

## **IMPLEMENTACIÓN DE UN ALGORITMO DE CONTROL PARA LA SIMULACIÓN DE UN PROCESO DE PALETIZADO DE OBJETOS EMPLEANDO UN ROBOT DELTA**

### **IMPLEMENTATION OF A CONTROL ALGORITHM FOR THE SIMULATION OF AN OBJECT PALETIZED PROCESS USING A ROBOT DELTA**

**Daniel Eduardo Clavijo Quintero.\* Eduar Alejandro Tarapuez Yela.\*\***

**Resumen:** Se implementó un robot delta controlado por medio de un micro-controlador (PSOC 5LP), el cual tiene como función enviar las ordenas a ejecutar para que el driver de motores (TB65603V2) las ejecute y de esta manera guiar la trayectoria que debe seguir el actuador final del robot, el cual tiene acoplado un electroimán que es el encargado de tomar las piezas a estivar de una banda transportadora y llevarlas hasta su destino. Esto es posible por medio de unas placas metálicas ubicadas en la parte superior de las cajas, sumado a lo anterior se tiene una interfaz en la cual se puede visualizar es estado de los motores y la cantidad de piezas trabajadas. La comunicación entre el micro-controlador y el driver de motores se hace por medio de un puerto paralelo el cual da la velocidad de respuesta del sistema

**Palabras clave:** Cinemática de robot, Control automático, Movimiento de robot, Robots paralelos.

---

\* Tecnología Electrónica, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia.  
danielclavijo96@hotmail.com\* edwartarapuez@hotmail.com \*\*

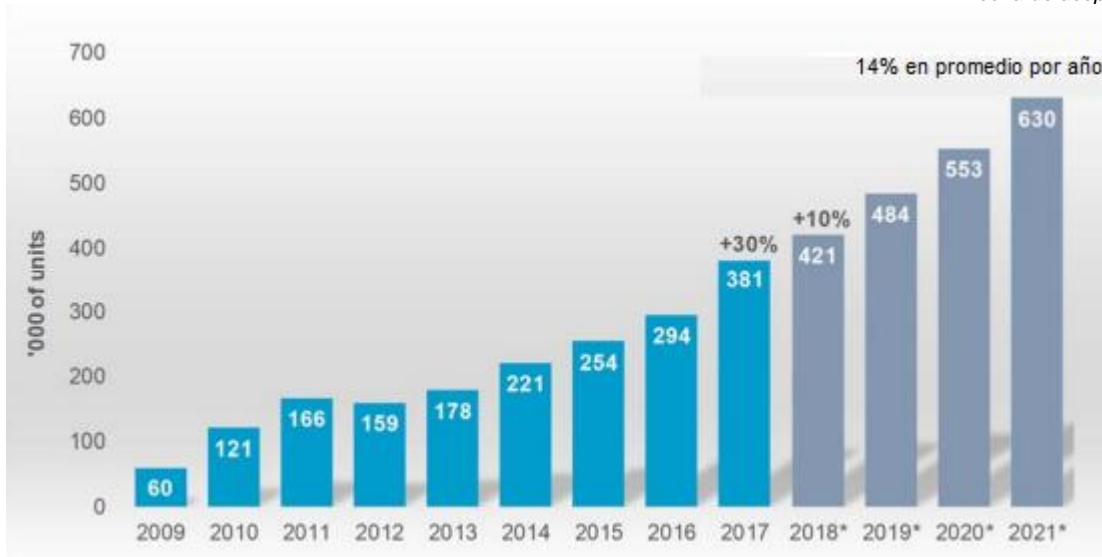
**Abstract:** A controlled delta robot was implemented by means of a micro-controller (PSOC 5LP), which has the function of sending the orders to be executed so that the motor driver (TB65603V2) executes them and in this way guides the path to be followed by the final actuator of the robot, which has an electromagnet attached that is responsible for taking the parts to be stretched from a conveyor belt and taking them to their destination. This is possible by means of metal plates located in the upper part of the boxes, added to the above there is an interface in which it is possible to visualize the state of the motors and the quantity of pieces worked. The communication between the micro-controller and the motor driver is given to me through a parallel port which gives us the system's response speed

**Key Words:** Automatic control, Parallel robots, Robot kinematics, Robot movement.

## 1. Introducción

En diversos laboratorios en el mundo está surgiendo una nueva generación de robots que pueden ayudar y asistir a los seres humanos en diversas tareas a nivel industrial. Se predice que estos robots van a transformar en buena medida la vida de las personas en un futuro próximo, ya que realizarán una gran cantidad de tareas en beneficio de la humanidad. [1]

