

INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO  
CENTRAL TÉCNICO



CARRERA DE ELECTRÓNICA

TEMA:

Análisis del control de posición de un motor de corriente continua.

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN  
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

FLORES PEREZ EDWIN JAVIER.  
PAREDES REDROBAN GIANLUCA.

Asesor:

Ing. SEBASTIÁN LOZADA

QUITO, JULIO DEL 2020.

© Instituto Superior Tecnológico Central Técnico (2020).

Reservados todos los derechos de reproducción

## DECLARACIÓN

Yo Flores Perez Edwin Javier, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

El Instituto Superior Tecnológicos Central Técnico puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



---

Flores Perez Edwin Javier

## DECLARACIÓN

Yo Paredes Redroban Gianluca, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

El Instituto Superior Tecnológicos Central Técnico puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



.....  
Paredes Redroban Gianluca

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por (Flores Perez Edwin Javier, Paredes Redroban Gianluca), bajo mi supervisión.

---

(Nombre completo).  
TUTOR DE PROYECTO

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por ayudarme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida. A mi madre que con su demostración de una madre ejemplar me ha enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos. A mi padre que me ha enseñado a trabajar y luchar para conseguir todo lo que me proponga en la vida. A Adriana, por acompañarme y estar a mi lado durante todo el camino y compartir conmigo alegrías y fracasos. Al Ing. Sebastián Lozada, tutor de tesis, por su valiosa guía y asesoramiento a la realización de la misma. Gracias a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este Proyecto.

**Gianluca Paredes Redroban**

## **AGRADECIMIENTO**

Antes que nada mi familia tanto hermanos como mis padres han sido un pilar fundamental no solo en la realización de este trabajo, si no en mi vida, agradezco que confiarán en mí y que siempre estén apoyándome en los altos y bajos a lo largo de toda mi carrera, agradezco cada uno de sus consejos y el tiempo dedicado que han prestado para que este trabajo resulte de la mejor manera, así también un agradecimiento a todos los profesores por impartir sus conocimientos, y su ayuda a lo largo de mi carrera, así también a mis compañeros de clase que han hecho que el paso por esta carrera se mas amena.

**Edwin Javier Flores Perez**

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a mis padres por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional ya que han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles de mi vida. A mi hermano el cual siempre lo he sentido presente en mi vida a pesar de que nos faltaron muchas cosas por vivir juntos sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí. Y sé que está orgulloso de la persona en cual me he convertido.

**Gianluca Paredes Redroban**

## **DEDICATORIA**

Con cariño y afecto se lo dedico a mis padres, por su apoyo y confianza, además de sus consejos que han sido necesarios para la realización de este trabajo, y alcanzar otro de mis objetivos como persona y estudiante, también a mis compañeros y profesores que de una u otra manera se involucraron para mi formación profesional.

**Edwin Javier Flores Perez**

## Analysis of the position control of a direct current motor.

## Análisis del control de posición de un motor de corriente continua.

Flores Perez Edwin Javier<sup>1</sup> Paredes Redroban Gianluca<sup>2</sup> Lozada Sebastián<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Estudiante del IST Central Técnico, Quito, Ecuador*  
*E-mail: snorkkihsu\_125@hotmail.com*

<sup>2</sup> *Estudiante del IST Central Técnico, Quito, Ecuador*  
*E-mail: Gian9611@hotmail.com*

<sup>3</sup> *Docente del IST Central Técnico, Quito, Ecuador*  
*E-mail: wlozada@istct.edu.ec*

### RESUMEN

En el presente trabajo se realiza el análisis de control de posición de un motor DC mediante el uso del programa computarizado LabVIEW y la Planta electrónica para entrenamiento de sistemas de control EPC, con el fin de analizar su respuesta en movimiento y tiempo.

Se analiza cómo la velocidad de respuesta de un motor influye en la precisión del control, al momento de trabajar con motores de corriente continua y tarjetas de adquisición de datos. Por otro lado, se realizan las pruebas con diferentes señales digitales de control para obtener resultados aceptables en cuanto a posicionamiento y velocidad de respuesta.

