

## Máquina de Inyección de Plástico 3R. INYECPET-3R

### 3R Plastic Injection Machine. INYECPET-3R

GONZÁLEZ-RAMOS, Alma†\*, ALVAREZ-CANO, Susano, VARGAS-GOMEZ, Armando y IBAÑEZ-BAUTISTA, Juan

*Universidad Tecnológica Fidel Velázquez. Av. Emiliano Zapata S/N, Nicolás Romero, Estado de México*

ID 1<sup>er</sup> Autor: Alma, González-Ramos / ORC ID: 0000-0001-5150-5058, Researcher ID Thomson: U-9209-2018, CVU CONACYT ID: 134621

ID 1<sup>er</sup> Coautor: Susano, Alvarez-Cano / ORC ID: 0000-0003-2929-114X, Researcher ID Thomson: X-3175-2018, CVU CONACYT ID: 953364

ID 2<sup>do</sup> Coautor: Armando, Vargas-Gomez / ORC ID: 0000-0002-7468-3161, Researcher ID Thomson: X-3275-2018, CVU CONACYT ID: 953381

ID 3<sup>er</sup> Coautor: Juan, Ibañez-Bautista / ORC ID: 0000-0002-6706-8144, Researcher ID Thomson: U-8431-2018, CVU CONACYT ID: 950682

Recibido: 05 de Enero, 2018; Aceptado 07 de Marzo, 2018

#### Resumen

Debido a la gran necesidad del manejo de residuos de PET generados en las instalaciones del plantel CECYTEM Nicolás Romero II Estado de México, surge la iniciativa de manufacturar un prototipo de una máquina de inyección de plástico denominada INYECPET 3R, con menores dimensiones a la de una maquina industrial, siguiendo una metodología de ciclo de vida de un proyecto en sus 7 fases, para el reciclaje de PET que resuelva la acumulación de éste desecho así como su rehusó obteniendo producción de vasos desechables en el plantel de CECYTEM Nicolás Romero II. El proceso de manufactura de INYECPET-3R se divide en dos sistemas: A) Sistema Mecánico iniciando con el diseño y manufactura de la Estructura superior e inferior, Mecanismo de abertura y cierre de molde, el Molde el Mecanismo de Inyección y el Mecanismo neumático no existe manufactura como tal solamente es el ensamble de dichos componentes como, cilindro de doble efecto, unidad de mantenimiento, electroválvula. B) Sistema de Control, Control se conforma por una placa de Arduino que es una plataforma de hardware libre basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo, Entradas dos push botón (botones pulsadores), limit switch y un termopar (sensor de temperatura) y Salidas elementos de potencia (TIP120), los cuales realizan la energización de relevadores que permiten el encendido y apagado de 3 resistencias, 1 electroválvula y 1 motor.

**Prototipo, Inyección de plástico, Sistema mecánico, Sistema de control**

#### Abstract

Due to the great need for the handling of PET waste generated in the facilities of CECYTEM Nicolás Romero II State of Mexico, the initiative to manufacture a prototype of a plastic injection machine called INYECPET 3R, with smaller dimensions than that of a industrial machine, following a methodology of life cycle of a project in its 7 phases, for the recycling of PET that solves the accumulation of this waste as well as its refusal obtaining production of disposable cups in the campus of CECYTEM Nicolás Romero II. The manufacturing process of INYECPET-3R is divided into two systems: A) Mechanical System starting with the design and manufacture of the upper and lower structure, Mechanism of opening and closing of mold, the Mold the Mechanism of Injection and the pneumatic Mechanism no There is manufacturing as such, it is only the assembly of said components such as, double effect cylinder, maintenance unit, solenoid valve. B) Control System, Control consists of an Arduino board that is a free hardware platform based on a board with a microcontroller and a development environment, two push button inputs (push buttons), limit switch and a thermocouple (sensor of temperature) and outputs of power elements (TIP120), which perform the energization of relays that allow the ignition and shutdown of 3 resistors, 1 solenoid valve and 1 motor.

