

REHABILITACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE MÁQUINA INYECTORA DE POLÍMERO DE BAJA DENSIDAD

Rehabilitation and Start-up of Low-Density Polymer Injection Machine

Adalberto Parra y Marcos Fuenmayor

aparra.bajasaeluz@gmail.com

Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia-Venezuela

RESUMEN

La inyección de polímeros de baja densidad es un proceso de fabricación que ofrece diversas ventajas como la versatilidad de piezas que pueden fabricarse, la rapidez de elaboración, el diseño escalable desde procesos de prototipos rápidos, altos niveles de producción y bajos costos, razón por lo cual la presente investigación tiene el objetivo de rehabilitar y poner en marcha la máquina inyectora de polímeros de baja densidad del laboratorio de fundición de la escuela de Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Zulia. La investigación se basó en las teorías, enunciados y definiciones de diversos autores, expertos en el tema, como lo son Bryce, Douglas (2006) Budynas y Nisbett (2012). La investigación es proyectiva, y presenta un diseño cuasi experimental de campo transaccional. La evaluación de la rehabilitación realizó mediante el cálculo de los esfuerzos, desplazamientos y factores de seguridad en los elementos de mayor concentración de cargas. De los cuales se concluye que la máquina presenta un factor de seguridad de 1,94 y se recomienda el traslado de la misma a un ambiente libre de polvo, o en su defecto el aislamiento de la estructura para prevenir la acumulación del polvo.

Palabras Clave: inyección, polímeros, baja densidad, rehabilitación, puesta en marcha y factor de seguridad.

ABSTRACT

Injecting low density polymers is a manufacturing process has several advantages as the versatility of

parts that can be manufactured, the manufacturing speed, scalable design from rapid prototyping processes, high production and low costs, because at this research which aims to rehabilitate and start the injection machine low density polymer casting laboratory School of Mechanical Engineering Faculty of the University of Zulia. The research was based on the theories, statements and definitions of various authors, experts in the field, such as Bryce, Douglas (2006) Budynas and Nisbett (2012). Research is projective and has a quasi-experimental design of transactional field. The evaluation of rehabilitation performed by computing efforts, displacements and safety factors in the elements of greatest concentration of loads. Which concluded that the machine has a safety factor of 1.94 and transmit it is recommended to a dust free environment, or failing insulation structure to prevent dust accumulation.

Keywords: injection, polymers, low density, rehabilitation, commissioning and safety factor

INTRODUCCIÓN

Uno de los procesos más utilizados para la fabricación de piezas metálicas es el de fundición, en el cual metal fundido se introduce en un molde generalmente de arena donde se solidifica adquiriendo así la forma deseada. La fundición en arena requiere un modelo a tamaño natural de madera, plástico o metal que define la forma externa de la pieza que se pretende reproducir y que formará la cavidad interna en el molde.

Los modelos de polietileno de baja densidad son utilizados debido a su resistencia y durabilidad. El moldeo por inyección permite dar a este polímero diferentes geometrías, de una forma rápida y económica, además ofrece una buena tolerancia dimensional de las piezas moldeadas. Esto es impor-

tante que los estudiantes de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Zulia puedan adquirir conocimientos prácticos acerca de este proceso.

Por esta causa es necesario rehabilitar y poner en marcha la Máquina Inyectora de Polímero del laboratorio de Fundición de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de La Universidad del Zulia, la cual en años anteriores ha sido rediseñada pero algunos objetivos no fueron cumplidos. El cilindro de inyección presenta un taponamiento, algunos sistemas eléctricos no funcionan correctamente. Así mismo en el proceso de inyección el cuerpo principal de inyección y el torpedero de la cámara de inyección se encuentran sometidos a condiciones de carga y esfuerzo a altas temperaturas.

Es por ello que, se seleccionó el material y dimensiones adecuadas para evitar que se produzca algún tipo de falla. Del planteamiento se desprende la siguiente interrogante de investigación, la cual al ser respondida brindara una solución oportuna al problema detectado. ¿Cómo se debe rehabilitar y poner en funcionamiento la máquina de inyección de polímeros de baja densidad del laboratorio de fundición de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad del Zulia?

