

# Diseño De Robot Delta Con Pistones Neumáticos Clasificador De Objetos Utilizando Logo

Ricardo Alexander Argueta Moran

Estudiante miembro IEEE

Universidad Don Bosco

El Salvador

ricardo\_argueta@ieee.org

**RESUMEN**— En el presente trabajo se realizara el diseño de un robot delta capaz de clasificar objetos en metálicos y no metálicos para posicionarlos en sus plataformas respectivas, mediante el uso de un Logo como controlador del sistema electro neumático, actuadores neumáticos y eléctricos para el desplazamiento de los objetos y la estructura del robot y una serie de sensores que nos permiten detectar la posición de los objetos. Esto con el fin de incorporar los robots dentro de la industria, y fomentar la automatización de procesos industriales.

**PALABRAS CLAVE**— *Contactores, Cinemática inversa, neumática, Logo, Robot Delta.*

## I. INTRODUCCIÓN

La automatización en la industria se vuelve cada vez más una realidad, la sustitución de operadores por equipo automatizado o robots es cada vez más presente, ya que los robots son más eficientes y disminuyen la cantidad de errores durante la producción.

Durante el desarrollo del trabajo se abordaran herramientas de distintas disponibles que van desde las bases mecánicas, diseño de los distintos mecanismos que presenta la estructura, diseño de los planos del proyecto para saber cómo está conformado la estructura sin necesidad de una referencia física real, análisis de las interacciones físicas mecánicas entre cada uno de los elementos de la estructura todo con el fin de realizar una estructura sostenible, rígida y duradera.

En el desarrollo del trabajo se plantea la solución a un problema frecuente en la industria, la separación de objetos entre sus cualidades sin necesidad de ampliar el número de máquinas o realizar gastos en tecnologías que solventan a media los problemas, por lo que se deben realizar una serie de investigaciones de trasfondo que nos permitieron dar una buena propuesta de solución.

## II. MARCO TEÓRICO

Para el desarrollo adecuado del proyecto se necesito de información básica en los temas de neumática, robótica y lógica cableada, por lo que se procederá a describir puntualmente cada uno de estos principios.

### A. Neumática

La neumática es la tecnología que emplea el aire comprimido como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos. El aire es un material elástico y, por tanto, al aplicarle una fuerza se comprime, mantiene esta compresión y devuelve la energía acumulada cuando se le permite expandirse, según dicta la ley de los gases ideales.

### B. Robot Delta

Un robot delta es un tipo de robot de brazos paralelos. Costa de tres brazos conectados a juntas universales en su base y su característica principal es el uso de paralelogramos en los brazos, que mantienen la orientación del actuador del extremo.

Por su velocidad y precisión, los robots delta son muy utilizados en aplicaciones de envasado en fábricas donde se requiere la manipulación de gran cantidad de pequeños productos.

### C. Lógica cableada

Lógica cableada o lógica de contactos, es una forma de realizar controles, en la que el tratamiento de datos (botonería, fines de carrera, sensores, presóstatos, etc.), se efectúa en conjunto con contactores o relés auxiliares, frecuentemente asociados a temporizadores y contadores.

#### D. Logo

Logo es un lenguaje de programación de alto nivel, en parte funcional, en parte estructurado, de muy fácil aprendizaje.

### III. DESCRIPCION DE FUNCIONAMIENTO

El trabajo desarrollado consiste en un clasificador de objetos de acuerdo al material del que esta compuesto, habiendo dos clasificaciones posibles: metálicos y no metálicos.

Para lograr clasificar estos objetos se utilizara un robot delta paralelo, el cual esta compuesto por 3 cadenas cinemáticas de 2 secciones cada uno y un efector final, el cual consiste en una ventosa neumática de vacío que permite controlar el momento en el que el robot tomara a los objetos y a la vez como los ordenara respectivamente, la ventaja de este tipo de robots es que son muy precisos y se mueven a velocidades más altas que otros tipos, por eso son tan utilizados en la industria de manufactura.