**Prototype, Plastic injection, Mechanical system, Control system**

**Citación:** GONZÁLEZ-RAMOS, Alma, ALVAREZ-CANO, Susano, VARGAS-GOMEZ, Armando y IBAÑEZ-BAUTISTA, Juan. Máquina de Inyección de Plástico 3R. INYECPET-3R. Revista de Ingeniería Tecnológica. 2018 2-5: 1-11

\* Correspondencia del Autor (correo electronico: aldegor@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Al generar una conciencia ecológica con el reciclaje y aprovechamiento en la comunidad estudiantil se contribuirá al medio ambiente, al reducir el número de envases de PET que contaminan. Es importante que se contribuya de una manera creativa, innovadora y productiva al cuidado y mantenimiento del medio ambiente, por lo que se plantea manufacturar una máquina de inyección de plástico INYECPET-3R generando un compromiso ecológico permitiendo participar de manera responsable en la implementación de estrategias para la creación de un ambiente sano y equilibrado, mediante una cultura de la separación de residuos así como su aprovechamiento y esto redunde en el beneficio ambiental y visual del paisaje. El proceso de manufactura de INYECPET 3R se divide en dos sistemas: Sistema Mecánico y Sistema de Control.

En el sistema Mecánico. Se diseñaron y manufacturaron:

1. Estructura.
2. Mecanismo de abertura y cierre de molde.
3. Molde.
4. Mecanismo de Inyección.
5. Mecanismo neumático.

En el sistema de Control se diseñó, simuló, se construyó y se puso en marcha:

1. Componentes de Control (Microcontrolador).
2. Entradas
3. Salidas

La metodología a emplear para la manufactura de INYECPET 3R es la de ciclo de vida de un proyecto, siguiendo sus 7 fases: Especificación, Análisis, Diseño, Implementación, Pruebas, Instalación y Mantenimiento.

## Problemática

En la comunidad estudiantil se están generando 180 botellas de PET por día aproximadamente, generando así un total de 54000 botellas por ciclo escolar.

Por consiguiente es preciso implementar una estrategia que permita aprovechar la basura (PET) generada, además en el sistema educativo no es tan común que se cuente con máquinas de esta naturaleza por los altos costos, dimensiones y difícil transportación.

## Justificación

Abordando la problemática se manufacturo INYECPET 3R, con la intención de llevar acabo las 3R, reducir, reciclar y rehusar dentro del plantel y se seleccionó este método ya que las principales razones de por qué el moldeo por inyección de plástico es el método más económico, rápido, confiable y rentable para la producción de artículos.

- El moldeo de inyección de plástico puede producir una cantidad increíble de piezas por hora con un solo molde.
- La mayoría del proceso de moldeo por inyección es automatizado.
- Se requiere muy poco trabajo de acabado porque las piezas salen terminadas.
- Las máquinas y moldes se diseñan de acuerdo a las necesidades.
- Se puede cambiar el material y el color de cada pieza sin problema.
- La mayoría de los plásticos son reciclables.
- Reduce las emisiones de carbono y evita el vertido de residuos.

## Marco teórico

A continuación se describen brevemente los conceptos que apoyan el desarrollo de INYECPET 3R.

### Máquina de inyección de plástico

La primera máquina de inyección de plástico con husillo fue creada por James Watson Hendry en 1946, la cual permitía tener mayor control de la velocidad y calidad del producto terminado, además de mezclar materiales de color o reciclados con los materiales vírgenes.

Hendry perfeccionó su proceso de moldeo, que sigue siendo la base de los equipos en la actualidad, al integrar sistemas que permitieron producir piezas huecas y complejos, que ofrecían mayores posibilidades de diseño, reducción de tiempos, costo, peso y residuos.(González, 2017).

### Ciclo de Inyección

El ciclo de inyección es la secuencia de operaciones para la producción de una pieza y comprende las siguientes etapas:

1. Se cierra el molde vacío, mientras se tiene lista la cantidad de material fundido que se va inyectar dentro del barril de la máquina.
2. Se realiza la inyección al introducir el material mediante el tornillo, el cuál actúa como pistón, forzando el material a pasar a través de la boquilla hacia las cavidades del molde, con una determinada velocidad y presión de inyección.
3. Una vez terminada la inyección, se mantiene la presión sobre el material inyectado en el molde, antes que solidifique para contrarrestar la contracción de la pieza durante su enfriamiento; esto se conoce como aplicar la presión de sostenimiento o pos presión y normalmente se aplican valores menores a los de inyección.
4. Se inicia el giro del tornillo, al hacerlo toma gránulos sólidos de tolva (plastificando) con el calor generado por la fricción al girar el tornillo y por el suministrado por las bandas calefactores.
5. El material dentro del molde continúa enfriando y transfiriendo su calor hacia el molde e donde es disipado por el líquido de enfriamiento. Una vez que ha terminado el tiempo de enfriamiento, se abren las dos partes del molde y el mecanismo de expulsión extrae la pieza.
6. El molde cierra de nuevo y el ciclo se repite. (Benítez Rangel, 2011)