La investigación se realiza bajo dos enfoques, descriptivo y exploratorio, mediante la lectura de manuales, hojas de datos y el recibimiento de capacitaciones para el uso correcto de tarjetas electrónicas y programas, los cuales permiten analizar la respuesta del motor frente a secuencias de control a diferentes velocidades.

Se construye el programa de simulación con la ayuda del software LABVIEW el cual permite una interfaz gráfica amigable de programación en bloques, lo que permite comprender de una manera didáctica el comportamiento del motor.

### SUMMARY

It analyzes how the response speed of an engine influences and the precision it must have through computerized tests, and digital tests are also carried out to obtain the most accurate results to solve concerns about positioning and response speed.

The research is carried out under two approaches, descriptive and exploratory, by reading manuals, data sheets and receiving training for the correct use of electronic cards and programs, which allow analyzing the response of the motor to control sequences to different speeds.

LabVIEW is a system design software with a graphic visual language that allows programming acceleration to shorten times and obtain better efficiency when developing a system. Stepper motor is a direct current motor that does not have brushes, also known as a motor (Stepper) is an electromechanical device, capable of moving in steps which depend on pulses sent from the control.

Palabras clave: Arduino; Labview; NI Elvis III; Stepper;

Keywords: Arduino; Epc; Labview; NI Elvis III; Stepper;

## INTRODUCCIÓN

El control de la posición de un motor de corriente continua paso a paso es necesario para varias aplicaciones industriales, en donde los motores de corriente continua convencionales no resultan efectivos, ya que es casi imposible el control exacto de estos, y ciertas aplicaciones requieren de un proceso sumamente preciso, para obtener los mejores resultados, es por esto el uso inevitable del motor paso a paso (stepper), el cual, es ideal ya que permite movimientos muy precisos, por el hecho de moverlo un paso a la vez, por cada pulso que se le aplique, siempre y cuando se tenga en cuenta que debe tener un sistema de control adecuado para cada uso que se le va a dar, caso contrario el motor no se moverá, o presentará errores en su movimiento.

El sistema de control se compone de varios elementos, como una tarjeta de adquisición de datos, por ejemplo, Arduino, que es una plataforma de desarrollo de hardware libre, el cual posee un microcontrolador reprogramable que mediante el programa que se cargue, permite establecer una conexión del microcontrolador con los diferentes tipos de sensores y actuadores del sistema, como lo es el motor paso a paso. Así también otro de los elementos importantes de este sistema de control es el programa implementado tanto en la tarjeta de adquisición de datos como en el tratamiento de los mismos, en esta parte juega un papel importante el software LabVIEW ya que este software sirve para las aplicaciones que requieran pruebas, medidas y control de acceso rápido a hardware y sobre todo que posee una interfaz gráfica, que permite al usuario novato o experimentado en otro tipo de programación, al desarrollo de nuevos programas con más facilidad, además del hecho que LabVIEW consigue combinarse con todo tipo de software y hardware. Dado el caso de usar como tarjeta de adquisición de datos al Arduino, el software LabVIEW cuenta con un proyecto fuente llamado LINX diseñado para facilitar el desarrollo de aplicaciones, el cual controla de manera remota a

Arduino permitiendo así elaborar un programa en LabVIEW con interfaz gráfica y subirlo a Arduino.

La manera de entregar los pulsos al motor pasa a paso no solo depende de las salidas del Arduino, ya que estas no entregan la corriente necesaria para realizar el movimiento del motor, por lo que se suele utilizar diferentes tipos de circuitos integrados o drivers de corriente. En el caso del presente trabajo estos circuitos vienen incluidos dentro del entrenador de planta de control (EPC), en el cual se dispone de varios actuadores y sensores tanto de velocidad, temperatura, señales analógicas etc. Y además está diseñado para conectar a un computador mediante una tarjeta de adquisición de datos, con lo que permite la utilización de Arduino con el software LabVIEW para realizar el control del motor paso a paso.