Actualmente la industria robótica está en auge según cifras oficiales de la Federación Internacional de Robótica (IFR) “la demanda de robots no ha hecho más que crecer desde el 2010. Además, cada año se incrementa en un 15% más a causa de la evolución tecnológica, nuevos conocimientos y la tendencia a la automatización que se encuentra en la mayoría de empresas. [2]



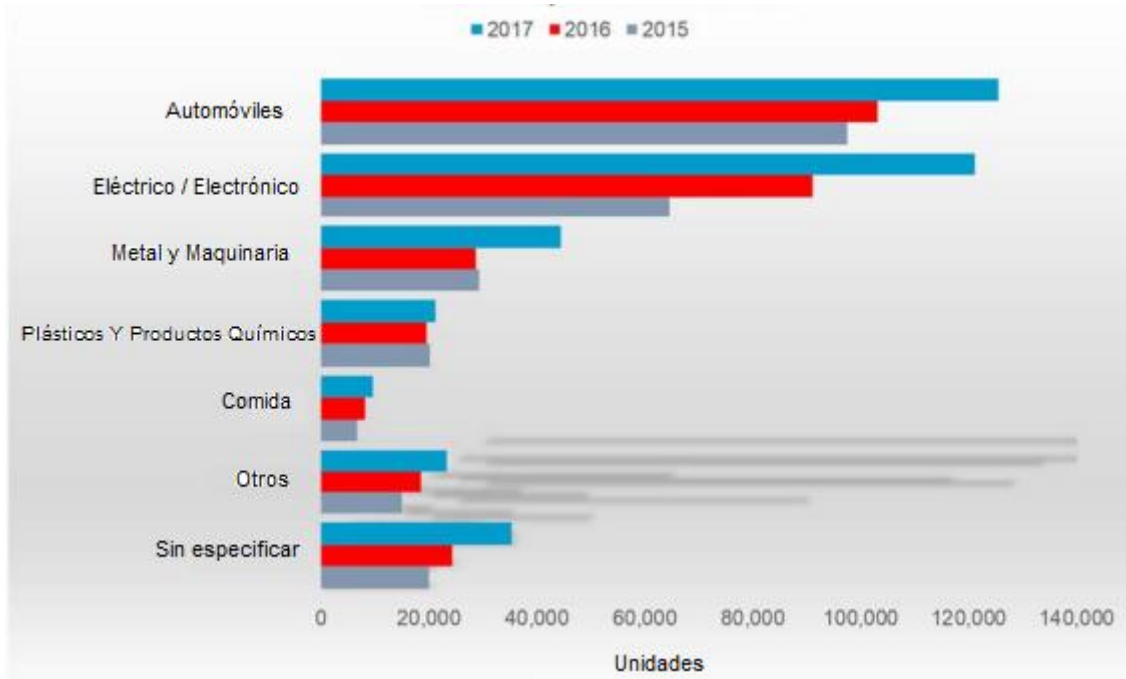
**Figura 1. Estimado anual mundial de robots industriales 2009 - 2017 y proyección 2018 – 2021 [2], imagen modificada por los autores**

Un total de 74 robots por cada 10.000 empleados en las industrias manufactureras. Esta es la media de robots industriales instalados en todo el mundo en el año 2016 según las últimas cifras facilitadas por la Federación Internacional de Robótica (IFR). El año anterior, el número medio de robots era de 66.

Por regiones, Europa se sitúa en cabeza con una media de 99 robots por cada 10.000 trabajadores de la industria manufacturera. América cuenta con 84 robots, mientras que en Asia la media es de 63 unidades. Sin embargo, si se analiza el crecimiento en el período 2010-2016, el continente que más crece es Asia (9%), seguido de América (7%) y Europa (5%).[2]

Estos robots son usados en los diferentes sectores de la industria a nivel mundial, La utilización de esta tecnología también contribuye al bienestar humano, eliminando la

necesidad de que las personas realicen trabajos pesados y peligrosos. Los robots paralelos y entre ellos los delta son muy usados debido a su arquitectura más rígida, su alta relación carga/peso, las altas velocidades que puede manejar y su mayor precisión.[3].[4]



**Figura 2. Estimado anual de robots industriales a fin de año en todo el mundo por sectores [2], imagen modificada por los autores**