**Sistema Mecánico:** Son aquellos sistemas constituidos fundamentalmente por componentes, dispositivos o elementos que tienen como función específica transformar o transmitir el movimiento desde las fuentes que lo generan, al transformar distintos tipos de energía. Se caracterizan por presentar elementos o piezas sólidos, con el objeto de realizar movimientos por acción o efecto de una fuerza. (Ogata Katsuhiko, 2000)

**Estructura mecánica:** Se le llama a la distribución e interrelación de las diferentes piezas que componen un objeto o una idea. Se trata de un cuerpo u objeto que está construido de diferentes partes. Distribución y orden de las partes importantes de una edificación. Armadura que puede ser de acero u hormigón armado. (Meriam. J. L, 2004)

**Mecanismo de abertura y cierre de molde:** Su función principal es sujetar el molde de inyección, suministrar el movimiento y a fuerza necesaria para mantener cerradas y abiertas las dos mitades del molde. Sus principales partes son las columnas guías, platinas porta-moldes fijas y móviles y el mecanismo para apertura y cierre del molde. (Meriam. J. L, 2004)

**Placas de acero:** Es usada principalmente para aplicaciones superficiales en algunas estructuras, normalmente la placa se usa también para la fabricación de tubos. La placa viene en diferentes espesores, dimensiones y grados de acero, ideales para los diversos tipos de construcción que se tengan planeados. (González, 2017)

**Guías de acero:** Es un perfil metálico en forma de ángulos o de "L" invertida, cada vía cuenta generalmente con dos de estas, estas barras se encuentran separadas a una distancia determinada entre los bordes interiores de sus caras verticales, la cual se denomina "escantillón de barra guía". (González, 2017)

**Eslabones de acero:** Un eslabonamiento consiste en eslabones (o barras), generalmente considerados rígidos, conectados por juntas, como pasadores (o revolutas) o juntas prismáticas, para formar cadenas cinemáticas (o lazos) abiertas o cerradas. Los eslabonamientos forman mecanismos simples y pueden diseñarse para efectuar tareas complejas, como movimientos no lineales y transmisión de fuerza. (González, 2017)

**Molde:** Los moldes son construidos de aceros especiales de alta resistencia para que resistan altas presiones de cierre y de inyección para producción limitada. Los aspectos de construcción son similares a los moldes de compresión y de transferencia. (González, 2017)

**Mecanismo de Inyección:** El polímero es fundido con el calor generado por diversas bandas de resistencias que están colocadas alrededor de la tolva. El fluido es inyectado dentro del molde a través de la boquilla, ejerciendo la presión suficiente para que se llene y se solidifique dentro del molde. (Grover, 1997)

**Tolva:** Recipiente en forma de pirámide o cono invertido, con una abertura en su parte inferior, que sirve para hacer que su contenido pase poco a poco a otro lugar o recipiente de boca más estrecha. (Grover, 1997)

**Cañón:** El cañón se conforma de:

a) Husillo

Se trata de un enrollamiento helicoidal de acero cuyo diseño es muy importante para el posterior rendimiento y calidad de la máquina de inyección así como para la plastificación, homogeneización y transformación del polímero. (Grover, 1997)

b) Tornillo sin fin

Se utiliza para transmitir la potencia entre ejes que se cruzan, casi siempre perpendicularmente entre sí. (Grover, 1997)

c) Boquilla

Es la punta de la unidad de plastificación y provee una conexión a prueba de derrames del barril al molde de inyección con una pérdida mínima de presión. (Grover, 1997)

**Sistema de transmisión:** Es una forma de intercambiar energía mecánica distinta a las transmisiones neumáticas o hidráulicas, ya que para ejercer su función emplea el movimiento de cuerpos sólidos, como lo son los engranajes y las correas de transmisión. (Grover, 1997)

**Mecanismo neumático:** Son sistemas que utilizan el aire u otro gas como medio para la transmisión de señales y/o potencia. (Guillen, 1993)

**Cilindro de doble efecto:** Tienen dos entradas de aire, una en cada extremo. El émbolo se mueve hacia la derecha o izquierda dependiendo de por donde le entre el aire comprimido. El vástago puede empujar y también estirar. (Guillen, 1993)

**Unidad de mantenimiento:** La unidad de mantenimiento representa una combinación de los siguientes elementos:- Filtro de aire comprimido- Regulador de presión- Lubricador de aire comprimido. La presión de trabajo no debe sobrepasar el valor estipulado en la unidad, y la temperatura no deberá ser tampoco superior a 50 C (valores máximos para recipiente de plástico) (Guillen, 1993)

