

# VIII CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD

15-17 JUNIO, 2017

“GENERACIÓN DE NUEVAS TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO”

Auditorio Polivalente de la Facultad de Medicina, UANL  
Monterrey, Nuevo León



## ELECTROESTIMULADOR ANALGÉSICO DESARROLLADO CON LA TARJETA MY RIO EN LA PLATAFORMA DE LABVIEW

H. García Estrada<sup>1</sup>, O.A. Linares Escobar<sup>2</sup>, A. Pastrana Manzanero<sup>3</sup>, M. G. Ramírez Sotelo<sup>4</sup>, A.I. Cabrera Llanos<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,5</sup> Departamento de Bioprocesos, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología, Instituto Politécnico Nacional

<sup>4</sup>Departamento de Bioingeniería, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología, Instituto Politécnico Nacional

### RESUMEN

En el presente trabajo se desarrolló un electroestimulador destinado para fines analgésicos por medio de la emisión de señales eléctricas mandadas al tejido muscular. Este proyecto fue dividido en una etapa analógica y otra digital. La primera se divide en generación del tren de pulsos, adecuación y amplificación. Para generar el tren de pulsos usó un circuito oscilador 555 con un ancho de 200  $\mu$ s. En la adecuación se aplicó un arreglo de transistores de manera que se convierte el tren de pulsos en una señal de corriente alterna. Por otra parte, se utilizó un transformador con el objetivo de amplificar el voltaje de la señal y así este genere el efecto deseado en el paciente. Mediante un programa desarrollado en LabVIEW se aplicó la modulación de diversas frecuencias (2, 20, 40, 80 y 120 Hertz), a las señales de trenes de pulsos mediante los bloques de salida destinados para la tarjeta de control conocida como NI myRIO-1900, controlados por variables de tipo booleano y representados en una gráfica, permitiendo así poder visualizar el tiempo de la señal con respecto a la amplitud de estas mismas.

### 1. INTRODUCCIÓN

#### A. Electroterapia Analgésica

Una técnica que consiste en la aplicación de energía electromagnética en determinadas zonas del cuerpo humano es la electroterapia analgésica, la cual tiene la finalidad de producir algún cambio fisiológico de entre varios tipos. Por ello es fundamental establecer los sistemas adecuados de dosificación, con el fin de que la energía aplicada pueda conseguir el efecto pretendido en la terapia, ya que toda acción de la corriente eléctrica sobre el organismo puede desencadenar un efecto analgésico [1] y [2]. Este se da a nivel tisular mediante la estimulación de las fibras nerviosas gruesas A $\alpha$  mielínicas de conducción rápida. Esto pone en marcha los sistemas analgésicos descendentes de carácter inhibitorio sobre la transmisión nociceptiva hacia el sistema nervioso central (SNC), vehiculizada por las fibras amielínicas de pequeño calibre, obteniendo de esta manera una reducción del dolor [3].

#### B. TENS por trenes de impulsos

La expresión TENS proviene del acrónimo inglés “*Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation*”, o lo que es lo mismo, estimulación eléctrica transcutánea del nervio [3]. Es de esta manera como definimos a todos los estimuladores del sistema nervioso y como consecuencia de la organización de este, se han desarrollado diferentes modelos de estimulación mediante la TENS, uno de ellos es aquel que se da mediante trenes de impulsos. Este tipo de TENS se encuentra fundamentada en las publicaciones de Sjölund y Eriksson, las cuales nos dicen que este tipo de estimulación provoca la liberación de endorfinas centrales, las cuales son la causa de la disminución del dolor. Por lo cual, es necesario utilizar amplitudes o intensidades de corriente elevadas, de cierto es que esto hace que este tipo de estimulación sea bastante agresiva, indicándose en tratamientos en donde el dolor sea crónico [3].

#### C. Timer 555

Un circuito oscilador es definido como todo aquel que tiende a variar su señal de salida La señal puede ser conocida como de onda cuadrada o de pulsos debido a que el valor de voltaje de salida alcanza con rapidez un nivel y luego se reduce del mismo modo a otro nivel de voltaje (figura 1).