Algunas de las aplicaciones donde se emplean estos robots son: procesos de pick and place (recoger y colocar) en donde se busca transportar objetos de bajo peso (de 10 gr a 1 Kg), por lo que lo hace un excelente candidato en la industria de ensamblado de componentes electrónicos. Otros usos se encuentran en la industria del embalaje, en la industria farmacéutica e incluso para aplicaciones médicas de cirugía. [5].[6]

## **Estado del arte**

Inser Robótica diseñaron un robot para depaletizado de cajas de plástico con botellas retornables el cual se apoya en una cámara de visión artificial 3D capaz de localizar la configuración y dimensiones de cada palet. Envía esa información a un robot industrial equipado con una garra que toma la capa completa para posteriormente ir soltando las cajas sobre un sistema de transportadores que logran finalmente enviar en una sola fila, todas las cajas. [7]

En la escuela tecnológica instituto técnico central dos estudiantes realizaron el diseño de robot delta para el posicionamiento de componentes electrónicos SMD en circuitos impresos durante su ensamblaje, el cual funciona con una estructura a la cual se le adaptó una cámara para poder ubicar los componentes electrónicos en la tarjeta. Pese a ser exacta esta estructura de ensamblaje se limita a una reducida variedad de dispositivo.[8]

En Lyon dos estudiantes de INSA realizaron una calibración geométrica efectiva de un robot paralelo Delta utilizado en neurocirugía, aplicando esta tecnología a otros sectores de la industria se debe destacar que esa solución es muy útil para garantizar un proceso muy preciso ya que presenta un error real en milímetros garantizando su efectividad. [5]

En la Universidad Tecnológica De Pereira 3 estudiantes realizaron el diseño de un robot delta para el control de calidad en la industria papelera, este robot está controlado por medio de un Arduino Uno, por medio de una cámara se hace un tratamiento de imágenes para identificar el estado final del producto, de ser positivo pasa a ser empacado por una TMC 300 de ser negativo el producto es rechazado y retirado del proceso.[9]

Inser Robótica diseñaron un robot para paletizado de envases de margarina el cual está equipado con una garra que utiliza diferentes tipos de ventosa según el producto a manipular. Es capaz de paletizar tanto las cajas de cartón, como los envases de plástico, cada producto llega por una línea de transporte diferente, y el robot las atiende según va llegando el producto.[10]

En el departamento de ingeniería electromecánica en china dos estudiantes realizaron el análisis dinámico de un robot paralelo delta modificado para reanimación cardiopulmonar el cual es un robot médico construido por mecanismos paralelos para las compresiones torácicas en el rescate de un paciente. A la luz de los requisitos de reanimación cardiopulmonar (RCP) desde aspectos médicos. El cual tienen planeado usarlo para operaciones de búsqueda y rescate y en otros campos. [11]

Dos estudiantes de la Universidad Nacional de Tecnología de Taipéi hicieron el desarrollo de un sistema de visión servo con la finalidad que un robot Delta elija y coloque piezas en una banda transportadora para lograr esto hizo la planificación del movimiento del robot Delta bajo el sistema de servo visión propuesto, la cinemática de avance y retroceso del robot Delta se tiene presentes, además de todo esto se realiza un procesamiento de imágenes con el método de bordes de Canny, la programación del procesamiento de imágenes se desarrolla en C++.[12]

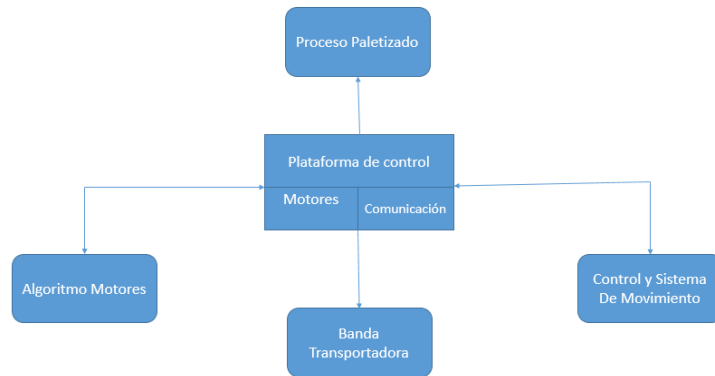
Por su parte, la Universidad Nacional de Colombia (Sede Bogotá) por medio del Grupo de Investigación UNRobot, han trabajado en diferentes temáticas dentro del campo de los manipuladores, tales como el diseño dimensional óptimo (en conjunto con la Universidad Tecnológica de Bolívar) y algunos trabajos colaborativos con instituciones nacionales e internacionales, como lo es el desarrollo de la síntesis dimensional basado en la evaluación

del indicador de desempeño global en un manipulador esférico (en colaboración con la Universidad Politécnica de Madrid y la Universidad del Valle) la solución de la cinemática directa en un manipulador paralelo tipo 3-RRR utilizando Newton-Raphson utilizando una función de restricción genérica, y el desarrollo e implementación de un robot paralelo tipo Stewart Gough para proceso de medición y observación en el bajo el agua oceánica.[13] [14]