**Electroválvula:** Conocida como válvula solenoide de uso general es una válvula que abre o cierra el paso de un líquido en un circuito. La apertura y cierre de la válvula se efectúa a través de un campo magnético generado por una bobina en una base fija que atrae el émbolo. (Guillen, 1993)

**Sistema de control:** Es un tipo de sistema que se caracteriza por la presencia de una serie de elementos que permiten influir en el funcionamiento del sistema. La finalidad de un sistema de control es conseguir, mediante la manipulación de las variables de control, un dominio sobre las variables de salida, de modo que estas alcancen unos valores prefijados (consigna).

Control. (Morales M. Rubén, 2003)

**Microcontrolador:** Un microcontrolador es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria. Está compuesto de varios bloques funcionales, los cuales cumplen una tarea específica. (Morales M. Rubén, 2003)

**Arduino:** Un ejemplo clásico de un microcontrolador, es el ATmega328P integrado en el modelo Arduino UNO. Sin embargo, el microcontrolador no es específicamente todo el conjunto que se encuentra en la placa azul cuando nos hablan de Arduino. (Morales M. Rubén, 2003)

**Entradas:** Formado por las variables que ponen en marcha o detienen el sistema. (Morales M. Rubén, 2003)

**Push botón:** Estos pequeños interruptores comúnmente llamados push-button son utilizados en la mayoría de proyectos de electrónica y robótica, son normalmente abiertos es decir que cuando se pulsa el botón una vez este cierra momentáneamente el circuito en el que se encuentre.

Son utilizados sobre todo en PCB pero también son compatibles con proyectos en protoboard, la corriente nominal que soportan es de 50 mA. (Morales M. Rubén, 2003)

**Limit Switch:** Son sensores de contacto que muestran una señal eléctrica, ante la presencia de un movimiento mecánico. Son utilizados ampliamente en ambientes industriales para censar la presencia de objetos en una posición específica. (Morales M. Rubén, 2003)

**Termopar:** Los termopares están disponibles en diferentes combinaciones de metales o calibraciones para adaptarse a diferentes aplicaciones. Los tres más comunes son las calibraciones tipo J, K y T, de los cuales el termopar tipo K es el más popular debido a su amplio rango de temperaturas y bajo costo. (Morales M. Rubén, 2003)

**Salida:** Mediante el que el sistema actúa y realiza la función que tenga que hacer. (Morales M. Rubén, 2003)

**TIP 120:** Es un transistor Darlington para montaje por orificio pasante en encapsulado TO-220. Este transistor se utiliza para amplificación y conmutación de baja velocidad. (Morales M. Rubén, 2003)

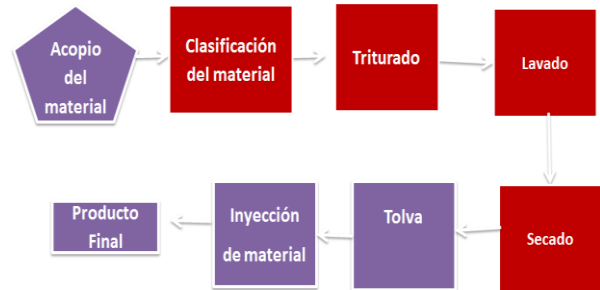
**Relevador:** Es un dispositivo electromecánico. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes. (Morales M. Rubén, 2003)

**Resistencias calentadoras:** Convierten energía eléctrica en calor. Procedimiento descubierto por James Prescott Joule cuando en 1841 al hacer circular corriente eléctrica a través de un conductor se liberó calor por encontrar resistencia. (Morales M. Rubén, 2003)

**Motor:** Son artefactos cuyo propósito principal es brindar la energía suficiente a un conjunto de piezas para que estas tengan un funcionamiento adecuado y la máquina que componen pueda realizar sus actividades. (Morales M. Rubén, 2003)