Las aplicaciones que se encuentran sobre este tema son muy variadas y se pueden encontrar algunas referencias en la bibliografía como la “Automatización de telescopio” realizada en la (Universidad Tecnológica Nacional) Buenos Aires – Argentina (Caruzo, Ruiz, Vieytes, Arluna, & Rojas, 2014), también el “Desarrollo de impresora 3D open-source” realizada en la (Escuela Universitaria Politécnica) España (Armada Pita, 2015), así también el “Diseño y prototipo de hardware de control para motores paso a paso realizada en (Universidad Politécnica de Madrid) Madrid – España (Huertas Burgos, 2017), por estas aplicaciones innovadoras se presta más atención al uso de estos tipos de motores para generar más aplicaciones y tipos de control que permitan resolver problemas en beneficio de la sociedad.

## 1. METODOLOGÍA

### 1.1 COMPONENTES A UTILIZAR

- Entrenador de planta "EPC".
- Motor paso a paso.
- Arduino.
- LabVIEW.

- Entrenador de planta EPC

Pineda Rosero y Kennya Silvana (2014) lo definen como una placa electrónica que incluye varios sensores y actuadores típicos en los sistemas de instrumentación y control tales como temperatura, velocidad, posición, señales analógicas de corriente continua, alterna, digital, y tren de pulsos es una herramienta diseñada para maximizar el aprendizaje de LabVIEW y adquisición de datos al proporcionar plantas físicas reales que funcionan con señales típicas.

- Motor paso a paso

Altamirano Hernández, Verónica Elizabeth (2015) definen que un motor paso a paso es un dispositivo electromecánico que convierte una serie de impulsos eléctricos en desplazamientos angulares discretos, lo que significa que es capaz de girar una cantidad de grados (paso o medio paso) dependiendo de sus entradas de control. El motor paso a paso se comporta de la misma manera que un conversor digital-analógico (D/A) y puede ser gobernado por impulsos procedentes de sistemas digitales.

- Arduino

Arduino es una plataforma de hardware y software de código abierto, basada en una sencilla placa con entradas y salidas, analógicas y digitales, en un entorno de desarrollo que está basado en el lenguaje de programación Processing. Es decir, una plataforma de código abierto para prototipos electrónicos.

- LabVIEW

Julian y Almidon (2018) definen que LabVIEW es un software de programación que posee un entorno de desarrollo gráfico, ofreciendo una sencillez en el despliegue de la interfaz del usuario mediante el uso de elementos gráficos, que reducen la tarea de programación y elaboración de la interfaz Hombre-Máquina. La utilización de este software permitirá simular un instrumento real de medición de las variables de voltaje y velocidad del motor DC apoyados del software y Hardware Arduino que son accesibles por el ordenador.

### 1.2 CONEXIONES DEL SISTEMA

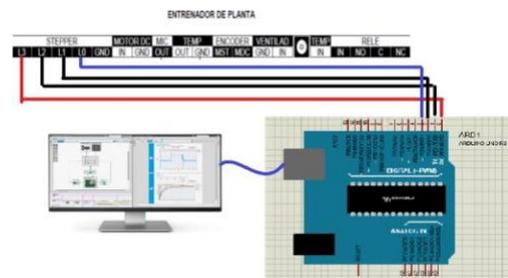


Figura 1: Conexiones del sistema  
Fuente: Propia

El EPC incluye un motor de pasos unipolar (Stepper) de cuatro entradas digitales disponibles en los terminales L0, L1, L2 y L3. Conforme se activan las líneas digitales en determinadas secuencias, el motor gira paso a paso.

Los terminales utilizados en la práctica dentro del equipo del EPC son las bobinas del motor stepper marcados con el nombre L3, L2, L1, L0 respectivamente a las salidas digitales del Arduino puntos 0, 1, 2, 3 ya que se programa de esa manera porque las bobinas deben que tener un ritmo adecuado para poder mover al motor en cierta dirección y poder tener mayor precisión.