La Universidad de Pamplona, concretamente con el semillero de investigación SIARC, es una de las instituciones con mayor cantidad de trabajos orientados hacia la aplicación de manipuladores paralelos. Se destacan los trabajos desarrollados en síntesis dimensional mediante algoritmos genéticos en manipuladores paralelos tipo Delta con actuadores lineales, el desarrollo e implementación de un robot paralelo tipo Keops, y un manipulador paralelo tipo 5R para proceso de impresión en 3D. [6]

## **2. Desarrollo del tema**

Se quiso implementar un sistema de control en un robot delta que fuera controlado a través de un módulo bluetooth esto con el fin de mostrar a través de una interfaz gráfica las actividades o tareas específicas que se realizan, la comunicación se lleva a cabo vía puerto paralelo entre dos micro controladores (PSOC 5lp y un TB65603V2) los cuales controlan el movimiento de los motores que representan los ejes X Y Z la Figura 1 se muestra el diagrama de bloques que se implementó



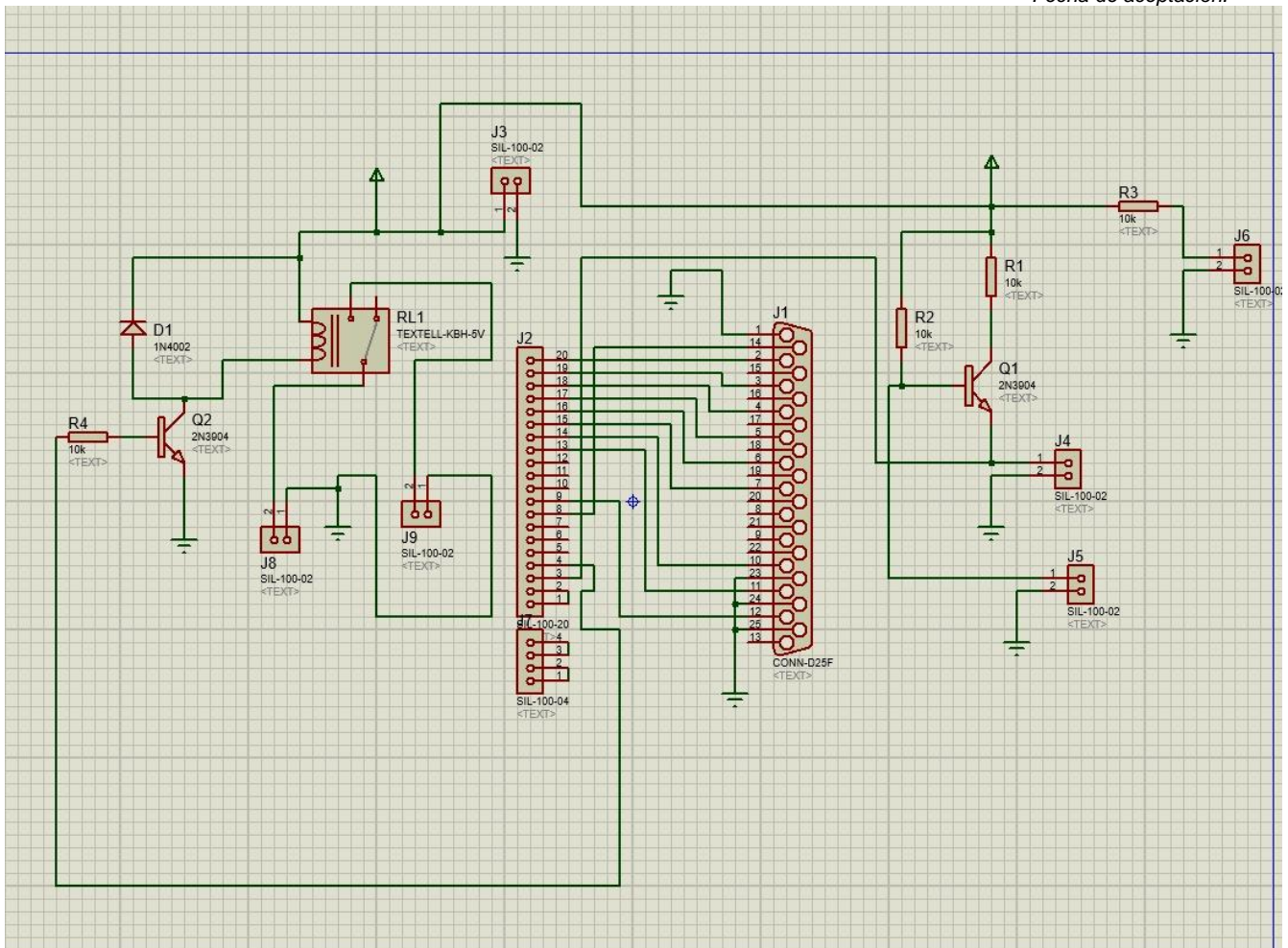
**Figura 3. Diagrama de bloques \*\*imagen de autoría propia**