**Descripción de proceso**

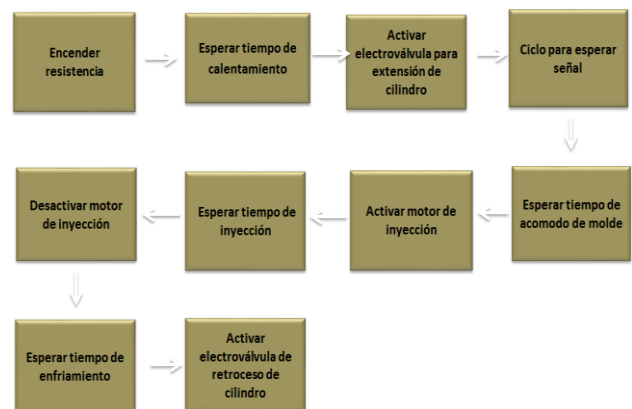
Con la intención de llevar a cabo las 3R, reducir, reciclar y rehusar dentro del plantel se propuso el siguiente proceso para determinar el orden en el que se debe llevar, como muestra en la Figura 1 Descripción del proceso



**Figura 1 Descripción del proceso**

El prototipo está conformado por un molino el cual proporciona la materia prima que es el PET triturado, acción realizada con ayuda de un motor aunado a un sistema de cuchillas. El PET triturado es depositado en la tolva de la máquina de inyección la cual lo funde con ayuda de resistencias mecánicas, la masa fundida dentro del molde es la retenida para su solidificación, después de un tiempo el producto es expulsado obteniendo un vaso como producto final.

En la Figura 2 Diagrama a bloques de control se puede observar cómo funciona el sistema de control.



**Figura 2 Diagrama a bloques de control**

**Metodología**

Se eligió la metodología del ciclo de vida de un proyecto siguiendo sus 7 fases: Especificación, Análisis, Diseño, Implementación, Pruebas, Instalación y Mantenimiento para manufacturar a INYECPET 3R.

## Especificación y Análisis

El proceso de manufactura de INYECPET-3R se divide en los siguientes

- A. Sistema Mecánico
- B. Sistema de Control

### A. Sistema Mecánico

1. Estructura.
2. Mecanismo de abertura y cierre de molde.
3. Molde.
4. Mecanismo de Inyección.
5. Mecanismo neumático.

### B. Sistema Mecánico

#### 1. Estructura

La estructura está compuesta por dos partes, la estructura superior e inferior.

La estructura superior está formada por ángulo de 1X1X1/8" cuya función es soportar los mecanismos de abertura y cierre de molde, molde, mecanismo de inyección, mecanismo neumático.

La estructura inferior está formada por perfil estructurado cuadrado de aluminio de 60mm, una placa de aluminio de un espesor de 3/4", la función de dicha estructura es soportar la estructura superior y el sistema de control del INYECPET-3R.

Para la manufactura de las estructuras se utiliza una cortadora de metal así como arco y segueta, para el ensamble de la estructura superior es necesario utilizar soldadura de arco eléctrico, en la estructura inferior solamente con barrenos y tornillos.

#### 2. Mecanismo de abertura y cierre de molde

Dicho mecanismo de componen de las siguientes partes:

- a) Placas
- b) Barras guía
- c) Eslabones

- a) El mecanismo se compone de tres placas de acero dos de ellas de 3/4" de espesor y una de 5/8", estas placas se cortaron con ayuda de oxicorte, rectificando los cortes con ayuda de una maquina fresadora para evitar filos en las caras.
- b) Las barras guía su función es servir como guía para la placa de 5/8" que se deslizara hacia enfrente y hacia atrás la cual soportara a la parte "macho" del molde, las barras son de barra solida de cold rolled de un diámetro de 3/4", en los extremos de cada barra se encuentra incrustado un esparrago de 1/2" de diámetro, para que sirva como ajustador de acurdo a la abertura del molde.
- c) Los eslabones están manufacturados a partir de solera comercial de 1" X 5/16" X 110 mm, siendo necesarios 12 para efectuar la función de abertura y cierre del molde, cabe mencionar que para tener los eslabones terminados se incrusto bujes de bronce para evitar rozamiento entre eslabones y así "amarres" o "atascamiento" entre los mismos.

Para la manufactura general del mecanismo de abertura y cierre se utiliza cortadora de metal, taladro de banco, torno horizontal, fresadora vertical así como brocas, buriles y cortadoras verticales.

#### 3. Molde

El molde se manufactura en dos partes siendo la parte "hembra" y la parte "macho", el material utilizado es dura-aluminio especificación 6061 el cual se elabora en el torno horizontal con ayuda del chuck de cuatro mordazas.