Una de las configuraciones que se pueden manejar con el circuito integrado 555 es un multivibrador astable, también conocido como, circuito de reloj. De ahí es que a este también se le conoce como temporizador [4].

# VIII CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD

15-17 JUNIO, 2017

“GENERACIÓN DE NUEVAS TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO”

Auditorio Polivalente de la Facultad de Medicina, UANL  
Monterrey, Nuevo León



### D. Tarjeta de adquisición NI myRIO-1900

La tarjeta de adquisición y control de señales conocida como NI myRIO-1900, es un dispositivo de diseño embebido para estudiantes, el cual cuenta con múltiples entradas y salidas analógicas, así como también digitales, canales de audio, una alimentación de salida, entre otras cosas. Esta se conecta a un ordenador por medio de un cable tipo USB o mediante una red inalámbrica. La tarjeta de control NI myRIO-1900 posee tres puertos principales, los cuales son nombrados mediante las letras A, B y C de los cuales, los dos primeros son conocidos como puertos de expansión (MXP) mientras que el último es llamado puerto del mini sistema (MSP). Estos cuentan con una descripción del tipo de señales que pueden recibir o emitir [5] (figura 2).



Fig. 2.- Conectores A y B del MXP



Fig. 2 Conector C del MSP

### E. LabVIEW

LabVIEW es un software de lenguaje gráfico de programación, utilizado como estándar en el desarrollo de aplicaciones de test y medida, control de instrumentación y sistemas de adquisición de datos. National Instruments desde hace cinco años ha ido desarrollando nuevas áreas estratégicas, relacionadas con nuevos campos de trabajo como Simulación, Diseño de Control, sistemas embebidos en tiempo real (FPGAs, DSPs, microprocesadores), algoritmos matemáticos avanzados, entre otras cosas.

LabVIEW cuenta con una caja de herramientas exclusivas para la tarjeta myRIO-1900, en la cual encontramos los bloques de adquisición o generación de las señales, ya sean de tipo analógicas o digitales [6].

## 2. TEORÍA

El electroestimulador aquí presentado está conformado por dos etapas principales de funcionamiento: la generación de señales analógicas y la entrada/salida de señales digitales por medio de la tarjeta myRIO-1900, la cual regula el proceso de generación de la señal hacia los electrodos colocados sobre la piel del paciente (figura 3).

# VIII

CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD

15-17 JUNIO, 2017

“GENERACIÓN DE NUEVAS TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO”