La máquina de Inyección de Polímero permite desarrollar prácticas docentes que aportan importantes conocimientos a la formación académica de los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Mecánica. Por otro lado, existe la necesidad de contar en el laboratorio de fundición con una máquina inyectora de Polímero en perfecto funcionamiento que permita fabricar moldes para fundición, así como otras piezas y utensilios.

De manera que, la realización de estas prácticas brinda a los estudiantes la posibilidad de contrastar los resultados obtenidos con la teoría mostrada en clase. Así mismo, rehabilitar y poner en funcionamiento esta máquina permitirá llevar a cabo este tipo de prácticas, así como también dará campo a realizar investigaciones sobre este tema.

METODOLOGÍA

De acuerdo a las consideraciones y análisis realizados en este trabajo, se determinó que esta es un investigación de tipo descriptiva, ya que el “estudio se orienta a recolectar información relacionada con el estado real de las personas, objetos situaciones o fenómenos, tal cual como se presentan en

su momento de recolección”, así lo afirma Chávez, (2007). Dicho estudio requerirá de un esquema de investigación, relativo a la naturaleza del hecho estudiado, que dé cuenta con gran precisión de los resultados obtenidos, minimizando las inclinaciones y aumentando el grado de fiabilidad.

Según, la fuente que genera la información, esta investigación es de tipo documental, según Sánchez, (1986). “se basa en el estudio de la literatura existente en cuanto a un determinado tema utilizando para ello el pensar ponderado y el razonamiento lógico. En esta clasificación de información documental destacan: los manuales, libros, trabajos de grado, procedimientos, normas e internet, todos ellos necesarios para determinar la estrategia de optimización, que conlleven a maximizar la relación costo beneficio del procedimiento del mantenimiento.

El estudio se ubica dentro de la tipología de proyecto factible definido por Hurtado, (2009), Como la elaboración de propuesta o de un modelo orientado a la solución de un problema o necesidad de tipo práctico, ya sea de un grupo social, de una institución o de un área particular del conocimiento, partiendo de esta forma de un diagnóstico preciso de la necesidad del momento, los procesos causales involucrados y las tendencias futuras tal como se establecen en el estudio.

Losada y López, (2003) Son los elementos que el investigador observa y luego segmenta en diferentes categorías, según diferentes criterios y a partir de una unidad concreta, en este caso se refiere a la máquina inyectora de polímeros de baja densidad, ubicada en el Laboratorio de Fundición, de la Escuela de Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Zulia, pues en dicha máquina se recolectaran los datos primarios necesarios para su rehabilitación y puesta en marcha.

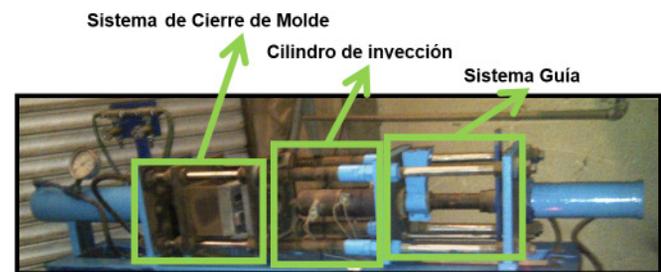


Figura Unidad de análisis: Máquina inyectora de polímeros de baja densidad. Fuente: Fuenmayor y Parra (2015)

El instrumento utilizado para la recolección de datos fue la observación directa, la cual según Chávez, (2007) se basa en la interpretación de la rea-

lidad observable y de toda información de utilidad que en ella se encuentre, proceso que se realizó en la primera fase del diseño donde se determinaron las necesidades de la máquina en función de su rehabilitación y puesta en marcha. En segundo lugar, se utilizó la simulación basada en los datos primarios recolectados y el diseño preliminar, con la cual en base al cálculo numérico y los modelos estadísticos computarizados se realiza la recolección de los datos relevantes para la investigación.

Basado en los requerimientos que involucra un diseño mecánico, se plantea una metodología que permita resolver el problema esbozado óptimamente de modo de satisfacer el objetivo general propuesto. La primera fase debe abarcar y definir las fuentes de información referidas al tema que está siendo objeto de investigación. Seguidamente se establecerán los objetivos que se quieren lograr con la investigación. Luego de esto, se realizará una documentación de los parámetros contenidos en el desarrollo del proyecto y su interrelación para el marco teórico.