#### 4. Mecanismo de Inyección

Este mecanismo está integrado por las siguientes partes:

- a) Tolva.
  - b) Cañón.
  - c) Boquilla.
  - d) Sistema de transmisión.
- a) La tolva esta manufacturada por lamina calibre 20 y soldada por arco eléctrico se debe realizar los cortes necesarios para que tenga la forma de cono esto se realiza con ayuda de una tijeras para lamina.

b) El cañón se compone de:

- Husillo
- Tornillo sin fin
- Boquilla

El husillo esta manufacturado a partir de una barra solida de col rold de 1  $\frac{3}{4}$ " de diámetro, utilizando el torno horizontal para la realización del barreno interior de  $\frac{3}{4}$ " de diámetro donde entra el tornillo sin fin

La función del tornillo sin fin es el trasladar el PET ya fundido al interior, la manufactura de dicho tornillo es a partir de una barra de cold rold de un diámetro de  $\frac{7}{8}$ " realizada en un torno horizontal.

La boquilla se realiza en un torno horizontal con ayuda de una barra interior para realizar la salida del PET ya fundido.

El sistema de transmisión se conforma por dos poleas una de 2" y otra de 7" para realizar la disminución del número de RPM del motor y de la misma forma el PET sea trasladado a una velocidad optima al interior del molde.

## 5. Mecanismo Neumático

En esta parte del INYECPET-3R no existe manufactura como tal solamente es el ensamble de dichos componentes como, cilindro de doble efecto, unidad de mantenimiento, electroválvula.

### B. Sistema de Control

1. Control
2. Entradas
3. Salidas

1. Control

La parte de control se conforma por una placa de arduino que es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo diseñado para facilitar el uso de la electrónica en el proyecto.

La plataforma se programa mediante el uso de un lenguaje propio basado en el popular lenguaje de programación de alto nivel.

Sin embargo es posible utilizar otro lenguaje de programación y aplicaciones populares en arduino.

Dicha placa consta de entradas y salidas, digitales y análogas las cuales son conectadas a los componentes que se desean controlar tales como las resistencias, la electroválvula y el motor.

### 2. Entradas

La parte de las entradas consiste en una placa fenolica en la cual se llevo a cabo la impresión del diseño de las pistas de cobre las cuales interconectan dos push botón (botones pulsadores), limit switch y un termopar (sensor de temperatura), estos se soldán a la placa y se conectan al microcontrolador para el envío de señales de control.

### 3. Salidas

Por otro parte, las señales antes mencionadas son procesadas por el microcontrolador produciendo señales de salida para activar los elementos de potencia (TIP120), los cuales realizan la energización de relevadores que permiten el encendido y apagado de 3 resistencias, 1 electroválvula y 1 motor.

## Diseño e implementación

En estas fases se mostrara por medio de una galería fotográfica la implementación de los diseños elaborados en Solidworks.

### A) Sistema Mecánico

#### 1. Estructura

A continuación se muestra la implementación de la estructura superior e inferior. Ver Figura 4. Vista lateral estructura diseño Solid Works, Figura 5. Vista frontal estructura.

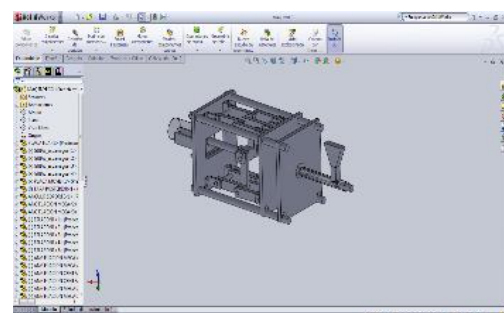


Figura 4 Vista lateral estructura diseño Solid Works





**Figura 5** Vista fronta estructura

## 2. Mecanismo de apertura y cierre de molde

En la Figura 6. Vista frontal del mecanismo de apertura y cierre de molde y la Figura 7. Vista lateral del mecanismo de apertura y cierre de molde



**Figura 6** Vista frontal del mecanismo de apertura y cierre de molde



**Figura 7** Vista lateral del mecanismo de apertura y cierre de molde

## 3. Molde

En la primera foto, se puede observar Figura 8. Maquinado del molde y segunda foto Figura 9. Vista lateral del molde (vaso)



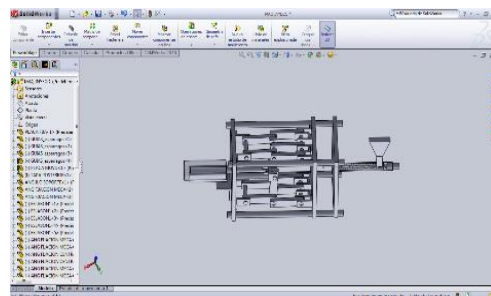
**Figura 8** Maquinado del molde y segunda



**Figura 9** Vista lateral del molde (vaso)

## 4. Mecanismo de Inyección

En las dos imágenes se muestra parte de la tolva diseño Solid Works Figura 10. Y el maquinado del inyector de plástico hacia el molde en la Figura 11



**Figura 10** Tolva diseño Solid Works



**Figura 11** Maquinado del inyector de plástico

## 5. Mecanismo neumático

Como se muestra se puede observar la conexión de la electroválvula Figura 12 y la unidad de mantenimiento Figura 13.