El producto (los objetos) vendrá en una banda transportadora que se mueve por medio de un motor que funciona a 120 VAC monofásico, y serán detectados ya sea por un sensor inductivo para los materiales metálicos o por un sensor óptico para cualquier otro tipo de material.

Mediante el uso de sensores detecta la posición de los objetos y el material del que esta compuesto, en el caso del sensor inductivo se encuentra posicionado en la banda detectando el material del objeto y si el material resulta ser metálico el robot tomara este objeto antes de que llegue a poder interrumpir la señal de el segundo sensor el cual es un sensor óptico, si el objeto no es metálico no interrumpirá el sensor inductivo y llegara a ser detectado únicamente por el sensor óptico.

Los sensores enviaran una señal cuando sean interrumpidos por el objeto que detecten, esta señal se mandara a un PLC, que a su vez la mandara por medio de una tarjeta ARDUINO UNO R3 [1] al programa realizado en la PC que es el encargado de controlar los movimientos del robot utilizando la herramienta de programación MATLAB [2], mandando la orden de posicionar a la izquierda del robot la piezas metálicas y a la derecha las piezas no metálicas.

El programa detectara si las caja ya se encuentran en la posición esperada mediante sensores ultrasónicos, y si los señales reciben que hay un objeto en las plataformas que se accionaran unos pistones neumáticos que empujaran las cajas.

Finalmente el sistema está diseñado para trabajar un número determinado de ciclos, por lo que al finalizar estos ciclos se manda una señal al PLC que desactiva todos los componentes eléctricos y neumáticos del sistema de producción.

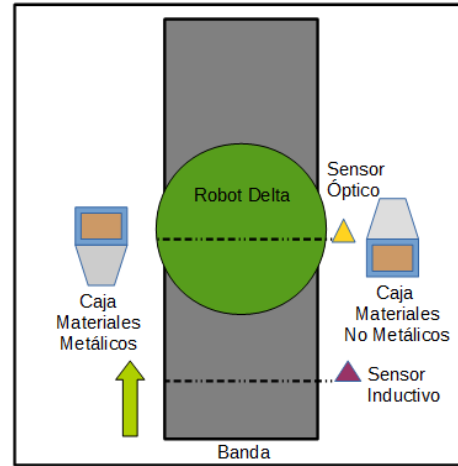


Fig.1 Esquema general de la planta

En la Fig. 1 se puede observar la disposición que tendrán los diferentes elementos del sistema, el robot delta se encontrara al centro y la banda transportadora debajo del, el sensor inductivo detectara los materiales metálicos primero y el robot los pondrá en su respectiva caja, lo mismo sucederá con el sensor óptico para los materiales que no son metálicos

### IV. DISEÑO ESTRUCTURAL

Definidas cada una de las tareas a realizar, la forma en que se realizara, los instrumentos, actuadores y sensores que se utilizaran, se procederá a realizar el diseño estructural que brindara un buen funcionamiento al sistema, el diseño estructural del robot delta montado en su estructura se observara en la Fig. 2.

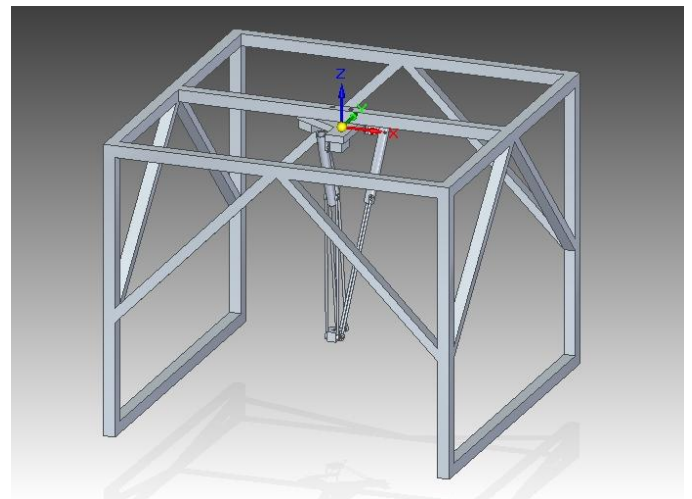


Fig.2 Ensamble estructural del robot delta

Finalmente la banda será montado en medio de la estructura de la Fig.2 a sus lados las rampas y los distintos sensores y en la parte frontal de la estructura el Logo.