Se procederá al análisis e interpretación de la información para así llevar a cabo el diseño del equipo y la realización de los respectivos planos de construcción. Llegando a las conclusiones respectivas arrojadas por el estudio y recomendaciones que éste involucre. A continuación se describen ciertas fases a realizar para cumplir cada uno de los objetivos propuestos en el proyecto:

Objetivo 1: Analizar el proceso de inyección de polietileno de baja densidad.

Búsqueda de información en libros y tesis de pregrado referente al tema propuesto.

Búsqueda de información referente a las propiedades y comportamiento del polietileno de baja densidad.

Objetivo 2: Diagnosticar el estado actual del equipo

Realizar una limpieza general al equipo.

Verificar el estado de los componentes del sistema de inyección.

Verificar el estado de los componentes del sistema de control.

Detectar elementos que presentan fallas.

Objetivo 3: Calcular las condiciones de carga y esfuerzo en los componentes del equipo durante la operación.

Determinar el estado de esfuerzo al que está sometido el cilindro de inyección

Objetivo 4: Rediseñar componentes, dimensionar y seleccionar el material más adecuado para su fabricación

Establecer las dimensiones y material de fabricación con la finalidad de que soporte la carga total del sistema bajo las condiciones de trabajo

Objetivo 5: Digitalizar los planos del diseño.

Establecer las dimensiones finales de la maquinaria y plasmarlas bajo un entorno computacional preciso bajo la normativa vigente en lo que a planos de ingeniería y maquinaria se refiere.

En primera instancia se detectó la ausencia del sellado del cilindro inyección, lo cual ocasiona adhesión de partículas de polvo en los sistemas guías y estructuras del cilindro, provocando restricción al movimiento de dicho sistema, bajando el rendimiento del funcionamiento integral de la máquina.



Condición inicial del Sistema Guía. Fuenmayor y Parra (2015)

Otro problema observado fue el daño de las termocuplas y sus respectivos termopozos, los cuales sirven para regular las temperatura de las resistencias, pero al estar deterioradas por el paso del tiempo y cubiertas de polímeros, dejaron de cumplir su función, haciendo que las resistencias trabajaran al 100% de su capacidad, lo que se traducía en una temperatura de 400 °C para el proceso de inyección, lo cual sobrecalentaba el polímero y dificultaba su movilidad en el proceso de inyección, generando taponamiento.



Cilindro de inyección y Termocuplas. Fuenmayor y Parra (2015)

Así mismo, el sistema de cierre del molde se atascó por completo producto de la adhesión de las partículas de polvo en el sistema, imposibilitando la apertura del mismo, lo cual impedía extraer el producto final de la inyección y el cambio de molde en la máquina.



Sistema de Cierre de Molde. Fuenmayor y Parra (2015)

Vale decir, la mayoría de los sistemas, a excepción del eléctrico, se encontraba en condiciones operativas deplorables, a causa de tiempo en desuso y la acumulación de partículas de polvo en cada uno de los componentes de equipo, lo cual imposibilitaba su funcionamiento.

CONDICIONES DE CARGA Y ESFUERZO EN LOS ELEMENTOS DEL EQUIPO

Para lograr este objetivo se evaluaron los esfuerzos y cargas presentes en el cilindro de inyección durante su operación, de manera que, se pueda determinar si el diseño del cilindro es capaz de soportar dichas condiciones operativas, para cumplir con su función de manera eficiente. Para lograr esto fue necesario establecer condiciones iniciales operativas y de diseño, las cuales inicialmente fueron tomadas de la trabajo especial de grado titulado "Optimización de una máquina de moldeo por inyección para plástico" realizado por Suárez y Pérez (1987), en donde se encuentran las dimensiones del equipo y sus distintos materiales, datos nunca fueron modificados en el transcurso de los años.