## 2.1. Control

En la figura 4 se puede ver el circuito que se diseñó y empleó para hacer el control de la estructura robótica, en este se puede identificar de izquierda a derecha: un pequeño circuito en el cual se emplea un transistor 2N3904 para accionar un relé y de esta manera energizar el electroimán que se encuentra ubicado en el actuador final de la estructura, en la parte central se encuentra el puerto paralelo que se conecta a una regleta con el fin de realizar la comunicación de las dos tarjetas, el circuito de la derecha es un sensor infrarrojo, el emisor y receptor de este circuito se encuentran ubicados en un extremo de la banda transportadora, cuyo fin es detectar el momento en el cual una pieza a estivar cruza por la banda transportadora.

El proceso de estivación tiene inicio después de que el sensor ubicado en la banda transportadora se activa, en este momento el actuador final de la estructura se posiciona en unas coordenadas predeterminadas luego, se activa el relé permitiendo que el electroimán se energice y sujeta la caja por la parte superior ya que esta última cuenta con unas delgadas láminas de metal, para liberar la pieza en su lugar el electroimán se des-energiza.





**Figura 4. circuito empleado para hacer el control de sistema \*\*Imagen de autoría propia**

### 2.1.2. Programación

Para la programación se utilizó una Psoc 5lp y un driver de motor de 3 ejes llamado TB65603V2, las órdenes del sentido de los motores y lectura de los sensores ubicados en la estructura es dada por la primera tarjeta, la segunda hace una interpretación de las instrucciones dadas y lleva el actuador final de la estructura a unas coordenadas fijadas, después de esto se activa el electroimán para sujetar la pieza que se desea transportar y dejarla en el lugar correspondiente