### 1.3 COMUNICACIÓN DE LA PLACA EPC Y ARDUINO

La comunicación se realiza mediante

LabVIEW la cual mediante una interfaz gráfica permite comunicación directa y respuesta en milisegundos por lo tanto mediante las conexiones en la placa Arduino que se conecta a través de cable para protoboard a la planta directamente al motor stepper ya que dentro del EPC se encuentra un microcontrolador el que es necesario para poder realizar los movimientos de las bobinas según la secuencia deseada.

Se envía pulsos directamente a la placa del Arduino la cual transmite, transformándolas en secuencias para poder excitar las bobinas del motor.

#### 1.4 CONTROL DEL MOTOR A PASOS

Hay 3 tipos de paso que se puede poner en un motor paso a paso, pero eso dependerá del motor con el cual se trabaje.

**Paso simple:** Esta secuencia de pasos es la más simple de todas y consiste en activar cada bobina una a una y por separado con esta secuencia de encendido de bobinas no se obtiene mucha fuerza ya que solo es una bobina cada vez la que arrastra y sujeta el rotor del eje del motor.

**Paso doble:** Con esta secuencia el motor siempre avanza un paso por vez debido a que siempre existen 2 bobinas activadas, con esta secuencia se obtiene un alto torque de paso y retención.

**Medio Paso:** Combinando los dos tipos de secuencias anteriores se puede hacer mover al motor en pasos más pequeños y precisos y así tener el doble de pasos de movimiento para el recorrido total de 360° del motor.

#### 1.5 DISEÑO DEL SOFTWARE EN LabVIEW

El diseño del diagrama de flujo parte del programa de LabVIEW cuando se coloque dentro del programa la dirección que se desea o la posición que se requiera colocar el control del programa comenzará a excitar las bobinas hasta obtener los resultados que se colocaron en el dial mientras el resultado no sea el esperado el programa

continuará excitando las bobinas aumentando grados o disminuyendo hasta obtener la finalización del ejercicio.



Figura 2: Diagrama de flujo  
Fuente: Propia

EL funcionamiento del motor paso a paso con el uso del software LabVIEW se realiza mediante la comunicación que permite la interfaz de LabVIEW con Arduino, llamada LINX, el cual es un proyecto de fuente abierta diseñado para facilitar el desarrollo de aplicaciones embebidas usando LabVIEW, ya que se puede realizar la lectura de más de 30 sensores, y periféricos con entradas analógicas y digitales, y es aquí en donde se modifica la práctica, y se escoge que tipo de entrada debe estar dependiendo del tipo de tarjeta de recolección de datos, en la planta de control se encuentra un motor con un giro de aproximadamente 7.5° por cada paso. Por lo tanto, necesitará 48 pasos para girar una revolución completa de 360°.

Los pasos varían desde 90° hasta pequeños

movimientos de  $1.8^\circ$ , dependiendo del motor, para el caso del movimiento de  $90^\circ$  se necesita 4 pasos para poder llegar a los  $360^\circ$  y en el caso de  $1.8^\circ$  se necesitan 200 pasos para llegar a los  $360^\circ$  respectivamente, por lo que a mayor cantidad de pasos mayor es su precisión.

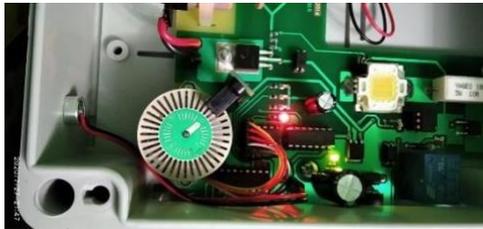


Figura 3: Driver del motor  
 Fuente: Propia

Para controlar los grados o los pasos del motor se realiza mediante una suma retroalimentada, en un Void Loop que se realiza dependiendo del dial o el dato que se quiera obtener si es mayor ese número entonces sumará un paso a la vez hasta obtener el resultado exacto.