Dichos datos fueron suministrados al programa computacional *Autodesk Inventor*, fue utilizado como herramienta de simulación y cálculo de los distintos esfuerzos, desplazamientos y coeficiente de seguridad del cilindro de inyección. En las siguientes tablas se pueden ver los datos utilizados para dicha simulación:

Tabla Propiedades físicas

Masa	13,0709 kg
Área	302486 mm ²
Volumen	1863950 mm ³
Centro de gravedad	x=-0,444571 mm y=1,47318 mm z=-0,00000000843472 mm

Fuente: Autodesk Inventor (2015)

Tabla Materiales: Acero AISI 4150

Nombre	Acero AISI 4150	
General	Densidad de masa	7,85472 g/cm ³
	Límite de elasticidad	282,684 MPa
	Resistencia máxima a tracción	386,105 MPa
Tensión	Módulo de Young	204,773 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,28 su
	Módulo cortante	79,9895 GPa

Fuente: Autodesk Inventor (2015)

Tabla 9. Materiales: Aleación de Níquel y Cobre 400

Nombre	Aleación de níquel y cobre 400	
General	Densidad de masa	8,83 g/cm ³
	Límite de elasticidad	220 MPa
	Resistencia máxima a tracción	558 MPa
Tensión	Módulo de Young	179,3 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,315 su
	Módulo cortante	68,1749 GPa
Nombre(s) de pieza	protoCilintro3	

Fuente: Autodesk Inventor (2015)

Tabla 10. Materiales: Aluminio 6061

Nombre	Aluminio 6061	
General	Densidad de masa	2,71 g/cm ³
	Límite de elasticidad	275 MPa
	Resistencia máxima a tracción	310 MPa
Tensión	Módulo de Young	68,9 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,33 su
	Módulo cortante	25,9023 GPa
Nombre(s) de pieza	protoTorpedo	

Fuente: Autodesk Inventor (2015)

Por último la carga a la cual está sometido el sistema proviene de la bomba hidráulica que opera en un rango de 0 a 33,095 MPa, de manera que, para el análisis crítico se toma la carga máxima, dicha carga es una presión distribuida equitativamente en todo el cilindro.

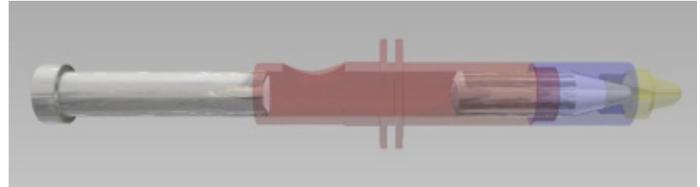
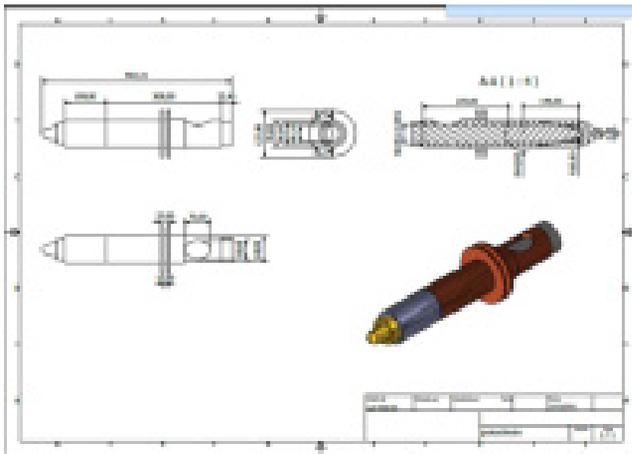
Tabla 11. Carga: Presión

Tipo de carga	Presión
Magnitud	33.095 MPa

Fuente: Fuenmayor y Parra (2015)

En la figura siguiente se puede observar el resultado del modelado de la pieza en *inventor Autodesk*:

Figura de Modelado del cilindro de inyección



Fuente: Fuenmayor y Parra (2015).