## V. DISEÑO DE CONTROL DE LOGICA CABLEADA

Se procede a diseñar el circuito de control de lógica cableada, el cual mediante la debida comunicación entre los sensores y el Logo, así como los sensores y el Arduino, permiten realizar el control de todo el sistema (los pistones, el estado del robot, y el correr de la banda), y de esa manera realizar las rutinas y subrutinas deseadas.

El circuito de lógica cableada se representara en la Fig. 3, y se resaltara que para métodos de simulación se representara mediante botones de dos posiciones el sensor inductivo (S1), el sensor óptico (S2) y los sensores ultrasónicos (S3 y S4).

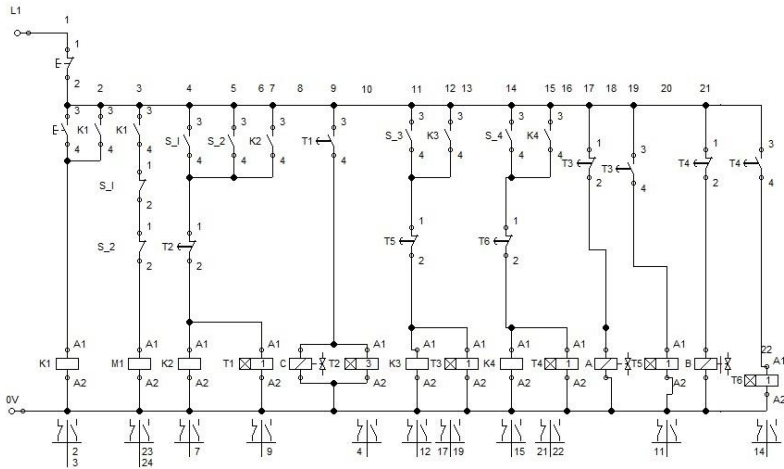


Fig. 3 Controlador del sistema en lógica cableada.

## VI. DISEÑO DE CIRCUITO DE ALIMENTACION PARA LA BANDA TRANSPORTADORA

Debido a que la banda se alimenta con altos valores de voltaje y requiere de mucha potencia, por lo que se requiere de un circuito especial de alimentación, tal como se muestra en la Fig. 4.

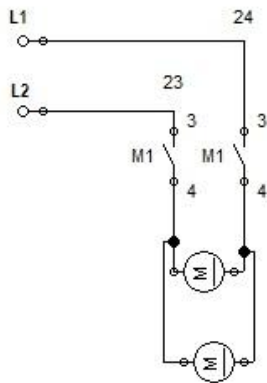


Fig.4 Esquema eléctrico de potencia

## VII. DISEÑO DE CIRCUITO NEUMATICO

La fuerza y suspensión del sistema es realizado mediante una serie de pistones neumáticos y una válvula neumática de vacío las cuales son controladas mediante una serie de válvulas electro-neumáticas [3], controladas por el circuito mostrado en la Fig.3.

Los sistemas neumáticos pueden generar grandes valores de fuerza y presión sin necesidad de utilizar corriente eléctrica facilitando uso en ambientes donde no hay acceso a corriente eléctrica por protección o localización, el esquema neumático de la planta será mostrado en la Fig. 5.

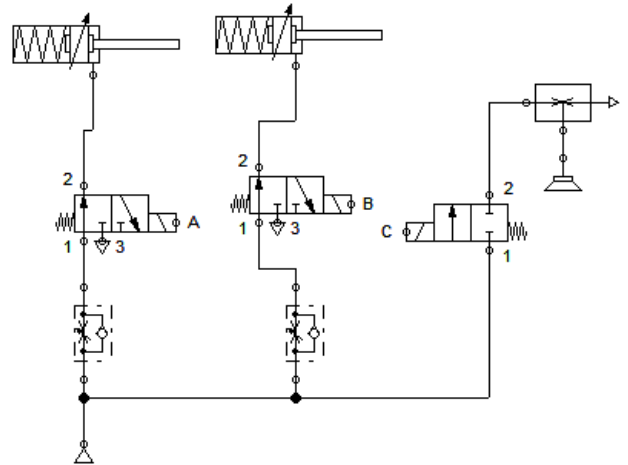


Fig. 5 Esquema neumático de la planta

## VIII. CALCULOS DE DISEÑO DEL SISTEMA

Se procede a realizar los cálculos de diseño necesarios para poner e funcionamiento el sistema.

