

Posicionador automático para lámpara de fototerapia

Automatic positioner for phototherapy lamp

MASTACHE-MASTACHE, Jorge Edmundo†*, LOPEZ-RAMIREZ, Roberto, ROSALES-DAVALOS, Jaime y GARGALLO-RAMÍREZ, Francisco Javier

Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán, División de Ingeniería Mecatrónica

ID 1^{er} Autor: *Jorge Edmundo, Mastache-Mastache* / ORC ID: 0000-0001-6104-6764, Researcher ID Thomson: H-1187-2018, CVU CONACYT ID: 544943

ID 1^{er} Coautor: *Roberto, López-Ramírez* / ORC ID: 0000-0001-8341-3684, CVU CONACYT ID: 233228

ID 2^{do} Coautor: *Jaime, Rosales-Davalos* / ORC ID: 0000-0002-9059-6093, CVU CONACYT ID: 812961

ID 3^{er} Coautor: *Francisco Javier, Gargallo-Ramírez* / ORC ID: 0000-0002-9059-6093

DOI: 10.35429/JP.2020.12.4.1.8

Recibido 19 de Junio, 2020; Aceptado 29 Octubre, 2020

Resumen

La fototerapia es una técnica que emplea los espectros visibles de las radiaciones electromagnéticas, con el objetivo de tratar diversas enfermedades de la piel, teniendo una acción anti-inflamatoria. Esta técnica es comúnmente empleada en hospitales o consultorios que dispongan de esta técnica; sin embargo, los elementos o equipos destinados a este trabajo carecen de movilidad, aplicando el tratamiento de una forma parcial a todo el cuerpo del paciente. Esto puede ser un inconveniente a la hora de ser necesaria aplicar la fototerapia en lugares específicos del cuerpo. En este artículo se presenta el diseño de un posicionador para lámpara de fototerapia, capaz de desplazarse por dos ejes "X" y "Y", con el fin de mejorar la técnica, enfocando la lámpara a puntos específicos del cuerpo a tratar. Derivado de esto se emplea una plataforma para generar interfaces virtuales para la comunicación Hombre-Máquina y a su vez nos permita ver el comportamiento del sistema como es el caso de LabView®. Se pretende tener un alto impacto en el ámbito de la medicina orientada a la fototerapia ya que se tendrá una mayor libertad en los movimientos de este dispositivo de forma automática, además de poder cronometrar los tiempos de estancia de la lámpara durante la aplicación de esta técnica, volviendo el dispositivo de fácil empleo para el personal que lo use.

Fototerapia, Interfaz, Comunicación

Abstract

Phototherapy is a technique that uses the visible spectrum of electromagnetic radiation, with the aim of treating various skin diseases, having an anti-inflammatory action. This technique is commonly used in hospitals or offices that have this technique; nevertheless, the elements or equipment destined to this work lack mobility, partially applying the treatment to the whole body of the patient. This can be an inconvenience when it is necessary to apply phototherapy in specific parts of the body. This article presents the design of a phototherapy lamp positioner, capable of moving along the "X" and "Y" axes, in order to improve the technique, focusing the lamp on specific points of the body to be treated. Derived from this, a platform is used to generate virtual interfaces for Man-Machine communication and in turn allow us to see the behavior of the system as is the case of LabView®. It is intended to have a high impact in the field of phototherapy-oriented medicine since there will be greater freedom in the movements of this device automatically, in addition to being able to time the lamp's positioning times during the application of this technique, making the device easy to use for the personnel who use it.

Phototherapy, Interface, Communication

Citación: MASTACHE-MASTACHE, Jorge Edmundo, LOPEZ-RAMIREZ, Roberto, ROSALES-DAVALOS, Jaime y GARGALLO-RAMÍREZ, Francisco Javier. Posicionador automático para lámpara de fototerapia. Revista de Fisioterapia y Tecnología Médica. 2020. 4-12: 1-8

* Correspondencia del Autor (jorge.mastache@tesjo.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La fototerapia es una técnica que usa los espectros visibles (luz) de las radiaciones electromagnéticas para tratar enfermedades. Su agente físico terapéutico resulta de la interacción de longitudes de onda en regiones seleccionadas del espectro electromagnético con los sistemas biológicos. (Ing. Olvera Gonzalez, 2010)