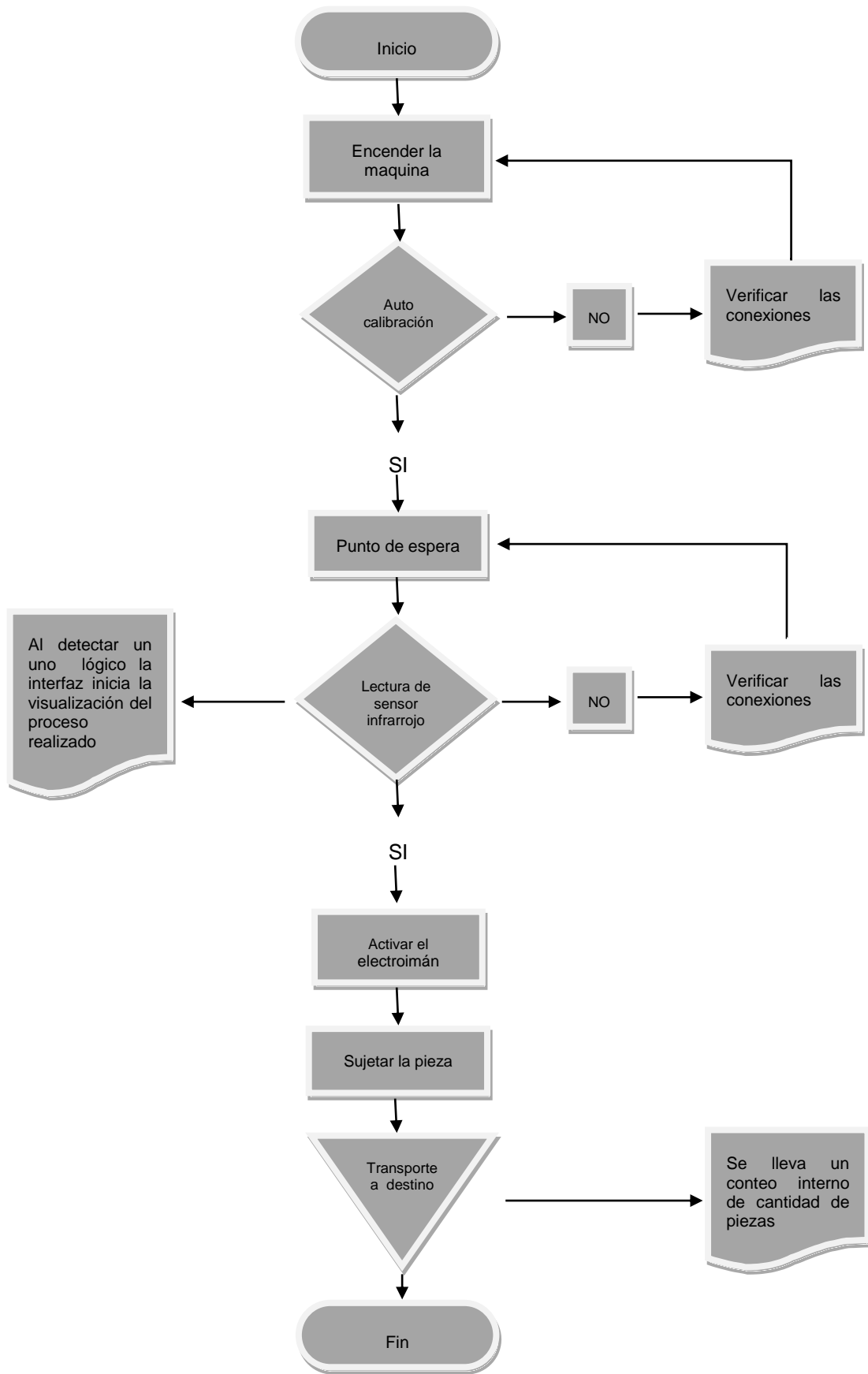


Figura 5. diagrama de flujo proceso de estivación en el robot delta \*\*Imagen de autoría propia

## 2.2. Resultados



**Figura 6. Estructura del robot delta \*\*Imagen de autoría propia**

En la figura 5 se observa la estructura del robot delta en ella se aprecia una banda transportadora la cual es la encargada de llevar las piezas que se desean estivar, en el costado de esta se tiene un sensor infrarrojo que se activa cuando una pieza cruza por determinada posición. Después de esto el robot se dirige a tomar la pieza y por medio de un electroimán logra sujetarla para después llevarla al espacio central el cual se denomina espacio de trabajo, este es el lugar donde el robot dejará caer la pieza en un palet para finalmente ser manipuladas por un operario