### A. Cálculos de diseño para la etapa robótica

Para la fabricación del robot se usara el método de cinemática inversa, proceso para encontrar el estado de los actuadores en los ángulos ( $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ ), conociendo las coordenadas de la pinza móvil. Se ilustrara de mejor manera en la Fig. 6.

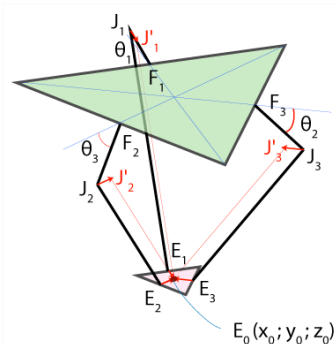


Fig. 6 Diseño estándar robot delta

Para el análisis de las respectivas cadenas cinemáticas, se localizara el plano YZ como se observa Fig. 7 y se calculara el ángulo designado.

Para el modelaje preliminar del robot delta se sustituirán valores de la Fig. 7 por los siguientes valores: R (0.07 m), r (0.025 m), l2 (0.3 m) y l1 (0.155 m)

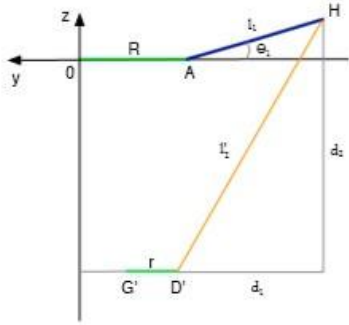


Fig. 7 Plano YZ del robot delta

Se procede a ocupar el teorema de pitagoras para encontrar el ángulo deseado, como se muestra en la Ec. 1

$$(d1)^2 + (d2)^2 = (l2)^2 \quad (1)$$

De igual manera se aplica para generar la Ec. 2

$$(l2)^2 = (l2)^2 + (x0)^2 \quad (2)$$

Sustituyendo los valores obtiene

$$(l2)^2 = 0.09m^2 - (x0)^2 \quad (3)$$

Cumpliendo la siguiente condición:

$$OA + l1 \cos(\theta1) = -y0 + G'D' + d1 \quad (4)$$

Sustituyendo los valores se obtiene

$$0.07m + 0.155(\theta1) = -y0 + 0.025 + d1 \quad (5)$$

Considerando los resultados de la Ec. 3

$$T = 0.07m + y0 - 0.025 \quad (6)$$

Se Despeja d1 como se muestra en la Ec. 7.

$$d1 = T + 0.155(\theta1) \quad (7)$$

De igual manera se relaciona la Ec. 8.

$$d2 = z0 + 0.155(\theta1) \quad (8)$$

Se simultanean las ecuaciones 1, 2, 7 y 8 para obtener la Ec.9.

$$2Tl1(\theta1) + 2z0l1\text{sen}(\theta1) = K \quad (9)$$

Sustituyendo los valores se obtiene la Ec. 10

$$0.31T1(\theta1) + 0.31z0\text{sen}(\theta1) = K \quad (10)$$

Realizando las sustituciones geométricas la ecuación queda como se observa en la Ec. 11

$$K = l2^2 - x0^2 - T^2 - l1^2 - z0^2 \quad (11)$$

Se procede a realizar los cálculos matemáticos necesarios para simplificar la Ec. 11.