Este tipo de lámparas utiliza como estimulación la luz, probablemente el primer tipo de terapia utilizada por el hombre, debido a que era un método que la naturaleza proporcionaba como recurso para mantener el organismo equilibrado y sano. Los efectos terapéuticos que se obtienen al utilizar correctamente determinadas longitudes de onda se han reportado en la literatura, siendo una técnica muy útil en manos de un terapeuta o un profesional médico. (Portero, 2012)

La mayoría de estas lámparas y equipos foto terapéuticos son un factor importante para la correcta aplicación de los tratamientos, puesto que no todos los procesos se efectúan en una zona específica del cuerpo humano, volviendo como factor de vital importancia la libertad de movimiento.



Figura 1 Lámpara de fototerapia Ningbo David
Fuente: <https://www.biomedicos.co>

La mayoría de equipos médicos de esta categoría encontradas en el mercado resultan con poca disponibilidad de desplazamiento, limitada libertad de movimiento y una serie de pasos a efectuar a menudo desgastantes y repetitivas, lo cual puede causar pérdidas de tiempo, además de no poder tener un control automático en el tiempo de exposición por terapia.

Ante esta necesidad, nace la idea del desarrollo de un posicionador de dos ejes, proporcionando libertad de movimiento, reducción de tiempos de desplazamiento y un control preciso al exponer el cuerpo humano a la fototerapia. Implica su diseño previo en 3D haciendo uso de un programa CAD, utilización de plataformas libres, la implementación de sistemas mecatrónicos y automatización con interfaces industriales aplicados al campo de la biomédica, generando una comunicación Hombre-Máquina más eficiente.

Debido que el proyecto es de un carácter médico y se pretende que este en contacto con pacientes y operarios, es necesario llevar el diseño y construcción del prototipo bajo la norma NOM-025-SSA3-2013, para la organización y funcionamiento de las unidades de cuidados intensivos. Dicha norma da las consideraciones necesarias para los materiales a seleccionar, así como los parámetros sanitarios en este tipo de máquinas.

Para el prototipo se considera utilizar plataformas de diseño mecánico como SolidWorks®; eléctrico y de simulación, mediante la programación de una tarjeta Arduino® y la generación de una interfaz (control) virtual por medio de LabView®, con el fin de controlar dicho dispositivo.

El proyecto pretende tener un impacto en el ámbito médico como de investigación, proponiendo no solo un sistema nuevo, sino mejorar los ya existentes en el mercado.

Metodología

Es necesario identificar los elementos de entrada y salida del sistema, para ello se propone el diagrama mostrado en la figura 2.

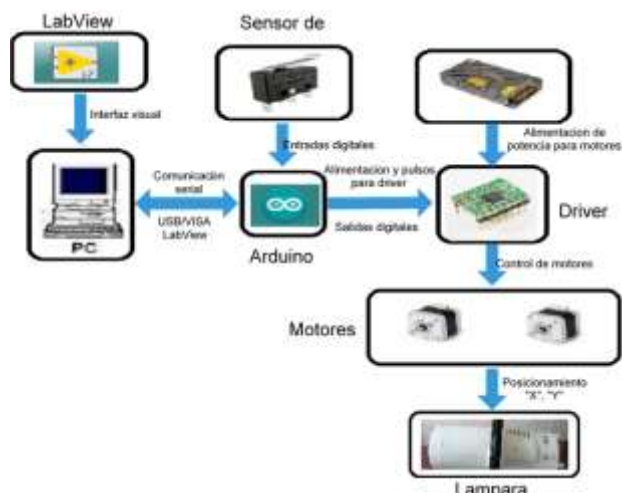


Figura 2 Diagrama representante del sistema
Fuente: *Elaboración Propia*

El diagrama presentado anteriormente puede describir la comunicación del sistema. Mediante la interfaz generada en LabView®, se genera la comunicación Hombre-Máquina con ayuda de un ordenador. (Fernández) Se emplea el IDE Arduino® con el fin de usarlo como micro controlador esclavo ya que debido a su hardware y arquitectura es ideal y de bajo costo para realizar proyectos, además ser compatible con software de generación de interfaces. De acuerdo con la programación, deben controlarse los drivers de los motores a pasos, los cuales posicionaran la lámpara en puntos específicos detallados en la programación.