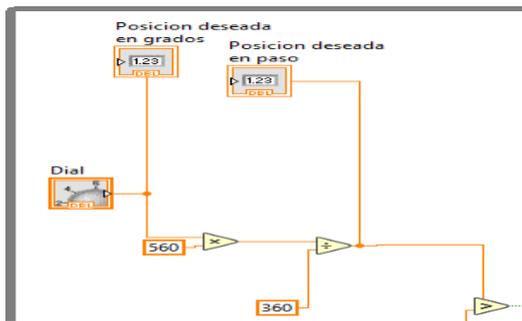


Figura 4: Sistema de censado principal para la calibración del motor. Fuente: Propia

Mediante una estructura While Loop la cual permite poder regresar al comienzo cada vez que procesa toda la secuencia, y en cada secuencia se encuentra una activación de bobina.

Una estructura de verdadero y falso que se necesita para controlar las bobinas es necesario tener un verdadero y tres falsos para que el motor sepa que bobina excitar, dentro del EPC se encuentra un buffer excitador que permite las activaciones de las bobinas para poder poner en funcionamiento.

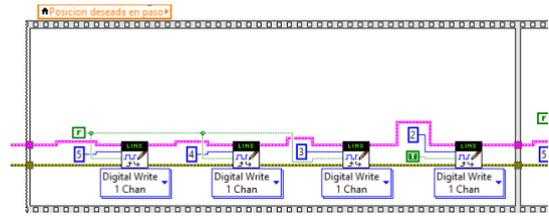


Figura 5: While Loop primera bobina activada.  
 Fuente: Propia

Mediante la digitalización de valores en el programa diseñado en LabVIEW se logra controlar el ángulo a través de un dial y la dirección a la que se requiera que se mueva el motor, además por ser una interfaz gráfica se puede identificar la posición en la que se encuentra el motor.

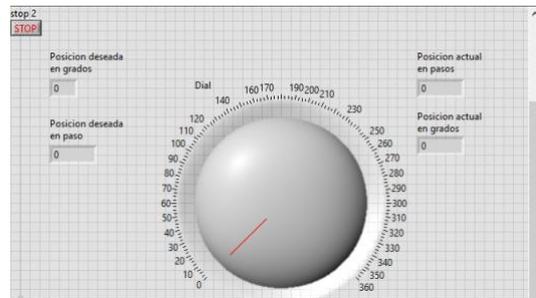


Figura 6: Panel de control.  
 Fuente: Propia

Se encuentra en el panel un contador de velocidad el cual permite saber la velocidad en la que se encienden las bobinas.