La carga fue aplicada por medio de un cilindro pistón en una sola dirección de manera horizontal, dicha carga es de 33,095 Mpa. Esta presión es ejercida sobre las paredes del cilindro fabricadas Acero 4150, a través de la carga ejercida por el torpedo,

que se encuentra dentro del cilindro y somete a un estado de esfuerzo homogéneo a las paredes del mismo, haciendo que el sistema se encuentre bajo la acción de una presión. Dicho estado de esfuerzo tiene como resultado los siguientes valores:

Tensión de Von Mises: Min: 18,3838 Pa Max: 145,527 Mpa

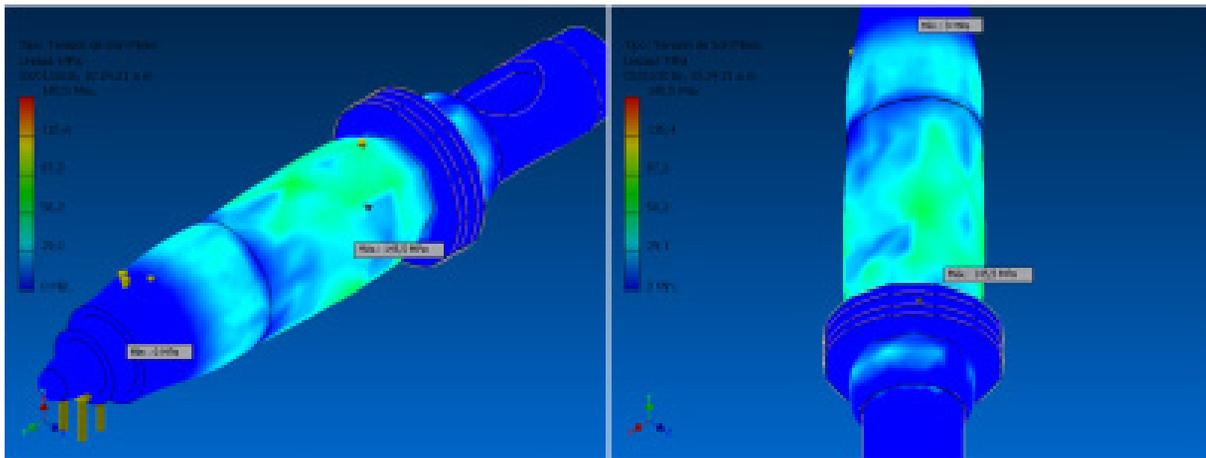


Figura de Tensión de Von Mises. Fuente: Autodesk Inventor (2015)

La figura muestra el estado en el cilindro de Tensión de Von Mises evaluado ya que el material es dúctil, donde su valor mínimo es de 18,3838 Pa y su valor máximo es de 145,527 Mpa, este se en-

cuentra en la región cercana a la base del cilindro, ya que en esa zona se encuentra la restricción del movimiento del sistema.

Factor de seguridad: Min: 1,94 Max: 15

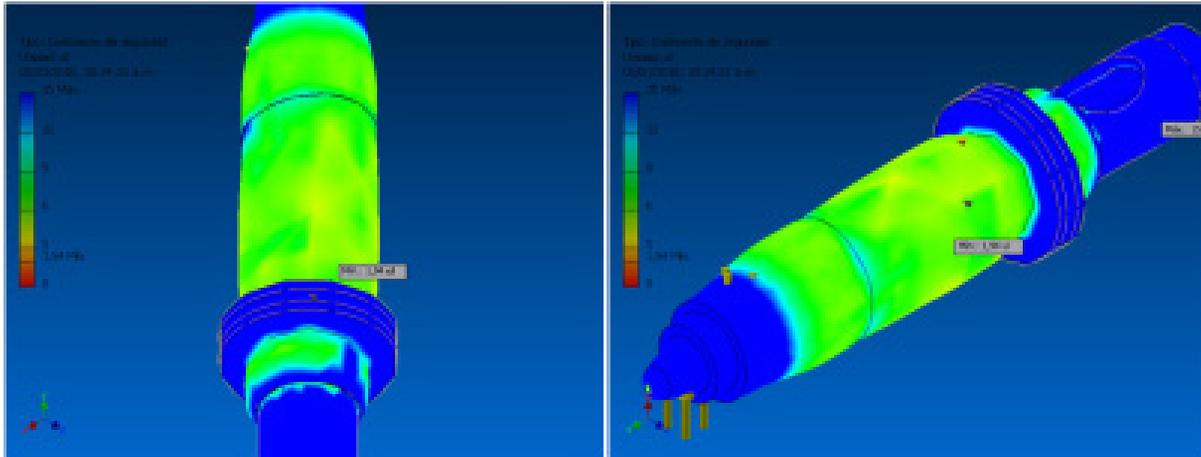


Figura de Coeficiente de seguridad. Fuente: Autodesk Inventor (2015)