Auditorio Polivalente de la Facultad de Medicina, UANL  
Monterrey, Nuevo León

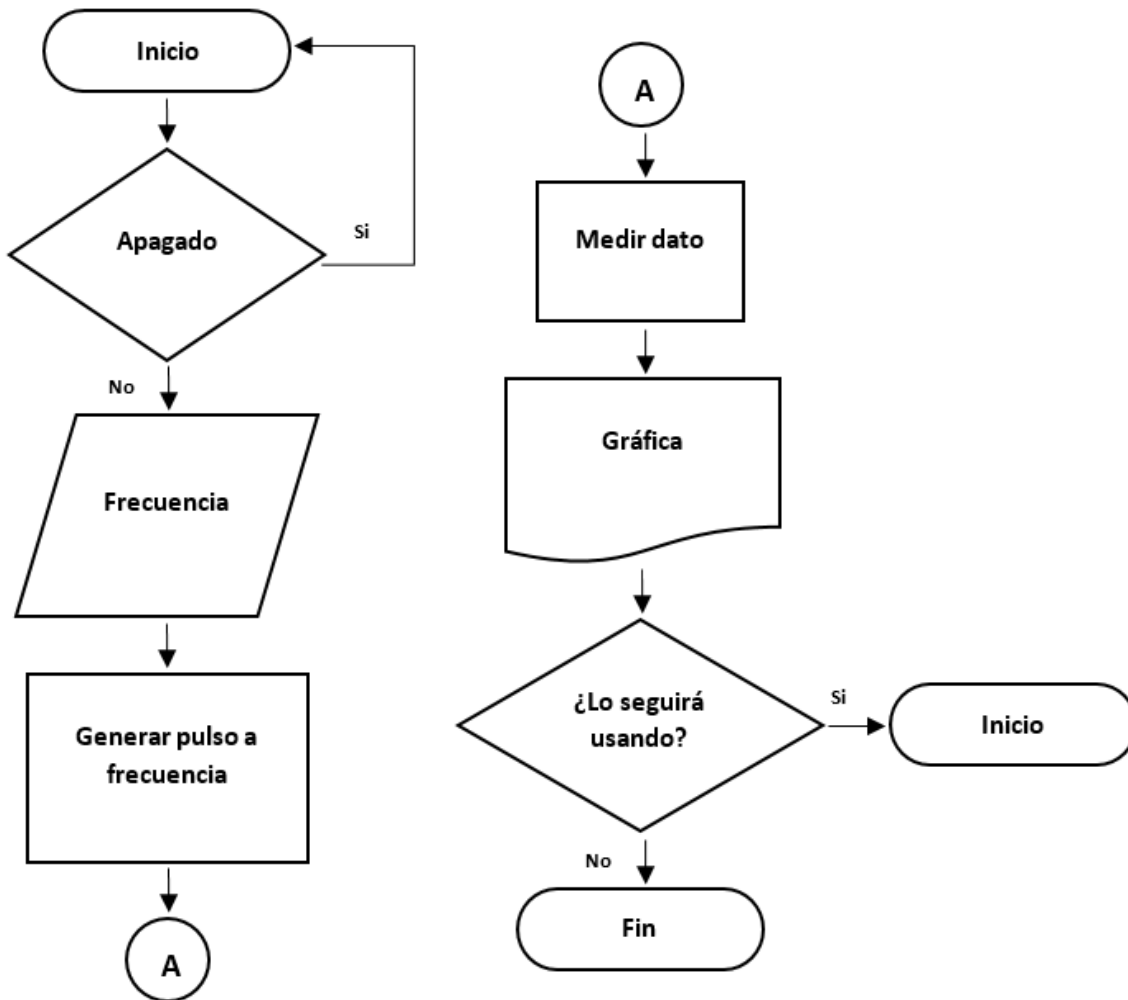
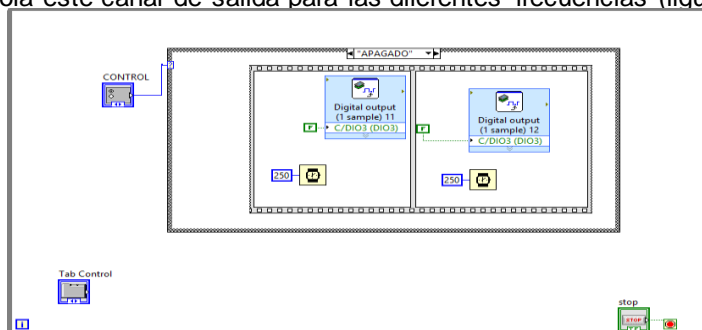


Fig. 3 Diagrama de flujo del programa

### A. Generación de las frecuencias de operación (LabVIEW – myRIO)

Para la realización de este sistema de generación de señales, se implementó la plataforma LabVIEW, así como también una tarjeta programable de datos myRIO-1900. Para la generación y el manejo de las señales enviadas al circuito, se configuro el canal de salida digital de la tarjeta myRIO-1900, esta va alternando entre encendido y apagado de la señal por medio de constantes booleanas, este se encuentra controlado de manera: secuencial y temporal. Se muestra el panel frontal por medio del cual se controla este canal de salida para las diferentes frecuencias (figura 4).