Para materializar el diseño es necesario tener una serie de fases, en las cuales se desarrollara el posicionador. Dichas fases son:

- Análisis y diseño de sistema mecánico
- Diseño de circuitos electrónicos
- Programación y algoritmos del sistema
- Pruebas realizadas al sistema

Diseño mecánico

Para llevar a cabo el análisis se tomaron en consideración estructuras conocidas principalmente en las lámparas de fototerapia convencionales, las cuales tienen estructuras fijas que no permiten realizar un posicionamiento automático en las partes del cuerpo del paciente donde se requiera aplicar la fototerapia. Se plantea un diseño con características de acuerdo al principio de una mesa de posicionamiento o robot cartesiano (Mena Rivas, 2010).

Ya que permite obtener posiciones rápidas de las áreas previamente seleccionadas en donde se desea aplicar la fototerapia, así como un control de tiempos de exposición para facilitar el uso y aplicación de este tipo de lámparas en las sesiones de fototerapia.

Teniendo base de esto, el armazón tendrá unas dimensiones de 96 cm de ancho, 148 cm de largo y con una altura de 150 cm en su totalidad, colocando refuerzos a una altura de 43 cm y 90 cm de altura. El material empleado para el bastidor son los siguientes:

- Postes, cuadrado tubular zintro 1 ¼"
- Cuadrícula superior, Perfil-riel de aluminio
- Refuerzos, tubo mofle ½" cedula 40.

Dicho diseño se realiza en el software de diseño SolidWorks® y se muestra en la figura 3.



Figura 3 Diseño de la estructura del posicionador
Fuente: *Elaboración Propia*

El sistema de posicionamiento cuenta con un desplazamiento lineal sobre el perfil antes mencionado, el cual está conformado de una corredera que proporciona el movimiento en dos direcciones, fabricada para el desplazamiento de bandas mecánicas automatizadas (Figura 4).

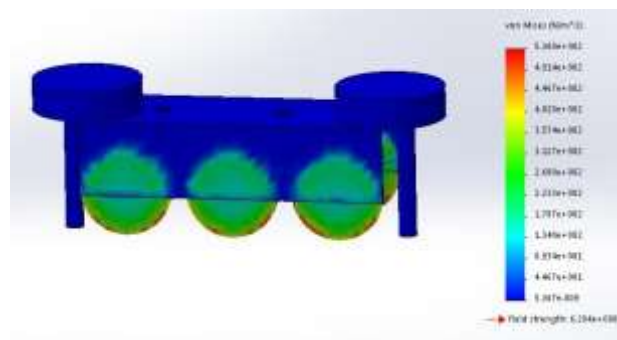


Figura 4 Correderas de la base del eje "X"
Fuente: *Elaboración Propia*

En el estudio de esfuerzos podemos notar que los puntos de contacto de las ruedas con el perfil, son las partes que mayormente reciben el impacto de la fuerza a la que se somete el sistema del puente del eje "X".

El puente de soporte para el eje "Y" del posicionador se diseñó de acuerdo al espacio y a distancia de desplazamiento del eje que soporta la lámpara, con dimensiones de 1m de largo en el eje base y 70 cm de distancia en el eje superior, en el cual se ajusta la banda de transmisión. El puente está diseñado para soportar una carga de 10 kg. Fabricado de placas de 5 mm de espesor y un perfil de 30x30 mm suficiente para soportar el peso de la estructura y de la lámpara. (Figura 5)



Figura 5 Ensamble del puente eje "Y"

Fuente: *Elaboración Propia*

Una vez teniendo estos elementos, se tiene el diseño del soporte de la lámpara, tomando en cuenta un peso de 3.5 kg, se selecciona como material la solera de acero de $\frac{3}{4}$ ", puesto el material puede soportar la deformación por cargas suspendidas.

Diseño del circuito electrónico

En este caso, se emplea como tarjeta de control el Arduino® Nano, el cual será el controlador de los drivers A4988. El esquema físico de las conexiones de la tarjeta con los drivers y motores (Figura 6).