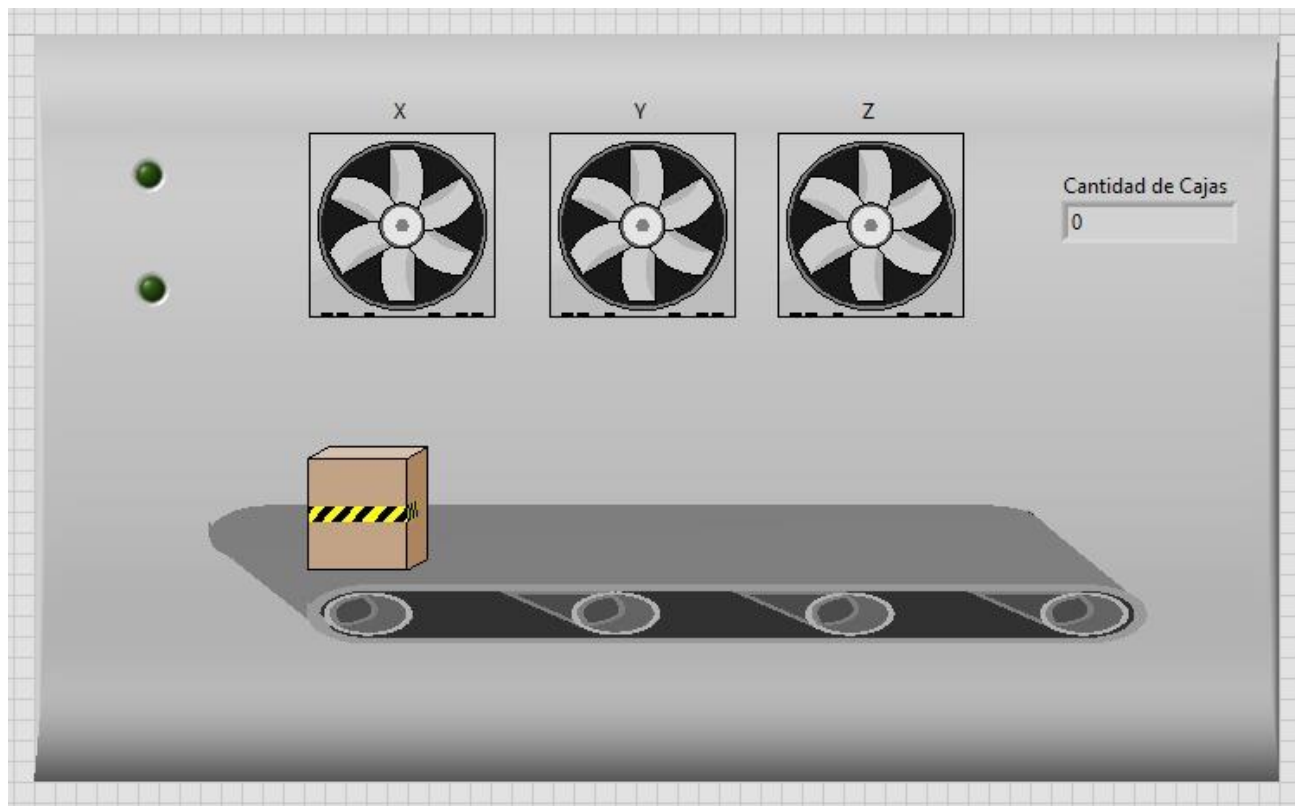
Debajo del espacio de trabajo se encuentra un compartimento en el cual se ubican los circuitos y tarjetas de control para el correcto funcionamiento del robot delta



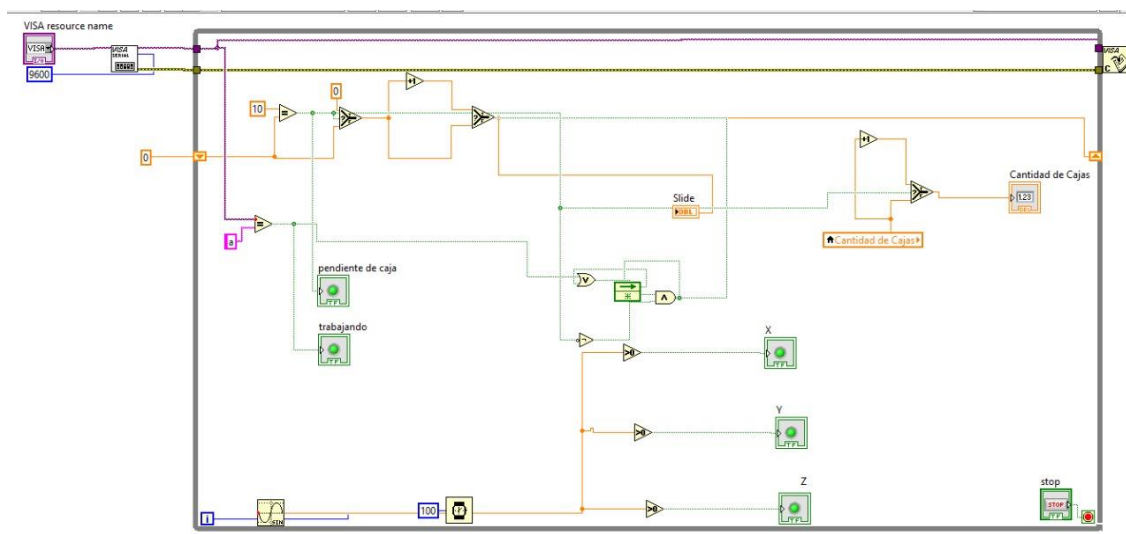
**Figura 7. Circuitos del robot delta \*\*Imagen de autoría propia**

En la figura 6 se pueden observar los circuitos que hacen posible el correcto funcionamiento del robot delta, de izquierda a derecha: fuente de alimentación la cual es la encargada de suplir de energía al driver de motores para garantizar su correcto funcionamiento. Circuitos eléctricos: en este punto se puede apreciar un micro controlador (Psoc 5lp) considerado el eje central del sistema de control debido a que se emplea para hacer las lecturas de los diferentes sensores presentes en la estructura, activar el electroimán para la sujeción de piezas y llevar el conteo de unidades trabajadas. TB65603V2; driver de motores: se encarga de orientar el funcionamiento de cada uno de los motores garantizando un sentido en conjunto e individualmente para poder abarcar el mayor espacio de trabajo posible.