# VIII CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD

15-17 JUNIO, 2017

“GENERACIÓN DE NUEVAS TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO”

Auditorio Polivalente de la Facultad de Medicina, UANL  
Monterrey, Nuevo León



Fig. 4 Generación de las frecuencias de operación

### B. Generación del tren de pulsos

Se utilizó un circuito integrado 555 en modo astable se necesitó de un resistor y un capacitor externos para ajustar el intervalo de temporización de la señal de salida. Para poder calcular la frecuencia del circuito se necesitó obtener previamente los intervalos de tiempo durante los cuales la salida alcanza un valor en alto y en bajo. Esto se logró mediante las siguientes 2 ecuaciones:

$$T_{alta} \approx 0.7(RA + RB)C \quad (1)$$

$$T_{baja} \approx 0.7RBC \quad (2)$$

Para el periodo en alto se necesita de un tiempo de 200µs como máximo, siendo este el valor de tiempo que nos marca la teoría que se puede inducir en el paciente.

Por otro lado, el periodo total se calcula sumando los dos semiperiodos anteriores; es decir, el semiperiodo en alta y el de baja.

$$T = Periodo = T_{baja} + T_{alta} \quad (3)$$

Para con ello obtener la frecuencia de operación de nuestro circuito con esta última ecuación:

$$f = \frac{1}{T} \approx \frac{1.44}{(RA + 2RB)C} \quad (4)$$

La configuración de oscilador en el 555 se debe al uso de la realimentación positiva en el circuito, dando como resultado una amplificación con ganancia en lazo cerrado mayor que 1, la cual también satisface todas las condiciones de fase (figura 5).

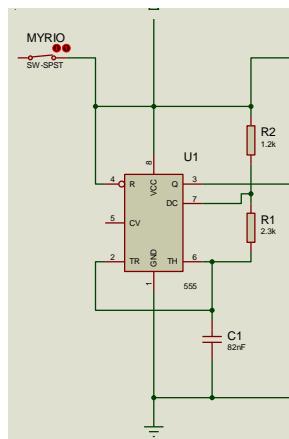


Fig. 5 Timer 555 configuración en modo astable

### C. Adquisición de la señal no amplificada

Una vez generado el tren de pulsos por el 555 es necesario visualizar esta señal en el panel frontal introduciéndola en la tarjeta myRIO-1900 por medio de un bloque de entrada digital, para después ser conectado a una función grafica conocida como *Waveform Chart*. Es de esta manera cómo podemos ver las características y el tipo de onda en la señal que nuestro circuito oscilador nos está generando (figura 6). Con esto sabremos que la señal entregada al paciente es la más adecuada para el tratamiento.

# VIII CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD

15-17 JUNIO, 2017

“GENERACIÓN DE NUEVAS TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO”

Auditorio Polivalente de la Facultad de Medicina, UANL  
Monterrey, Nuevo León

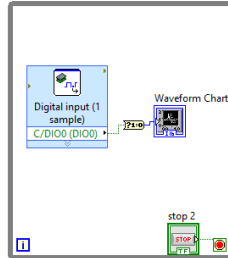


Fig.6 Adquisición de la señal

### D. Amplificación de la señal

Para que la señal estuviera dentro de los valores de voltaje en los que se tiene un efecto sobre el músculo, fue necesario amplificar la señal. Para esto se utilizó el siguiente arreglo de transistores conectado a un transformador (figura 7).

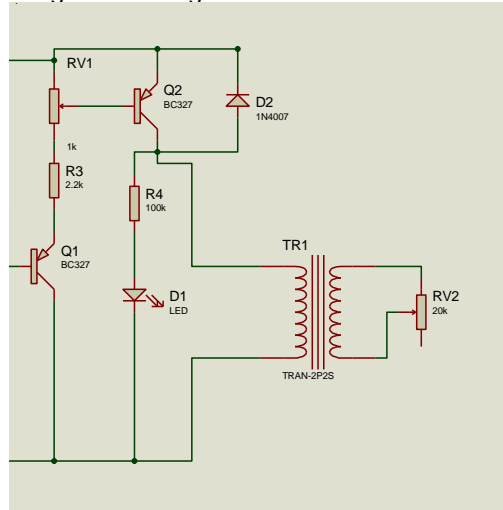
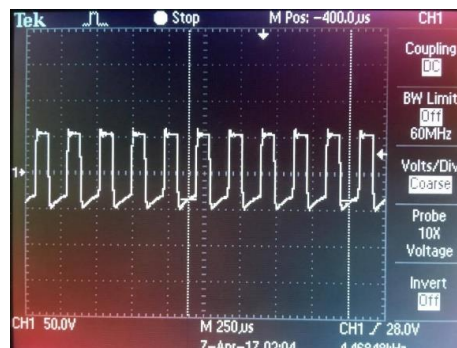