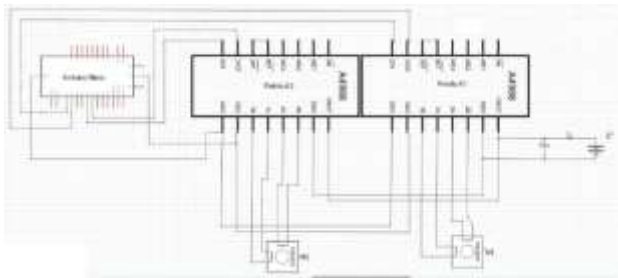


Figura 6 Esquema de conexiones electrónicas

Fuente: *Elaboración Propia*

Programación y algoritmos del sistema

Se proponen los distintos puntos específicos donde se puede aplicar la fototerapia a una persona, estableciendo un inicio y un fin del posicionamiento.

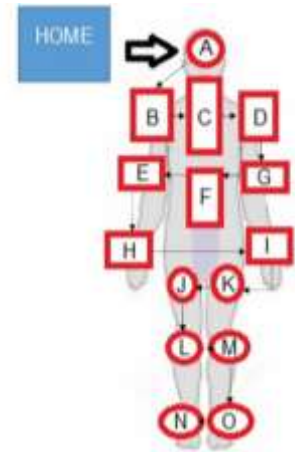


Figura 7 Diagrama de secuencia de posiciones corporales

Fuente: *Elaboración Propia*

El programa automático se encuentra dentro de una condición "if" que indica que si el puerto serial está disponible, se ejecutaran las instrucciones dentro de la estructura, de lo contrario no se hará nada. Dentro del programa automático se realiza una condición que describe que, si la variable leída es igual a una de las establecidas en el programa LabView®; por ejemplo "A", se ejecutara una serie de instrucciones ya sea activar o desactivar los pines de salidas declarados para enviar los pulsos a los drivers y se efectúe el movimiento del motor a una posición deseada.

El valor que se encuentra dentro de los corchetes hacen referencia al valor almacenado dentro de la matriz principal y que define el número de pulsos que se deben enviar a la salida del Arduino® y a su vez están incluidas dentro de un ciclo for que determina hasta que valor guardado en la matriz debe parar el envío del tren de pulsos para el motor en el eje "X" y para el motor eje "Y" cabe destacar que dentro de estas instrucciones se hizo uso de la constante declarada al inicio "VELOCIDAD" que determina la velocidad en que se desplaza el motor.

Finalmente se implementa una última condición, que determina el número de trenes de pulso que se reciben del Serial de LabView®, y que condiciona solamente que se tome lectura de una sola variable y no de un tren de pulsos.

Esta misma estructura es igualmente desarrollada para las demás variables, cada señal enviada o recibida es un tren de pulsos diferente puesto esta instrucción nos lleva a una posición en la secuencia de programación. Se comienza desde la letra “A” y se termina hasta la letra “O” en orden alfabético. Se tiene un total de 15 variables permitidas en el programa automático. Tomando como base el diagrama anterior, se procede con la estructura del programa, el cual se representa en un diagrama de flujo, dando dos vertientes distintas del programa, ya sea control manual o automático.