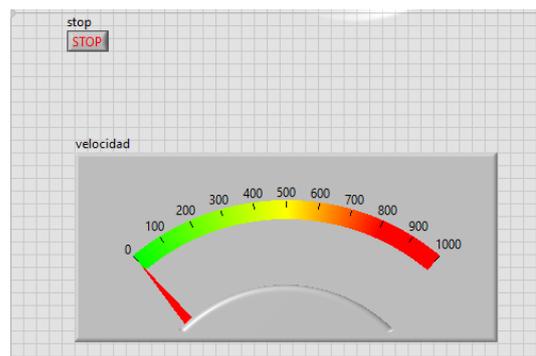


Figura 7: Velocímetro de pasos del motor  
 Fuente: Propia

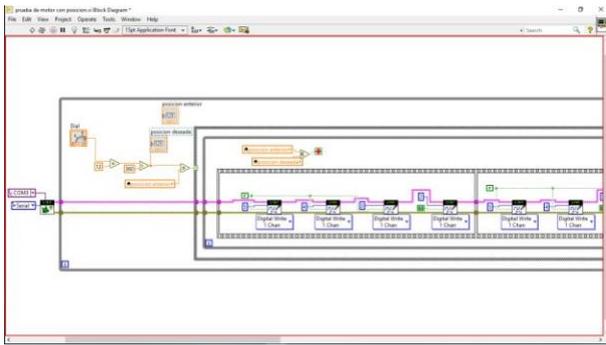


Figura 8: Programa realizado en LabVIEW Fuente: Propia

En el programa se realizan los pasos para poder mover el motor stepper, en donde se usó un Dial el cual se logra seleccionar la posición deseada, mediante la función LINX se usa para poder transmitir a Arduino los puertos que se usa, y por el puerto al cual se conecta a la computadora para enviar y recibir información, se abre un While Loop para poder realizar un ciclo repetitivo siempre y cuando se cumplan ciertas condiciones. En el primer ciclo se colocó la parte de indicadores y selectores para poder enviar y recibir datos al instante, después se realiza el case structure para poder usar la función si, ya que se realiza un verdadero y falso para cumplir determinadas funciones, se colocó condiciones en la cual se moverá mediante una secuencia que determina encendida una bobina a la vez como indica la tabla de valores a continuación.

Paso	Bobina A	Bobina B	Bobina C	Bobina D
Paso 1	1	0	0	0
Paso 2	0	1	0	0
Paso 3	0	0	1	0
Paso 4	0	0 <td 0	1	

Figura 9: Funcionamiento adecuado de cada bobina. Fuente: Propia

## 2 ANÁLISIS DE DATOS

Una vez finalizada la estructura del programa en

LabVIEW, se procede a realizar la conexión de los elementos que van a formar parte del proyecto, y verificar el funcionamiento de este. Para obtener el óptimo funcionamiento, se realizan cambios de valores en ciertos campos para así verificar cómo se comporta el motor a pasos, es así como se realizan pruebas cambiando el ángulo deseado y el tiempo de respuesta específica, y los resultados se van anotando en una tabla para su análisis. La toma de muestras se realizó con dos tiempos de respuesta diferentes, ya que se quiso analizar cómo reacciona el motor a estos cambios de tiempos de respuesta, y establecer cual es mejor para que el motor se establezca correctamente en el ángulo establecido, los ángulos que se van a registrar en la tabla han sido determinados cada 45°. En la Tabla.1 las pruebas inician estableciendo un ángulo específico a un tiempo de 500 ms (milisegundos), y una segunda prueba cambiando el tiempo a 0 ms con los mismos ángulos escogidos en el caso anterior. Es así como se determina que el motor a pasos responde y se estabiliza mejor a una tiempo de 500 ms, dado que las pruebas realizadas a un tiempo de 500 ms al llegar al ángulo deseado su margen de error es mínimo ya que varía con un ángulo de desfase, y al realizar las pruebas con 0 ms el motor a pasos obtiene un margen de error bastante amplio ya que tiene 3 ángulos de desfase con respecto al ángulo deseado.

Posición deseada en grados	Posición actual	
	Tiempo	
	500 ms	0 ms
45°	46°	48°
90°	91°	93°
135°	136°	138°
180°	181°	183°

315 °	316 °	318°
----------	----------	------

Tabla 1: Adquisición de datos.  
 Fuente: Propia

Con los datos obtenidos se realiza una tabla en donde se especifican cuantos ángulos tenemos de desfase con el ángulo requerido.

Cuyos datos se obtienen a partir de la programación realizada en el software LabVIEW, en donde el programa determina desde un inicio la posición deseada y según la ecuación el sistema programa una secuencia de suma o resta hasta poder obtener el resultado deseado de tal manera que la ecuación se presenta como un sistema de censado adecuado para obtener la posición exacta.

En las figuras N.º 10, 11 y 12 se puede observar el resultado de las pruebas realizadas en el software LabVIEW.