$$K = 0.09 - x0^2 - (0.07 + y0 - 0.025)^2 - 0.024 - z0^2 \quad (12)$$

$$K = 0.066 - x0^2 - (y0 + 0.045)^2 - z0^2 \quad (13)$$

$$K = -x0^2 - y0^2 - z0^2 - 0.09y0 - 0.002 + 0.066 \quad (14)$$

$$K = -x0^2 - y0^2 - z0^2 - 0.09y0 + 0.063975 \quad (15)$$

Se realiza la sustitución de la Ec. 15, por sus identidades trigonométricas para obtener la Ec. 16

$$\cos(\theta1) = \frac{1-t^2}{1+t^2}; \text{sen}(\theta1) = \frac{2t}{1+t^2}, \text{dondet} = \tan\left(\frac{\theta1}{2}\right)$$

Posterior a la sustitución la Ec. 16 queda de la siguiente manera

$$e1t^2 + e2t + e - 3 = 0 \quad (16)$$

Donde el valor de cada variable de la Ec. 16 se representa en las Ec. 18, Ec.19 y Ec. 21:

$$e1 = 2Tl1 + K \quad (17)$$

Se sustituyen los valores de la Ec. 17 para obtener la Ec. 18.

$$e1 = -x0^2 - y0^2 - z0^2 + 0.22y0 + 0.077925 \quad (18)$$

$$e2 = -4z0l1 = -0.62z0 \quad (19)$$

$$e3 = -2Tl1 + K \quad (20)$$

Se sustituyen los valores de la Ec. 20 para obtener la Ec. 21.

$$e3 = -x0^2 - y0^2 - z0^2 - 0.4y0 + 0.05 \quad (21)$$

Resolviendo la Ec. 21 se obtienen 2 los valores de  $\theta1$  los cuales serán de forma correspondientes a 2 posibles posiciones del eslabón l1, pero según las pruebas realizadas solo la raíz negativa proporciona el valor correcto por lo que:

$$\theta1 = 2\text{tan}^{-1} \frac{-e2 - \sqrt{e2^2 - 4e1e3}}{2e1} \quad (22)$$

Para los cálculos de  $\theta2$  y  $\theta3$  se deberá hacer una matriz de rotación con respecto al eje z con un ángulo de fase de  $120^\circ$  para el caso de  $\theta2$  y de  $240^\circ$  para el caso de  $\theta3$  con respecto a  $\theta1$ .

Por lo que las posiciones para el ángulo  $\theta_2$  se denotaran en Ec. 23, Ec. 24, Ec. 25

$$x' = x_0 \cos(120) - y_0 \sin(120) \quad (23)$$

$$y' = x_0 \sin(120) - y_0 \cos(120) \quad (24)$$

$$z' = z_0 \quad (25)$$

De igual manera para las posiciones del ángulo  $\theta_3$  se denotaran en Ec. 26, Ec. 27 y Ec. 28

$$x'' = x_0 \cos(240) - y_0 \sin(240) \quad (26)$$

$$y'' = x_0 \sin(240) - y_0 \cos(240) \quad (27)$$

$$z'' = z_0 \quad (28)$$

Se procede al igual que para el ángulo  $\theta_1$  sustituyendo el valor de las coordenadas en la Ec. 15 y realizando el resto de sustituciones y despejes necesarios hasta obtener los ángulos de interés  $\theta_3$  y  $\theta_2$ .

Con los ángulos de avance y posicionamiento calculados y las medidas seleccionadas el dimensionamiento del robot delta queda como se muestra en la Fig. 8



Fig. 8 Diseño final con medidas del robot delta.

### B. Dimensionamiento de dispositivo de control

Para la etapa de control del trabajo se utilizó un Logo[4] de 110 VAC y un Arduino UNO, debido a que eran los elementos con que se contaban inmediatamente. Por lo que en esta sección se detallará el dimensionamiento de los dispositivos relacionados con el tratamiento de la señal de entrada de los controladores.

Fue necesaria implementar una etapa de potencia para poder transformar las señales eléctricas que entregan los sensores, y convertirlas en señales adecuadas para el LOGO y el arduino, el circuito será mostrado en la Fig. 9.

Para enviar las señales de entrada a los distintos controladores se utilizaron 4 sensores: uno difuso, dos retro reflexivos y uno inductivo; todos alimentados con 12 Vdc y representados con la letra S en el diagrama. Debido a que la señal de salida de los sensores es de 12 Vdc, no se pueden conectar directamente con el LOGO ni el Arduino.

