

# ESTIMULADOR DIAFRAGMATICO

GOMEZ E. J.

VILLANUEVA D.

Sección de Bioelectrónica

CENTRO DE INVESTIGACION Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL I.P.N.

## RESUMEN

Se presenta un equipo para estimular eléctricamente el diafragma a través de los puntos motores del nervio frénico, mediante electrodos implantados en el cuello.

En pacientes con cuadriplejía se observa a menudo bloqueo de los nervios frénicos, como resultado de traumatismos del cordón espinal por encima del nivel C6, que en consecuencia padecen severa limitación para la inspiración, se puede desencadenar la contracción diafragmática y por lo tanto la inspiración estimulando eléctricamente el nervio frénico a nivel de sus puntos motores en la zona cervical, de fácil acceso.

Como la espiración es fundamentalmente pasiva, el instalar este marcapaso inspiratorio queda establecido un ritmo respiratorio artificial.

Aparte de pacientes cuadriplejicos, se puede ventilar también a individuos con poliomielitis bulbar, asma, enfisema, difteria y asfixia.

A continuación se enumeran las ventajas y desventajas de este método:

Desventajas: contracción de músculos ajenos, arritmias cardíacas y disminución de excitabilidad.

Ventajas: inspiración originada por presión negativa, evita la resistencia vascular pulmonar, fácilmente aplicable, control de parámetros de estimulación, irrigación sanguínea normal así como el gasto cardíaco. Los tres sitios de colocación más utilizados en electroestimulación son: axilas, parte baja del esternón y en ambos lados del cuello.

A continuación se dan las características de cada una de las alternativas anteriores.

- Axilas: La aplicación de estímulo eléctrico en este sitio estimula el nervio frénico, el cual inerva el diafragma originando la inspiración. Al aumentar la magnitud del estímulo se logran mayores volúmenes inspirados, pero llega un momento en el cual se produce estimulación del plexo braquial, originando con ello el movimiento de los brazos.

- Parte baja del esternón: El estimular en esta zona origina la contracción de los músculos abdominales limitando con esto la magnitud descendente del diafragma.

- En ambos lados del cuello: Este se localiza por encima de los puntos motores del nervio frénico, la estimulación origina la contracción del diafragma y por lo tanto el proceso de inspiración.

Dado que las posibles complicaciones en la electroestimulación - son la contracción de músculos inspiratorios y arritmias cardíacas, la colocación de electrodos bilaterales sobre los puntos motores del nervio frénico sitúa al corazón a una distancia apreciable de la ruta de la corriente estimuladora, lo que implica una baja posibilidad de excitar al corazón. En base a lo anteriormente expuesto se decidió por la electroestimulación a nivel cervical (Figura 1).