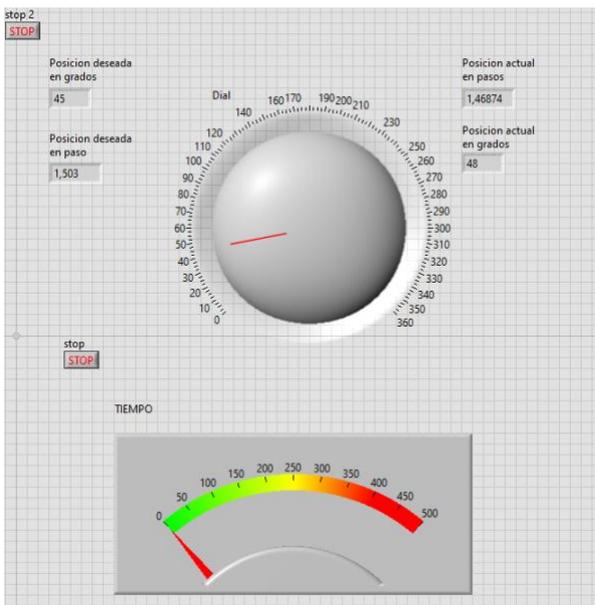


Figura 10: Prueba del motor a un ángulo de 45° con un tiempo de 0 ms

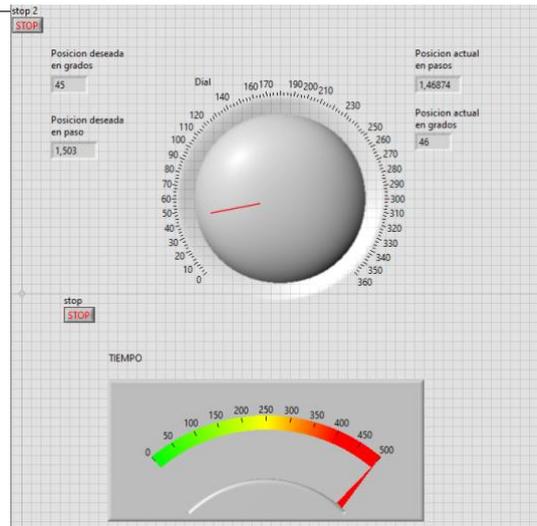


Figura 11: Prueba del motor a un ángulo de 45° con un tiempo de 500 ms

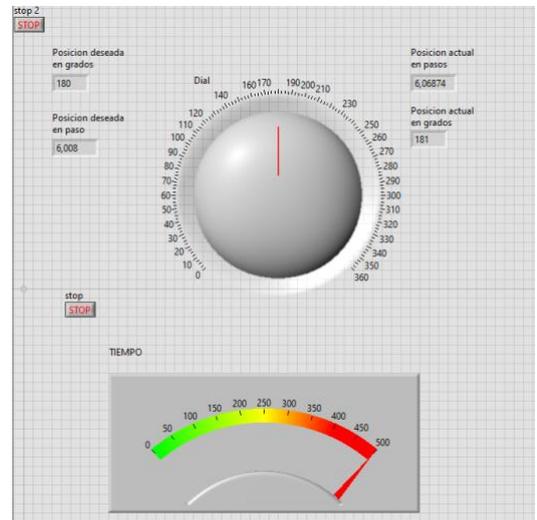


Figura 12: Prueba del motor a un ángulo de 180° con un tiempo de 500 ms

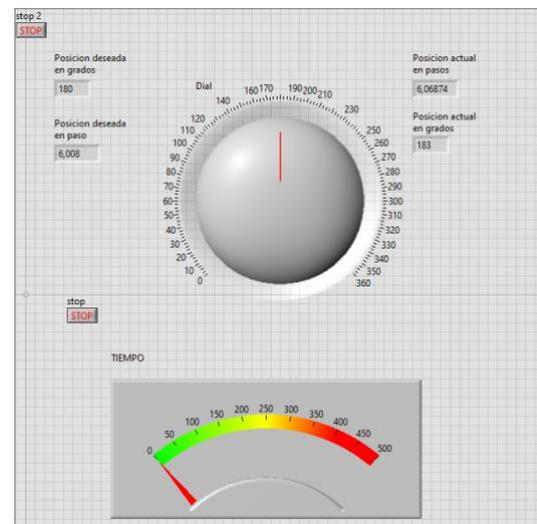


Figura 13: Prueba del motor a un ángulo de 180°

con un tiempo de 0 ms

En la Figura.14 se aprecia con más claridad el error que tuvo el motor paso a paso el tratar de estabilizarse en el ángulo deseado a cierto tiempo de respuesta, cuyos datos son mencionados anteriormente.