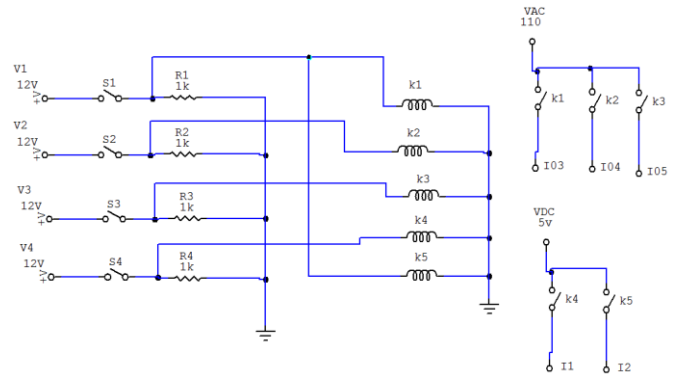


Fig. 9 Diseño de diagrama eléctrico de control

## IX. INTERFAZ DE PROGRAMACION

La interfaz de programación del sistema se divide en dos, ya que existen 2 controladores que se encuentran al mismo nivel e intercambian información para mantener funcionando el sistema en su totalidad.

### A. Interfaz Logo

Para la interfaz del logo se realizó una programación de bloques como se muestra en la Fig. 10, donde entrar en relación los distintos sensores y la actuación de la banda transportadora y la parte neumática del sistema.

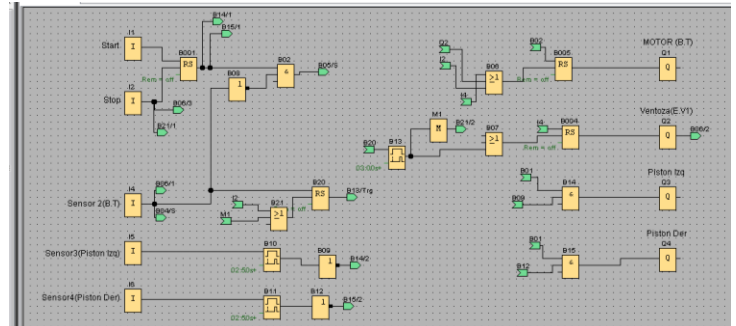


Fig. 10 Programación por bloques del controlador en Logo

### B. Interfaz Arduino

Para la interfaz de arduino se hace uso con la siguiente guía que realiza un control del número de piezas clasificadas y el número de ciclos de trabajos realizados hasta el último instante de su operación.

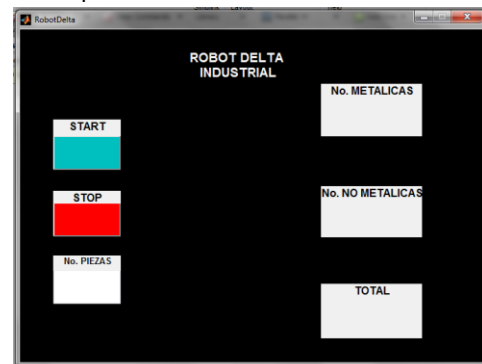


Fig. 14 Interfaz GUI de Matlab del robot delta

### XIII. MONTAJE PROTOTIPO FINAL

Posterior a todas las pruebas realizadas en la Fig. 15 y Fig. 16 se mostrara el resultado físico del prototipo.