### 2.2.1. Interfaz Grafica



**Figura 8. interfaz diseñada en Labview \*\*Imagen de autoría propia**



**Figura 9 Programa de control interfaz en Labview \*\*Imagen de autoría propia**

En la figura 6 se observa la interfaz gráfica previamente creada en la cual se muestra de izquierda a derecha: dos indicadores led, el superior se enciende para evidenciar que el sistema se encuentra operando, el inferior se enciende cuando la estructura se encuentra en punto de espera. En la parte central superior se encuentran tres indicadores los cuales muestran que los motores se encuentran en funcionamiento, en la parte inferior se observa una simulación de una caja que está siendo transportada por la banda. En el lado derecho se tiene un indicador numérico de la cantidad de cajas que se han transportadas y estivado

### **3 Conclusiones**

- El sistema de control opera de manera correcta garantizando el cumplimiento de los objetivos propuesto inicialmente, no obstante si se requiere una mayor velocidad de trabajo es recomendable agregar un sistema de visión artificial que detecte por medio de un tratamiento de imágenes la posición exacta de las piezas a trabajar.
- Se debe tener en cuenta la naturaleza de los componentes empleados dado que la inductancia presente en algunos de ellos genera una EMI que inhabilita los circuitos o genera un error en la lectura de los sensores utilizados.
- Es necesario tener en cuenta los elementos a transportar, en este caso se utilizó una lámina metálica pero en otras opciones se podría utilizar una ventosa la cual ayuda a levantar distintos tipos de material, una mano robótica podría elevar objetos más pesados.

## Referencias

- [1] E. F. Morales and L. E. Sucar, "Los Robots del Futuro y su Importancia para Mexico Omnipresencia y dependencia tecnol ´ ogica," pp. 1–11.
- [2] E. Summary, W. Robotics, and I. Robots, "Executive Summary World Robotics 2018 Industrial Robots," 2018.
- [3] J. a. Briones, "Diseño, Análisis Y Construcción De Un Robot Paralelo Traslacional," *Itzamna.Bnct.Ipn.Mx*, vol. Master The, 2009.
- [4] A. J. Alvares, A. R. Gasca, and C. I. R. Jaimes, "DEVELOPMENT OF THE LINEAR DELTA ROBOT FOR ADDITIVE MANUFACTURING," no. 3, pp. 187–192, 2018.
- [5] D. Deblaise and P. Maurine, "Effective Geometrical Calibration of a Delta Parallel Robot Used in Neurosurgery," pp. 1–6.
- [6] H. F. Quintero-riaza, L. A. Mejía-calderon, G. Holguin, M. J. Herrera-lópez, C. A. Mesa, and G. Daraviña-peña, "Aplicaciones de los Robots Paralelos," no. August, 2018.
- [7] C. Hsu and W. Chen, "Motion Planning and Control of a Picture-Based Drawing Robot System," 2017.
- [8] Á. Uribe, Armando Rojas, "Diseño de robot delta para el posicionamiento de componentes electrónicos SMD en circuitos impresos durante su ensamblaje Delta robot design for the placing of smd electronic."
- [9] L. F. López Isaza, C. A. Bedoya Bedoya, A. Rada Duque, and T. Mecatrónico, "Diseño de un robot delta para el control de calidad en la industria papelera," 2015.
- [10] S. Wang and H. Lin, "An Application of Vision Technology on Intelligent Sorting System by Delta Robot," 2017.
- [11] Y. Li and Q. Xu, "Dynamic Analysis of a Modified DELTA Parallel Robot for Cardiopulmonary Resuscitation \*."



- [12] C. Lin, "Vision servo based Delta robot to pick-and-place moving parts," *2016 IEEE Int. Conf. Ind. Technol.*, pp. 1626–1631.
- [13] O. A. Vivas Albán, "Robótica Paralela: Aplicaciones Industriales, Modelado Y Control," *Ai*, p. 10, 1989.
- [14] S. Jian and Y. Lou, "Application of motion control system for delta parallel robot," *2017 IEEE Int. Conf. Inf. Autom. ICIA 2017*, no. July, pp. 732–736, 2017.