En la figura, se observan los valores de factor de seguridad a lo largo del cilindro de inyección, dichos valores deben estar en un rango comprendido entre 1,5 y 2, ya que valores menores a 1,5 significan que el material tiene altas posibilidades de fallar, mientras que valores mayores a 2 indican un sobre diseño por parte del material. En el análisis realizado se denota que tanto el acero 4150 y la aleación Cobre y Níquel 400, son materiales apropiados para el diseño ya que el menor valor del coeficiente de seguridad es de 1,94, el cual, se encuentra dentro del rango anteriormente mencionado.

A continuación, se procedió al rediseño de los componentes entre ellos es el sistema de control de digital de la máquina, de esta manera se puede realizar un proceso de inyección más preciso y de manera más segura. Entre las variables que se controlarían sería presión, temperatura, nivel y desplazamiento.

Para poder controlar estas variables de manera digital, se debe evaluar cuales son los componentes necesarios para realizar dicho control, para ello se decide utilizar como herramienta para ejecutar el control el software *Labview* que es una plataforma y entorno de desarrollo para diseñar sistemas, con un lenguaje de programación visual gráfico.

Recomendado para sistemas hardware y software de pruebas, control y diseño, simulado o real y embebido, pues acelera la productividad. El lenguaje que usa se llama lenguaje G, donde la G

simboliza que es lenguaje Gráfico. Así mismo, permite crear una interfaz o ventana con la cual puedes hacer el control de la máquina a través de una computadora.

Las ventanas de control se crean por medio de un diagrama de bloques o lenguaje gráfico en el mismo instrumento de control *labview*, la cual es la que permite la conexión de los elementos y de las diferentes variables. Por otro, lado para recibir y enviar la información desde la computadora hasta los elementos de control, se necesita de una tarjeta de adquisición de datos, que es un elemento que permite recibir señales digitales y analógicas para que pueda ser evaluado por medio de una computadora, asimismo permite comunicar la computadora con los elementos de control.

Para la máquina inyectora de polímeros de baja densidad de la facultad de ingeniería de la universidad del Zulia, se puede observar que posee las siguientes variables a controlar:

Encendido y apagado de la bomba de agua y bomba hidráulica.

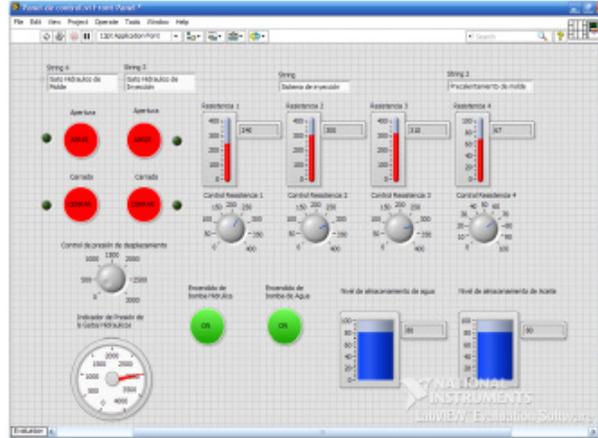
Medición de presión.

Indicadores y controladores de temperatura.

Accionadores de movimiento.

Para estas variables se decidió controlar a través del software *labview*, la cual se creó la ventana de control que sirve de interfaz con el usuario y que posee la siguiente configuración que se muestra en siguiente la figura.

Figura del Panel de control de la máquina. Fuente: Programa Labview (2015)



En el panel de control se presenta los siguientes elementos:

Termómetros y controladores de temperatura, estos se encargan de indicar y controlar las resistencias del cilindro de inyección y del precalentamiento del molde. Botón de apertura y cerrado del gato hidráulico de inyección, el cual se caracteriza por que son dos pulsadores, uno para abrir, y otro para cerrar. Los colores indican verde activo y rojo inactivo. Dial para el control de presión de desplazamiento de los gatos Hidráulicos, donde se puede regular variar la presión entre 0 y 3000 Psi.