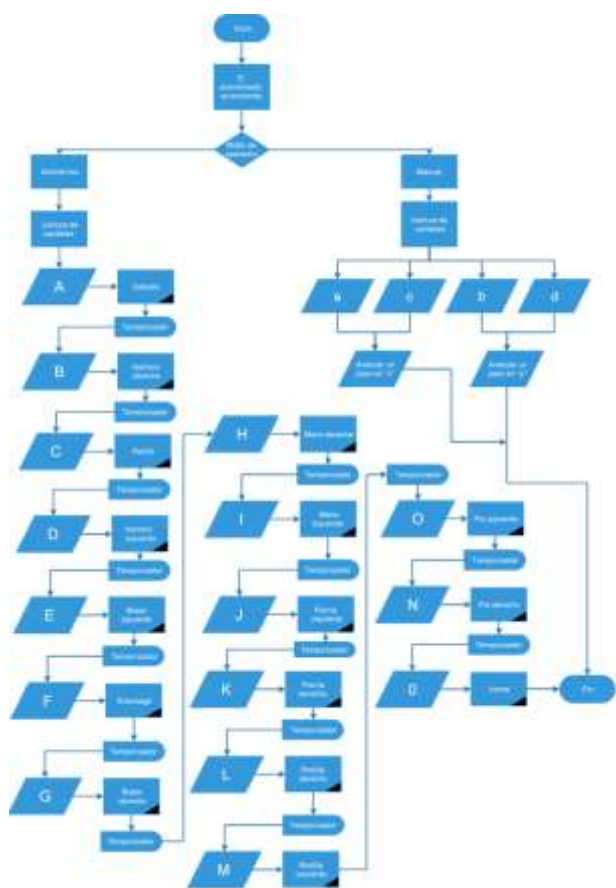


Figura 8 Diagrama de flujo de la programación
Fuente: *Elaboración Propia*

El código en la plataforma Arduino® está desarrollado principalmente haciendo uso de condicionales, este tipo de estructuras de programación nos permitió implementar el uso de variables, que a su vez son tomadas directamente del programa en LabView®, las cuales son enviadas a través del puerto serial y procesadas para ejecutar indicaciones abajo descritas, también se implementó un sistema de seguridad que haciendo uso de las entradas analógicas del controlador se obtienen señales enviadas por los sensores switch mecánicos de final de carrera.

El diseño de la interfaz Arduino-LabView consiste en declarar 4 salidas del Arduino® conectado por medio del puerto USB y previamente seleccionado haciendo uso de herramientas como:

- Puerto Serial: que es llamado para poder conectarse con el puerto USB de la computadora y con el micro controlador.
- VISA Serial: Inicializa el puerto serie especificado por el nombre del recurso.
- VISA a la configuración especificada como se muestra en la Figura 9. (Instruments, LabVIEW User Manual)

VISA Configure Serial Port

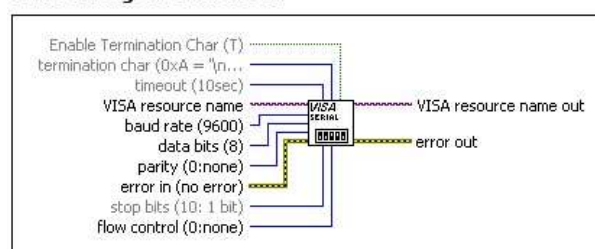


Figura 9 Elemento VISA y características de cableado
Fuente: *National Instruments Configuration*

Para el desarrollo del programa es necesario adecuar el programa en el Arduino®, haciendo uso de una correcta sintaxis del código propuesto, ya que si no se realiza la correcta implementación tanto de estructuras como de caracteres el programa será incorrecto y no realizará las indicaciones que enviamos mediante la interfaz VISA. (Computing.) El programa propuesto de LabView® se diseñó en forma secuencial. El objetivo y las condiciones se establecieron de tal modo en que se pudiese modificar el tiempo y las posiciones haciendo uso de variables y la implementación de Timers, en este caso se hace uso de una de las herramientas de las paletas llamado Elapsed.

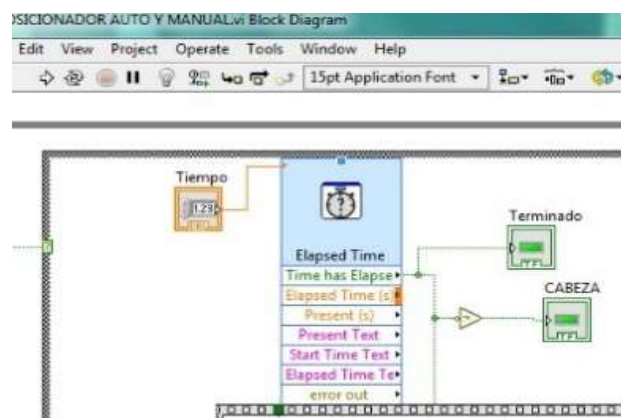


Figura 10 Integración de Elapsed Time con variables booleanas como salidas

Fuente: *Elaboración Propia*

La herramienta Elapsed Time nos permite obtener salidas tipo booleanas, string y tiempo, funciona con un control variable el cual se puede modificar según el tiempo que necesitamos además es reprogramable, es decir se puede editar el tiempo que se necesita en la ventana de los botones de LabView® como se muestra en la figura 11.