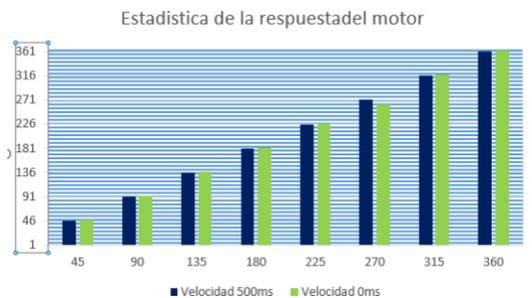


Figura 14: Gráfica de estadística Fuente: Propia

Es así como el motor al tratar de estabilizarse a un tiempo bastante largo se posiciona adecuadamente y no varía demasiado al ángulo escogido, pero al contrario si se coloca un tiempo bastante corto va creciendo su margen de error y el motor por tratar de estabilizarse en ese periodo de tiempo se coloca y mantiene en un ángulo no tan deseado, es por ello que se determina que el control de un motor a pasos es mejor cuando el tiempo de respuesta no es tan corto.

### 3. CONCLUSIONES

El proyecto es el resultado de dar la importancia que requiere el control de un motor paso a paso.

En todo el análisis se trata de enfatizar el uso de estos motores en la industria, y como su control dependerá mucho de la aplicación que se le va a dar, tomando en cuenta el tipo de motor y que tipo de paso se va a realizar.

El control aplicado en este proyecto fue con el uso de una tarjeta de adquisición de datos y un software, que ayudaron a identificar ciertas circunstancias en las cuales el motor paso a paso funciona de una forma eficiente, y en las cuales el motor así también presenta errores, y en donde se comprueba que el motor va o no a funcionar en la

aplicación requerida, y si el control es el adecuado.

Es por esto por lo que se llevó tiempo en el estudio de este tipo de motor, acompañado de conocimientos de programación, para el adecuado manejo de este motor evitando daños ya sea en la tarjeta o el motor.

Se toma en cuenta que la tecnología va creciendo a pasos agigantados, y que busca la manera de solucionar problemas mediante la automatización de trabajos, en donde necesita utilizar elementos de precisión, y es ahí en donde entra el motor a pasos, el cual mediante un Software que realice su control ha permitido un gran avance tecnológico como lo es la impresora 3D.

### 4. REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA

1. Bastian, A. (2012). Usando Arduino como DAQ en Labview. Recuperado de: <http://roboticaludica.com/?p=763>
2. GARCIA, J. (2013) Motor paso a paso. Recuperado de: [http://www1.frm.utn.edu.ar/mielectricas/docs2/PaP/MOTOR\\_PaP\\_FINAL.pdf](http://www1.frm.utn.edu.ar/mielectricas/docs2/PaP/MOTOR_PaP_FINAL.pdf)
3. GALARZA, G. (2010) Promotec. Recuperado de: <https://www.promotec.net/motores-paso-a-paso/>
4. ÁLVAREZ, L. (2007) Automatización de motor. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/profile/David\\_Caruso/](https://www.researchgate.net/profile/David_Caruso/)
5. HUERTAS, J. (2017) Diseño y prototipado electrónico del hardware de control para motores paso a paso. Recuperado de: [http://oa.upm.es/47940/1/TFG\\_JUAN\\_MIGUEL\\_HUERTAS\\_BURGOS.pdf](http://oa.upm.es/47940/1/TFG_JUAN_MIGUEL_HUERTAS_BURGOS.pdf)