Luz indicadora de final de recorrido de los gatos hidráulicos, la luz se enciende de color amarillo al cumplir el recorrido avisando que se debe dejar de aplicar presión de accionamiento. Indicador de presión de los gatos hidráulicos, el cual está con un rango de 0-4000 psi, pero la presión de operación es de 3000 psi.

Por otra parte, se decidió agregar al panel de control, indicadores de nivel, tanto del tanque de almacenamiento de agua como el tanque de almacenamiento de aceite, para que de esta manera verificar que siempre los equipos trabajen con un flujo constante, y poder detectar si presenta una fuga ya que esta pérdida se reflejará en el monitor.

En este sentido, se procedió a la selección de la tarjeta de adquisición de datos, para esto tomando en cuenta las variables a controlar se determinó que existen 6 entradas analógicas (AI), 4 entradas digitales (DI) y 8 salidas digitales (DO).

Así mismo teniendo la cantidad de entradas y de salidas se necesita de una tarjeta que pueda manejar esta cantidad de señales, se seleccionó la tarjeta DAQ NI USB-6008, ya que cumple con los requerimientos para realizar el control.

Para lograr un completo funcionamiento de la máquina se inició con la revisión de la bomba hidráulica la cual enciende de manera eficiente, siendo capaz de otorgar una presión máxima de 33.094 Mpa al fluido de polímero, sin embargo, está calibrada para trabajar a una presión de 20.684 Mpa de manera que se trabajará con un rango de seguridad alejado del punto crítico de operación.

Seguidamente, se vació el tanque de almacenamiento de aceite y se limpió, para eliminar cualquier impureza que pueda estar presente en el aceite, luego se añadió aceite nuevo para realizar la prueba de la bomba. Seguidamente se procedió a la revisión del sistema eléctrico por medio de un multímetro, en la que se evaluó la condición de cada elemento eléctrico de la máquina, determinándose que cada elemento del sistema se encontraba en un estado integral de funcionamiento.

También, se realizó la revisión del sistema de inyección, se instaló el nuevo sistema inyección con los nuevos materiales, además se limpiaron y se engrasaron las guías para facilitar el movimiento del cilindro pistón y de esta manera mantenga la velocidad de inyección. Asimismo se chequeó la presión de operación en la que trabaja el cilindro pistón, confirmando que la presión de operación es de 20.684 Mpa, indicando que trabaja eficientemente y sin pérdidas.

Igualmente, se procedió a revisar el cilindro de inyección, donde se chequeo cada resistencia y su respectivo controlador, determinándose que dos de las tres termocuplas tipo J presentaban debido desgaste, enviando señales incorrectas al controlador, por lo tanto los no ejercían su función, de manera que se reemplazaron dichas termocuplas, por termocuplas nuevas de la misma familia tipo J, con un rango de operación de -20 °C a 500 °C.

Así mismo, se revisó el sistema de cierre de molde, en el cual utilizó el líquido limpiador “Ayudante Mecánico” con el que se logró destrabar el sistema, luego se limpiaron y engrasaron las guías para facilitar el movimiento del cilindro en el sistema de cierre, luego se chequeó la presión en el sistema de operación otorgando una presión de 20.684 Mpa, indicando que trabaja eficientemente y no presenta pérdidas.

Así mismo, se realizó la revisión del sistema de refrigeración, comenzando por el tanque de almacenamiento, en el cual se procedió a cambiar el agua de refrigeración y limpiar el tanque de alimentación. Luego se retiró la bomba del sistema ya que presentaba un recalentamiento del motor y se llevó para su embobinado para repararla.

Seguidamente se realizó un previo proceso de purga ya que el cilindro de inyección presentaba polímero sobrecalentado dentro de él, para esto se dejó calentar 30 minutos hasta que las resistencias llegaran a su temperatura de operación y se inyectó sin agregar material para verificar cualquier tipo de fuga en el cilindro, luego se agregó 150 gramos de polímero polietileno y se corroboró que existiese una inyección fluida del material en el molde. Por último, se limpió toda la estructura y se pintó para dejar la máquina en completo funcionamiento operacional.