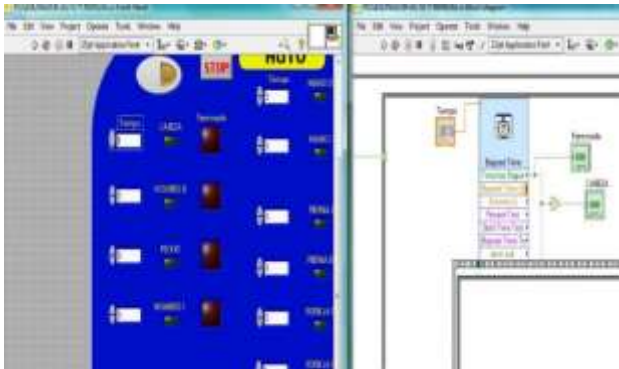


Figura 11 Indicadores booleanos y variables de control en Elapsed Time

Fuente: Elaboración Propia

Las conexiones se realizan de manera correcta gracias a indicador de cableado en LabView®, por ejemplo, en la figura 11 se muestra la forma de conexión tanto de las variables como de las constantes, se insertó desde la paleta del programa un indicador Booleano que nos permite identificar cuando el posicionamiento está en proceso y también así mismo se conectó otro para indicar que los procesos han sido terminados, así como los nombres de los booleanos. (R. Bitter)

El algoritmo de programación en LabView® se basó en las funciones siguientes: La estructura “while” engloba todos aquellos casos que se encuentran dentro de ella, debido a que es un ciclo repetitivo y que se realiza conforme una condición se cumpla. Posteriormente a esta se insertó fuera de ella una estructura “case” que se activa según el estado del botón AUTO o MANUAL, esto activará cualquiera de los dos casos y con ello la estructura case. (R. Bitter)

Una vez que fue activada la posición AUTO, la condición del botón booleano activara el funcionamiento de la secuencia de programación basada en Elapsed Time, ésta herramienta permite obtener salidas booleanas que al cumplirse el tiempo programado en el control.

Se activa la siguiente secuencia, y así sucesivamente, de la salida booleana obtenida se aprovecha para conectar una estructura Case que al conectarse a una señal True o False dependiendo de su configuración, realiza actividades dentro de ellas.

Resultados

Como producto, se obtuvo un prototipo experimental, el cual se basa en el diseño mecánico, electrónico y de control planteado anteriormente.



Figura 12 Ensamble mecánico

Fuente: Elaboración Propia

El desarrollo de la interfaz Hombre-Máquina permitió el posicionamiento de la lámpara de fototerapia, realizar un barrido de las posiciones, así como la manipulación de los tiempos mediante un temporizador de control que muestra los segundos desde el panel frontal de LabView®. Ésta interfaz realiza los movimientos automáticamente ingresando únicamente los tiempos de espera en cada sección del plano de posicionamiento. (Figura 13)

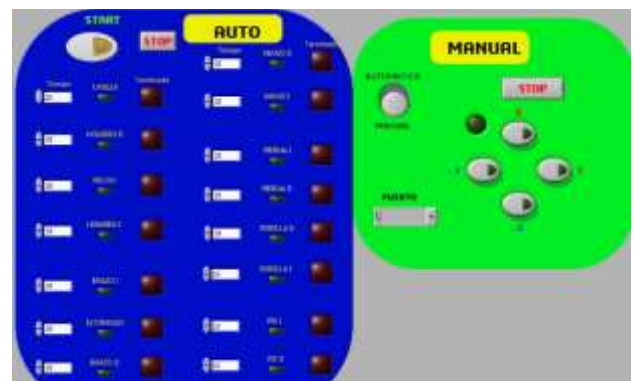


Figura 13 Interfaz Hombre-Máquina creada en LabView®

Fuente: Elaboración Propia

El desarrollo de la interfaz por este medio, permite que la lámpara de fototerapia tenga dos modos de uso, automático y manual. El primero consiste en seguir la secuencia de movimiento mostrada en la figura 7, con la ventaja de configurar el tiempo de exposición sobre ese punto, si no se tiene un tiempo configurado en ese punto, simplemente el dispositivo seguirá su ruta hasta el siguiente sitio. El segundo modo de trabajo, consiste en cuatro botones, con los cuales se controla el desplazamiento de la lámpara a lo largo de los ejes de la máquina.

Para verificar el correcto funcionamiento del posicionador, se realizaron un total de 5 pruebas generales del sistema de control, arrojando resultados positivos. Como se muestra en la figura 14, se censó el comportamiento de las señales de activación de los motores, producidas por el sistema en general por medio de un osciloscopio virtual en LabView® conectado a las salidas del sistema.