**Figura 12** Conexión de la electroválvula





Figura 13 Unidad de mantenimiento

B) Sistema de Control

En la siguiente Figura 14 se observa el proceso de automatización que se llevó a cabo en INYECPET 3R.

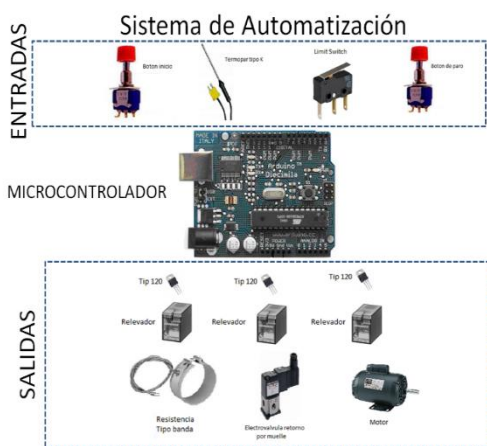


Figura 14 Proceso de automatización del sistema de control

1. Control

En la primera fotografía Figura 15 se observa las primeras pruebas de Arduino y los elementos de entrada y salida en un protoboard, en la otra Figura 16 se observan componentes de alimentación



Figura 15 Pruebas de Arduino y los elementos de entrada y salida en un protoboard

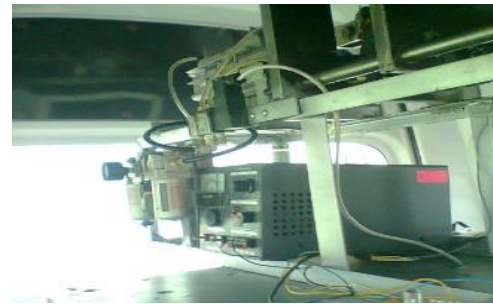


Figura 16 Componentes de alimentación

2. Entradas

Se puede observar el montaje de los elementos de entrada y el botón de paro de emergencia Figura 17.



Figura 17 Montaje de los elementos de entrada y el botón de paro de emergencia

3. Salidas

A continuación se observa el montaje Figura 18 de las resistencias cubiertas de un revestimiento aislante de fibra de vidrio

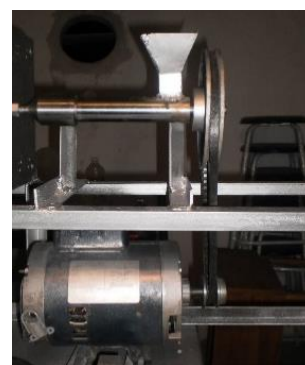


Figura 18 Motor movimiento de la polea

Pruebas, Instalación y Mantenimiento

Una vez que se unieron los sistemas mecánico y de control se obtuvo una primera muestra, observando algunas deficiencias desde la presentación y la obtención del producto final Figura 19



**Figura 19** Primera versión de INYECPET

La programación del microcontrolador se corrigió ya que se mostraron algunos errores en los parámetros de temperatura y sensor del termopar.

Al final se obtuvo una máquina con mejor presentación y un producto para la obtención del producto final mejorado. Figura 20.



**Figura 20** Prototipo final de INYECPET 3R

## Conclusiones

Se manufacturó un prototipo de una máquina de inyección de plástico denominada INYECPET 3R, con menores dimensiones a la de una máquina industrial, siguiendo una metodología de ciclo de vida de un proyecto en sus 7 fases, para el reciclaje de PET que resuelva la acumulación de éste desecho así como su rehusó obteniendo producción de vasos desechables en el plantel de CECYTEM Nicolás Romero II.

Para llevar a cabo su manufactura se realizó un estudio de viabilidad Financiera en la cual se obtuvo que una máquina de inyección de tipo industrial no existe con las características de INYECPET-3R, por lo que la hace una máquina única y con grandes oportunidades de desarrollo mercantil.

Los costos de máquinas se encuentran desde \$250 000.00. INYECPET-3R representa una opción viable financiera para su adquisición con un costo de \$69 000.00. Comercializando el vaso desechable el costo beneficio es bastante aceptable.