RESULTADOS

Partiendo de los procesos anteriores en la tabla 0 muestra los resultados del diseño, en el programa *Autodesk Inventor*.

Tabla 12. Resumen de resultados

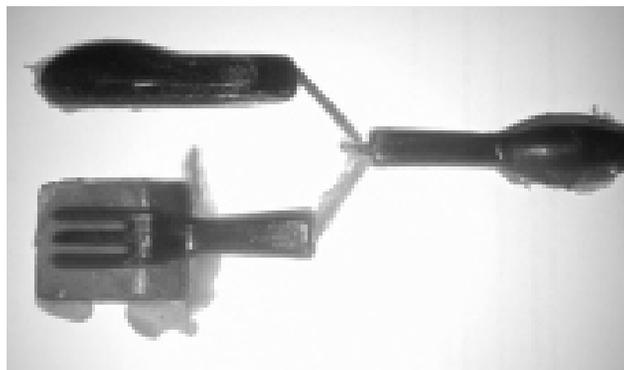
Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen		1863950 mm ³
Masa		13,0709 kg
Tensión de Von Mises	0,0000183838 Mpa	145,527 Mpa
Tensión Principal Normal	-20,8973 Mpa	135,49 Mpa
Tensión Principal Cortante	-83.003 Mpa	24,4351 Mpa
Desplazamiento	0 mm	0,0217851 mm
Coefficiente de seguridad	1.94248	15

Fuente: Fuenmayor y Parra (2015)

En la evaluación del diseño del cilindro de inyección el resultado de la simulación, permite confirmar que los materiales utilizados como lo son el Acero AISI 4150 y la Aleación Cobre y Níquel 400, son ideales para sobrellevar las cargas a la que estarán sometidos, con un coeficiente de seguridad de 1.94, cabe destacar que se considera que puede fallar cuando está por debajo del 1.5 según Budynas y Nisbett (2012).

En el diseño de control digital se obtuvo un control más eficiente de la Máquina permitiendo obtener un producto tangible, con el que se puede explicar de manera correcta el funcionamiento de dicha máquina, así transmitir los conocimientos a los jóvenes que estudian en la Universidad del Zulia, como se ilustra en la siguiente figura:

Figura del Producto final de inyección. Fuente: Fuenmayor y Parra (2015)



CONCLUSIONES

El programa labview presenta las herramientas necesarias para la capacidad de realizar un control digital de cualquier tipo de procesos, obteniendo una respuesta inmediata y adquirir un mejor control, en la máquina inyectora de polímero, se pudo obtener un mejor control de los parámetros que influye en los procesos como son, la temperatura, la presión de inyección, el desplazamiento del pistón, niveles correctos de agua y aceite, así como el sellado del molde y temperatura del producto final. Apreciando un producto final que demuestra la mejoría del funcionamiento del equipo.

Los sistemas de control digital (como lo es labview), son herramientas de gran utilidad que permiten a los ingenieros idear nuevas formas de realizar un control de proceso, ya sea poder trabajar a distancia o en campo, obteniendo tiempo de respuesta más rápida y precisa.

RECOMENDACIONES

Fomentar el uso y desarrollo de las herramientas digitales como lo es Labview, y crear nuevos programas de diseño de control digital.

Aplicar el uso de sistemas como el Arduino en conjunto con el programa de Labview agiliza la pro-

gramación y los tiempos de control de procesos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bryce Douglas M. (2006). *Moldeo por inyección de plástico: Fundamentos del proceso de fabricación*. Dearborn: Sociedad de Ingenieros de procesos de fabricación.
- Budynas, R. y Nisbett, K. (2012) *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Octava edición. Mc Graw Hill. México
- Chávez, N. (2007) *Introducción a la investigación educativa*. Editorial Maracaibo. Gráfica González.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación*. Editorial Mc Graw – Hill. México.
- Hurtado, J. (2009). *Investigación Proyectiva*. Ediciones Quirón – Sypal
- Lozada J. López R. (2003) *Métodos de investigación en Ciencias Sociales*. Editorial Paraninfo.
- Revista de Investigación Cualitativa* (2006) Vol.24 n 1 pág.205-222. Universidad de Salamanca. España. Documento disponible en línea: revista.um.es/rie/article/view/97661/93701