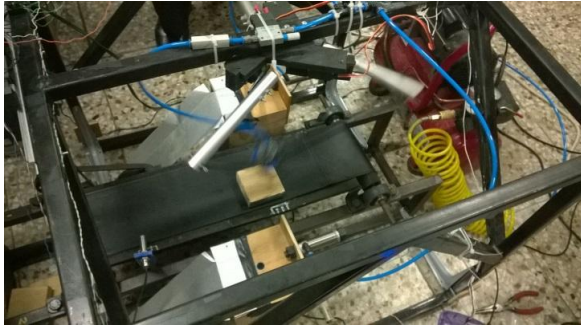


Fig. 15 Vista superior lateral del prototipo

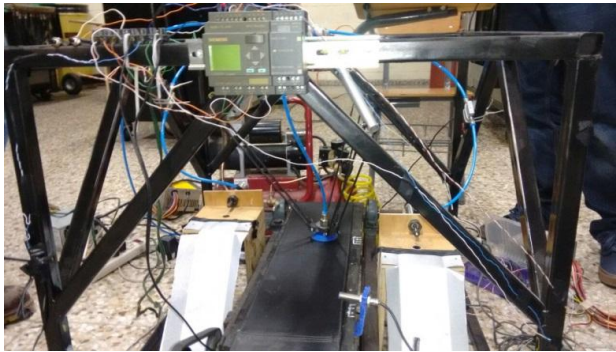


Fig. 16 Vista frontal del prototipo

### X. CONCLUSIONES

Durante el desarrollo de la investigación se llegó a las siguientes conclusiones.

#### A. Utilidad de la herramienta Fluidsim

Gracias a las herramientas de software como Fluidsim se puede simular el proceso para observar el comportamiento del sistema sin necesidad de pruebas destructivas, representar el sistema en un diagrama de tiempo y observar su comportamiento a través del tiempo.

Poseyendo todas las herramientas y actuadores necesarios para la elaboración del proyecto, se puede ensamblar y hacer las pruebas convenientes para su finalización, tomando en cuenta los resultados de la simulación.

#### B. Alta eficiencia de los PLC's en el control de sistemas electro neumáticos.

En la actualidad los avances tecnológicos han permitido ingresar nuevos dispositivos como son los PLC's, que permiten controlar de mejor manera tanto los sistemas eléctricos, como los sistemas neumáticos en comparación con los métodos de control tradicionales de los mismos, logrando procesos más simples, de mayor comprensión, que optimizan espacio y recursos.

#### C. Alta eficiencia de los robots en la industria.

Luego de una serie de pruebas se concluyó que el robot delta tiene una velocidad de movimiento confiable, un posicionamiento efectivo y una velocidad de respuesta contundente, denotando la capacidad de ambientarse a distintas tareas en distintos sectores de la industria, delimitado únicamente por su entorno de trabajo.

#### D. Utilidad de los sensores para la detección de señales

Los sensores al ser los sentidos de nuestro sistema son los encargados de brindar toda la información necesaria para la operación adecuada del sistema, concluyendo que a medida se incorporan más sensores al sistema, mejor será la respuesta del sistema.

#### E. Ventajas de los sistemas neumáticos

Los sistemas neumáticos brinda grandes capacidades de fuerza a los sistemas donde son empleados y de igual manera brindan protección a los sistemas en los que están integrados ya que no son inflamables y no requieren más que aire comprimido para su debida operación, de igual forma mediante el uso de válvulas adecuadas pueden generar redes complejas de control de diversos sistemas en la industria.

### XI. REFERENCIAS

- [1] Arduino. (2015). Arduino R3. Visto el 14 de julio del 2015. Disponible en: <http://www.arduino.cc>
- [2] Mathworks (2015). Matlab. Visto el 14 de julio del 2015, disponible en: <http://www.mathworks.com/products/matlab/>
- [3] Fundamentacionesneumaticas. (2015). Electro neumática. Visto el 14 de julio del 2015. Disponible en: <https://fundamentacionneumatica.wikispaces.com/Electroneumatica>.
- [4] Logo (Lenguaje de programación). (2015). LOGO. Visto el 13 de julio del 2015. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Logo\\_\(lenguaje\\_de\\_programaci%C3%B3n\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Logo_(lenguaje_de_programaci%C3%B3n))

### XII. BIOGRAFIA



**Ricardo Alexander Argueta Moran:** Nacido el 14 de agosto del 1993, San Salvador, El Salvador. Graduado de Bachillerato general en el colegio Liceo Salvadoreño (2004-2010), actual estudiante egresado de ingeniería Mecatrónica en la Universidad Don Bosco. Miembro de la rama estudiantil UDB desde el año 2012.