En cuanto a INYECPET 3R, para evitar lesiones a personas y prevenir daños al INYECPET-3R o a los productos conectados a él, durante el arranque y la validación de parámetros del INYECPET-3R, se debe comprobar el estado de las siguientes seguridades:

- Botón de Seguridad (paro total)
- Puerta de producto terminado.
- Guardas de seguridad tanto en el motor como en el mecanismo de apertura y cierre del molde.

Todos los moldes deben de tener un cierto programa de mantenimiento. El mantenimiento regular puede ayudar a un molde para funcionar con menos interrupciones, y ahorrará tiempo, dinero, y frustración en el funcionamiento largo. La cantidad y la frecuencia del mantenimiento son determinadas por varios factores:

El aluminio y las herramientas suaves sufrirán un desgaste en un periodo más corto que las herramientas hechas de acero convencional. Los materiales plásticos que tienen refuerzos son especialmente abrasivos tenderán a desgastar el acero del molde después de millones de ciclos.

## Referencias

Benítez Rangel J. P, Morales Hernández L. A, Trejo Hernández M. Aceptado Octubre 2011 Artículo Mejora de la etapa de llenado en moldes de inyección de plástico usando vibración.

González Santiago, 2017, La inyección de plástico: Una historia de éxito, Recuperado el 28 de Junio de 2017.

<https://www.privarsa.com.mx/la-inyeccion-plastico-una-historia-exito/>

Grover Mikell P. 1997, Fundamentos de manufactura moderna. Editorial. Prentice Hall. Recuperado el 15 de Febrero de 2017.

<https://books.google.com.mx/books?id=tcV0I37tUr0C&pg=PA333&dq=maquina+de+inyeccion+de+plastico&hl=es419&sa=X&ved=0ahUK EwjMwYPAgPnbAhVSnKwKHeMpDOkQ6AEIKDAA#v=onepage&q=maquina%20de%20inyeccion%20de%20plastico&f=false>

Guillen Salvador Antonio. 1993. Introducción a la neumática. Editorial Marcombo. Recuperado el 13 de Abril de 2017 [https://books.google.com.mx/books?id=x\\_ANfBeC6z8C&printsec=frontcover&dq=neumatica&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwj7k42ZhfnbAhVG7qwKHQRZA6sQ6AEIKDAA#v=onepage&q=neumatica&f=false](https://books.google.com.mx/books?id=x_ANfBeC6z8C&printsec=frontcover&dq=neumatica&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwj7k42ZhfnbAhVG7qwKHQRZA6sQ6AEIKDAA#v=onepage&q=neumatica&f=false)

Meriam J. L, 2004, Mecánica para ingenieros. Estática. 3° edición, Editorial Reverte. Recuperado el 16 de Abril de 2017. <https://books.google.com.mx/books?id=R5oHqHUueaMC&pg=PA84&dq=sistema+mecanico&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwiKgsLg9PjbAhUSZawKHVugBC0Q6AEIKDAA#v=onepage&q=sistema%20mecanico&f=false>

Morales M. Rubén. Ramírez M Ricardo A. 2003 Sistemas de control moderno Volumen I: Sistema de tiempo continuo. Editorial Digital Tecnológico de Monterrey. Recuperado el 17 de Junio de 2017.

[https://books.google.com.mx/books?id=B1HrDAAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=sistema+de+control+automatizacion&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwi4zP\\_3hfnbAhVphq0KHUtEAFwQ6wEIKTAA#v=onepage&q=sistema%20de%20control%20automatizacion&f=false](https://books.google.com.mx/books?id=B1HrDAAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=sistema+de+control+automatizacion&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwi4zP_3hfnbAhVphq0KHUtEAFwQ6wEIKTAA#v=onepage&q=sistema%20de%20control%20automatizacion&f=false)

Ogata Katsuhiko, 4°, 2000, Ingeniería de control moderna. Edición, Editorial Prentice Hall Recuperado el 24 de Febrero de 2017. [https://books.google.com.mx/books?id=QK148EPC\\_m0C&pg=PA488&dq=sistema+mecanico&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwiKgsLg9PjbAhUSZawKHVugBC0Q6AEIVTAH#v=onepage&q=sistema%20mecanico&f=false](https://books.google.com.mx/books?id=QK148EPC_m0C&pg=PA488&dq=sistema+mecanico&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwiKgsLg9PjbAhUSZawKHVugBC0Q6AEIVTAH#v=onepage&q=sistema%20mecanico&f=false)