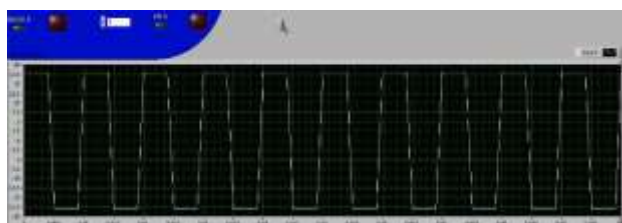


Figura 14 Resultado de señal obtenida para envío de pulsos a micro controladores
Fuente: Elaboración Propia

La señal cuadrada es la salida del sistema automático que se interpreta como los flancos de subida, estabilización y bajada de los pulsos enviados al Arduino® ya que éste toma la lectura de señales y envía los pulsos a los drivers que a su vez envían la dirección y el tiempo de activación de cada bobina de los actuadores.

En cuanto al código desarrollado en Arduino®, se realizaron pruebas de posicionamiento en el sistema, ya que dentro de esta programación se implementó el uso de una matriz de almacenamiento de posiciones, que, en este caso, almacenó los pulsos que después se envían a los drivers y por tanto cada pulso fue testeado físicamente para conocer la distancia de cada instrucción del código como se muestra en la figura 15.

Finalmente, las pruebas que se realizaron al terminar la programación, se derivaron también del ajuste de posiciones y guardado de ellas, modificando el código principal en Arduino®.



Figura 15 Ajuste de puntos de posicionamiento mecánico
Fuente: Elaboración Propia

Ventajas

- Interfaz y control amigable con el usuario.
- Tiempos de exposición controlados.
- Se puede modificar los tiempos de exposición en los puntos de la ruta.
- Tiempo de respuesta de 0.5 segundos.
- Estructura ligera y fácil instalación.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo agradecemos el apoyo que se ha tenido, para el desarrollo de este proyecto, por parte del tecnológico de estudios superiores de Jicotitlan.

Conclusiones

El principio de funcionamiento de un sistema automatizado de posicionamiento fue posible realizarlo y controlarlo mediante la interfaz desarrollada en los softwares de herramientas utilizados, tanto en el entorno de programación en "C" como en el entorno de programación visual y de bloques como lo es LabView®.

Se debe tener consideración en la programación ya que uno de los problemas principales que se presentaron dentro de la programación fue el uso de matrices de almacenamiento, puesto que para la programación secuencial es esencial almacenar bits de información, con lo cual se pudo solucionar implementando variables de pulsos almacenadas dentro de la matriz principal en el programa.

Recomendaciones

Para mejoras futuras de la programación y de la interfaz, desarrollar un ejecutable y conectar un monitor o un módulo HMI para evitar el uso del ordenador y así hacer más rápida la programación de sesiones en la máquina.

Además de contemplar un sistema mecánico para implementar un tercer eje de movimiento, esto conllevaría a complementar dentro de la programación un eje de movimiento variable con respecto a la distancia entre el paciente y la lámpara.

Referencias

Computing., M. (s.f.). User's Guide. Universal Library for LabVIEW (USB 18200-10).

Fernández, A. M.-J. (s.f.). Programación Gráfica para el Control de Instrumentación. Ed. Paraninfo.

Ing. Olvera Gonzalez, B. G. (2010). Guía Tecnológica No. 3; Unidad de Fototerapia. México CD. MX: CENETEC-SALUD.

Instruments, N. (s.f.). LabVIEW User Manual.

Instruments, N. (s.f.). Measurement Manual.

Lajara, J. R., & ., J. P. (s.f.). Entorno Gráfico de Programación (LabVIEW 8.2). Ed. Marcombo.

Mena Rivas , A. F. (2010). PROPUESTA DE DISEÑO DE UN MANIPULADOR CARTESIANO. UNIVERSIDAD EAN, FACULTAD DE INGENIERA, Bogota. Recuperado el 12 de octubre de 2018

Portero, F. S. (2012). FOTORERAPIA. MÉXICO. Obtenido de <http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-fis/fototerapia.pdf>

R. Bitter, T. M. (s.f.). LabVIEW advanced programming techniques. Ed. CRC.