Fig. 7 Circuito de amplificación

El primer transistor está configurado de manera que al recibir la señal del 555 se satura activando al segundo transistor. El segundo transistor alimenta al transformador, para este proyecto se usó un transformador con relación 14:1 por lo que la señal se amplificó 14 veces.

## 4. PARTE EXPERIMENTAL

En la figura 8 se muestra el comportamiento del tren de pulsos en el osciloscopio utilizando unas puntas de atenuación de voltaje, esto debido al voltaje entregado por el transformador.



# VIII CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD

15-17 JUNIO, 2017

“GENERACIÓN DE NUEVAS TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO”

Auditorio Polivalente de la Facultad de Medicina, UANL  
Monterrey, Nuevo León



Fig. 8 Visualización del tren de pulsos generado por el 555

El desarrollo del panel frontal con las frecuencias de operación establecidas para el electroestimulador son comparadas con las capturas tomadas en el osciloscopio (figuras 9 y 10).

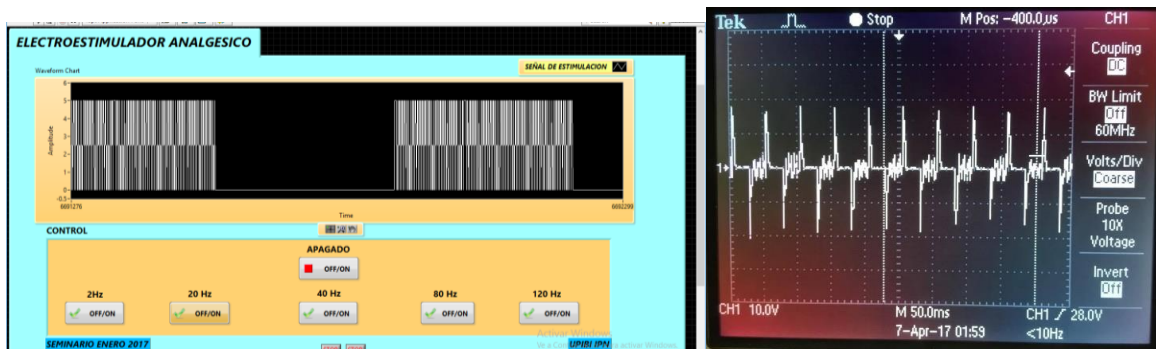


Fig. 9 Electroestimulador a 20Hz

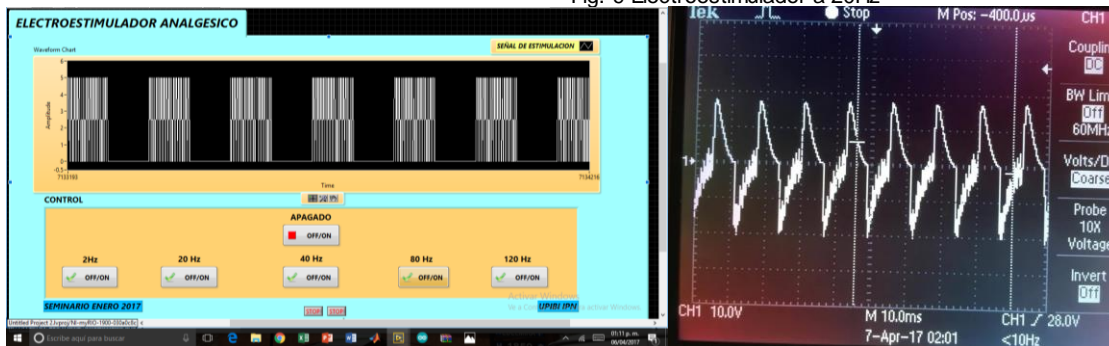


Fig. 10.- Electroestimulador a 80Hz

Los electrodos del electroestimulador fueron conectados en la parte anterior del brazo derecho, los cuales fueron ubicados en regiones nerviomusculares con el debido gel para electrodos (figura 11).

