades en el proceso.
- El uso del desmoldador ahorra un 40% el tiempo, comparado

al que demoraría hacerlo manualmente.

- Los actuadores con control on/off por tiempo son precisos y evitan fatiga en los operarios en comparación a realizarlo manualmente

4. CONCLUSIONES

- La línea prototipo de desmolde automático cumple con todas las características establecidas, brindando un trabajo ergonómico al operario tanto al momento del llenado como en el desmolde, ofreciendo una interfaz amigable que permite una manipulación centralizada y autónoma de las dos líneas.
- Al contar con los sistemas de desmolde automáticos existe un ahorro sustancial del tiempo en el proceso, ya que todas las tapas se desmoldan y prensan al mismo tiempo, esto toma alrededor de un minuto el desmolde o el prensado, el proceso manual radica en hacerlo de uno por vez, el que llevaba como mínimo un minuto por molde, mostrando un ahorro del tiempo del 90%, además otorgando un sistema seguro para el trabajo de los operarios.
- La ayuda que brinda el coche desmoldador para el trabajo del operario además de ahorrar tiempo en el proceso de

desmolde de la pieza, libra al mismo de un trabajo extenuante y repetitivo, permitiendo de esta manera poder atender a los trabajos manuales en las piezas en cada una de las líneas.

- Se muestra una reducción en el tiempo de desmolde con el coche desmoldador, tomando en cuenta que al realizarlo de manera manual esta tomaba alrededor de cinco minutos. La reducción total del tiempo es de alrededor del 40% con respecto al que tomaría al hacerlo de manera manual.
- El tener el control de los tiempos de proceso más exacto, asegura que la formación de la pieza se cumpla de acuerdo a los parámetros establecidos y con el control del llenado elimina las imperfecciones en la pieza por cortes en el llenado.
- El prototipo presenta una versatilidad al cambio e instalación de otro tipo de modelos ONE-PIECE, siempre y cuando los mismos guarden similitud en las dimensiones exteriores de los moldes.
- La solución planteada de ventilación dirigida permite a la empresa auspiciante contar con un sistema que se puede replicar en las demás líneas y que se comprobó que mejora la

recuperación de los moldes y las piezas de manera significativa.

- Cada uno de los sistemas implementados cuentan con un nivel de mantenibilidad muy bajo ya que los sistemas neumáticos e hidráulicos son muy fiables y el manual de mantenimiento preventivo adjunto en el anexo C muestra la manera de alargar la vida útil de los elementos.

5. RECOMENDACIONES

- Como un sistema alternativo para brindar una mayor ergonomía al proceso, se puede pensar en transportadores neumáticos que ubiquen las piezas ya terminadas en los coches que son los encargados de llevar las piezas a la zona de secado.
- Debido al costo del sistema hidráulico, se puede pensar en una opción para trabajar con pistones neumáticos, siempre y cuando los mismos brinden las garantías en el prensado tanto de mantener sellados los moldes, ya que el aire es compresible y la esbeltez de los pistones, lo que quiere decir que los mismos no fallen.
- Para dar mayor seguridad en el prensado de la línea se pueden ubicar sensores en los costados de las líneas que adviertan de la presencia de

objetos extraños, provocando la detención del prensado.

- El manejo de un sistema centralizado de monitoreo y control, con almacenamiento de datos, resultaría útil para el caso de contar con un número mayor de líneas automáticas, para de esta manera poder tener un control estadístico tanto de los tiempos de proceso como de la durabilidad de los moldes.

6. BIBLIOGRAFIA

ASHRAE (La Sociedad Americana de Aire Acondicionado, Refrigeración y Calefacción). (2009). *ASHRAE Fundamentals 2009*.

Engineering Mannesmann Rexroth. (October de 2010). Hydro-electric pressure switch Type HED 8. *Series 1X Maximum operating pressure 630 bar*. Rexroth Hydraulics.

Harry, P. (1981). *Ingeniería Simplificada para arquitectos y constructores*. Editorial Limusa.

Italia Castello . (Diciembre de 2008). Thermoplastic Extrusion Specialist. *Espirales con espigas ES*. Italia: Castello Italia.

Italia castello. (Diciembre de 2008). Thermoplastic Extrusion Specialist. *Tubi per utilizzi particolari in pneumatica e* . Italia: Castello Italia.

Metalwork . (Noviembre de 1012). Pneumatic. *Catalogo Compatto*. Italia: Concesia BS.

Omega. (s.f.). User's Guide. *HX15 High Temperatura Relative Humidity/Temperatura Probe Transmitter*. USA.

Santillana, J. S. (2008). Tema 10. *Pandeo*. Escuela Politecnica Superior de Zamora-Universidad de Salamanca.

Siemens. (1 de Enero de 2013). Lista de precios Ecuador. *Productos Electricos Industriales*. Quito, Ecuador: Industry Sector.

Spirax Sarco Engineering Group. (Abril de 2007). *Solenoid Valves*. Italia .

Valbia. (s.f.). *Sistema Antipulsione*.