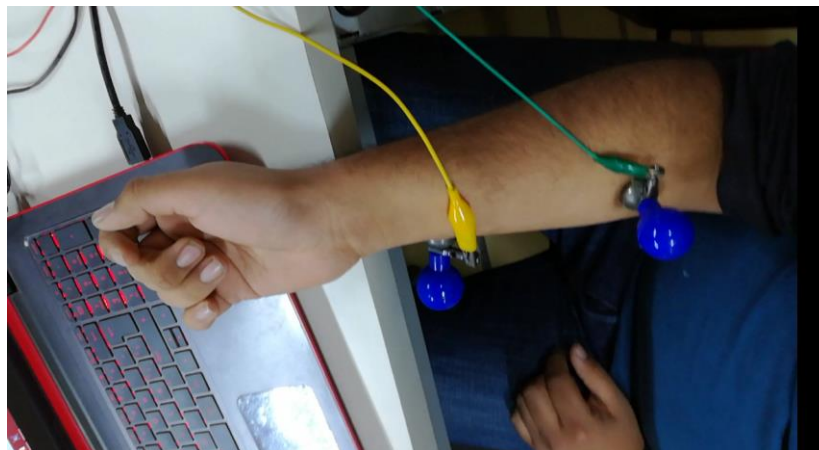


Fig. 11 Terminales de entrada del electroestimulador conectadas a un brazo

## 5. CONCLUSIONES

Se logró desarrollar un prototipo de electroestimulador para terapia analgésica en el que, por medio de la conexión a la tarjeta NI myRIO-1900 y de la programación en LabVIEW, permite visualizar la señal mandada en tiempo real, así como

# VIII

CONGRESO  
NACIONAL DE  
TECNOLOGÍA  
APLICADA A  
CIENCIAS DE  
LA SALUD

15-17  
JUNIO, 2017

“GENERACIÓN DE NUEVAS TÉCNICAS  
DE DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO”

Auditorio Polivalente de la Facultad de Medicina, UANL  
Monterrey, Nuevo León



desarrollar una interfaz donde se pueda manejar sin detener el programa, las diferentes frecuencias en el panel frontal. Este control que se tiene por medio de la tarjeta NI myRIO-1900 abre una más amplia gama de tratamientos analgésicos que se pueden seleccionar para aliviar el dolor muscular a diversos valores de duración e intensidad elegidos de acuerdo a las necesidades del paciente.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Rodríguez Martín J.M. (2004). Electroterapia en fisioterapia. Buenos Aires. Médica panamericana. pp. 17&19.
2. González Mas R. (1997). Rehabilitación médica. Barcelona, España. Masson, S.A. pp. 53.
3. Maya Martín J. & Albornoz Cabello M. (2010). Estimulación eléctrica transcutánea y neuromuscular. Barcelona, España. Elsevier. pp. 1&8.
4. Boylestad R.L. & Nashelsky L. (2009). Electrónica: Teoría de circuitos y dispositivos electrónicos. México. Pearson Educación. pp. 755&721.
5. National Instruments. (2013). USER GUIDE AND SPECIFICATIONS NI myRIO-1900. Estados Unidos. National Instruments Patents.
6. Lajara J.R., Pelegri J. (2011). LabVIEW entorno gráfico de programación. España: Marcombo.
7. Texas Instrument. (Septiembre 2014). Datasheet NE555 129P. Abril 2017, de Sitio web: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ne555.pdf>