FIGURA 1. ESTIMULACION DEL NERVIO FRENICO

DIAGRAMA A BLOQUES DEL ESTIMULADOR

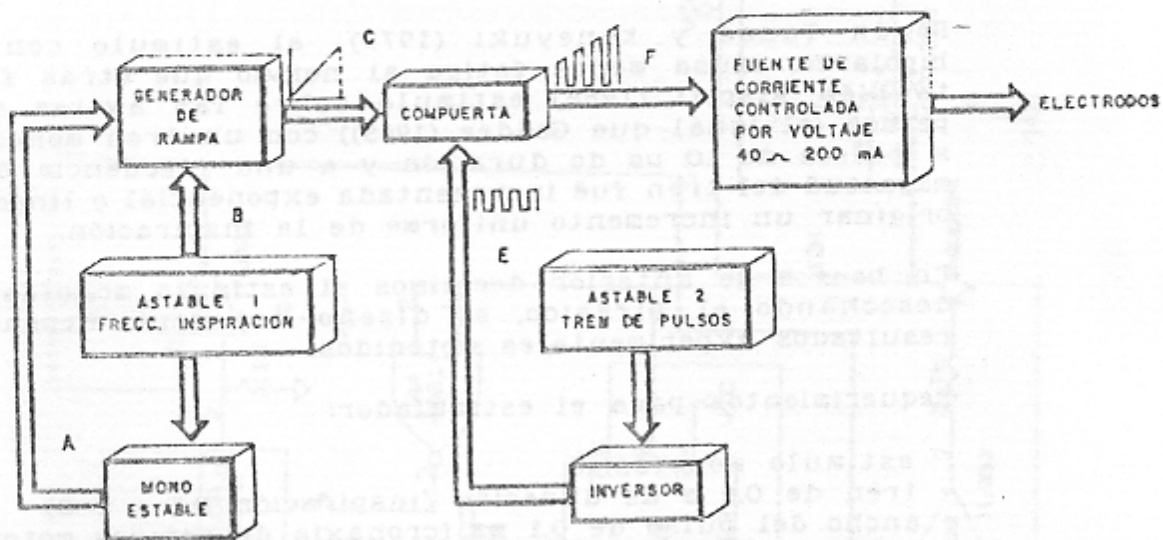
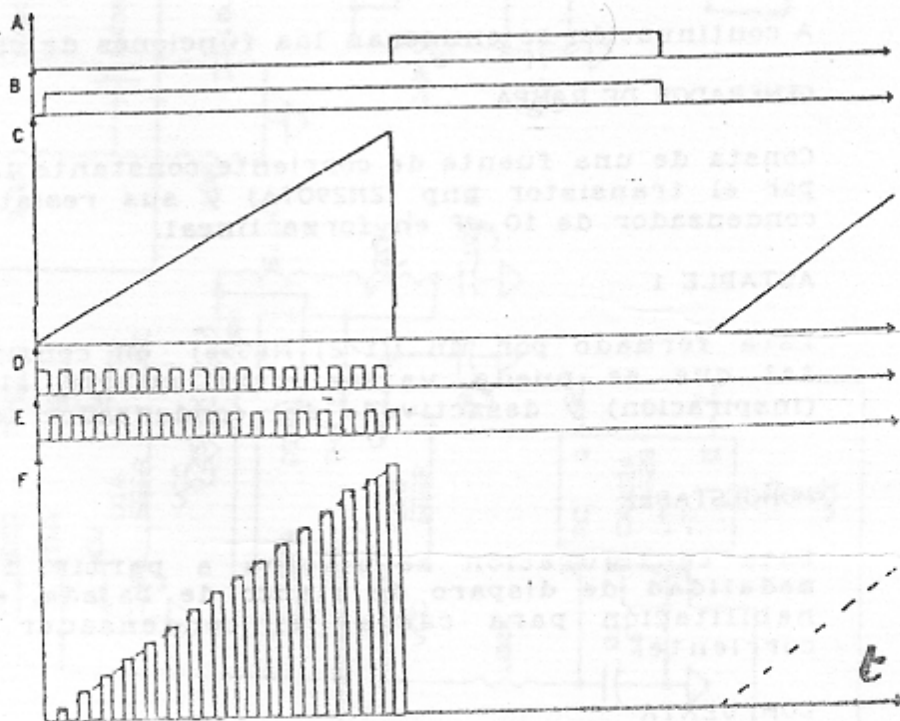


FIGURA 2.

DIAGRAMA DE TIEMPO



Existen dos tipos de electroestimulación: monofásica y bifásica. En experimentos de larga duración se han utilizado estímulos bifásicos (positivos y negativos) minimizando el daño al tejido causado por el estímulo de corriente.

Según Tanae y Kaneyuki (1973) el estímulo con electrodos bipolares, causa menos fatiga al nervio que otras formas. Pero también Riscilli (1988) estimuló sobre las axilas anteriores a perros (al igual que Geddes (1985)) con un tren monofásico de 0.8 s, pulsos de 10  $\mu$ s de duración y a una frecuencia de 60 Hz. La magnitud del tren fué incrementada exponencial o linealmente para originar un incremento uniforme de la inspiración.

En base a lo anterior decidimos el estímulo monofásico, pero no desechando el bifásico, el diseño definitivo dependerá de los resultados experimentales obtenidos.

Requerimientos para el estimulador:

- estímulo monofásico.
- tren de 0.8 s de duración (inspiración 0.5 - 1 s)
- ancho del pulso de 0.1 ms (cronaxia de nervios motores)
- frecuencia de 60 Hz.
- magnitud de corriente de 0 - 30 mA.

En la figura 2 se dan los diagramas a bloque y de tiempos del sistema.

A continuación se enumeran las funciones de cada bloque:

#### GENERADOR DE RAMPA

Consta de una fuente de corriente constante la cual está formada por el transistor pnp (2N2907A) y sus resistencias; carga a un condensador de 10  $\mu$ F en forma lineal.

#### ASTABLE 1

Esta formado por un ((1/2) NE556) en configuración astable, y tal que se pueda variar para cubrir el tiempo de carga (inspiración) y desactivado del condensador (expiración ).

#### MONOESTABLE

Esta configuración se origina a partir del MC14528 con la modalidad de disparo de flanco de bajada, el cual controla la habilitación para cargar el condensador de la fuente de corriente.

#### COMPUERTA

Es el dispositivo (MC14016) que determina la magnitud y duración de los pulsos de estímulo.

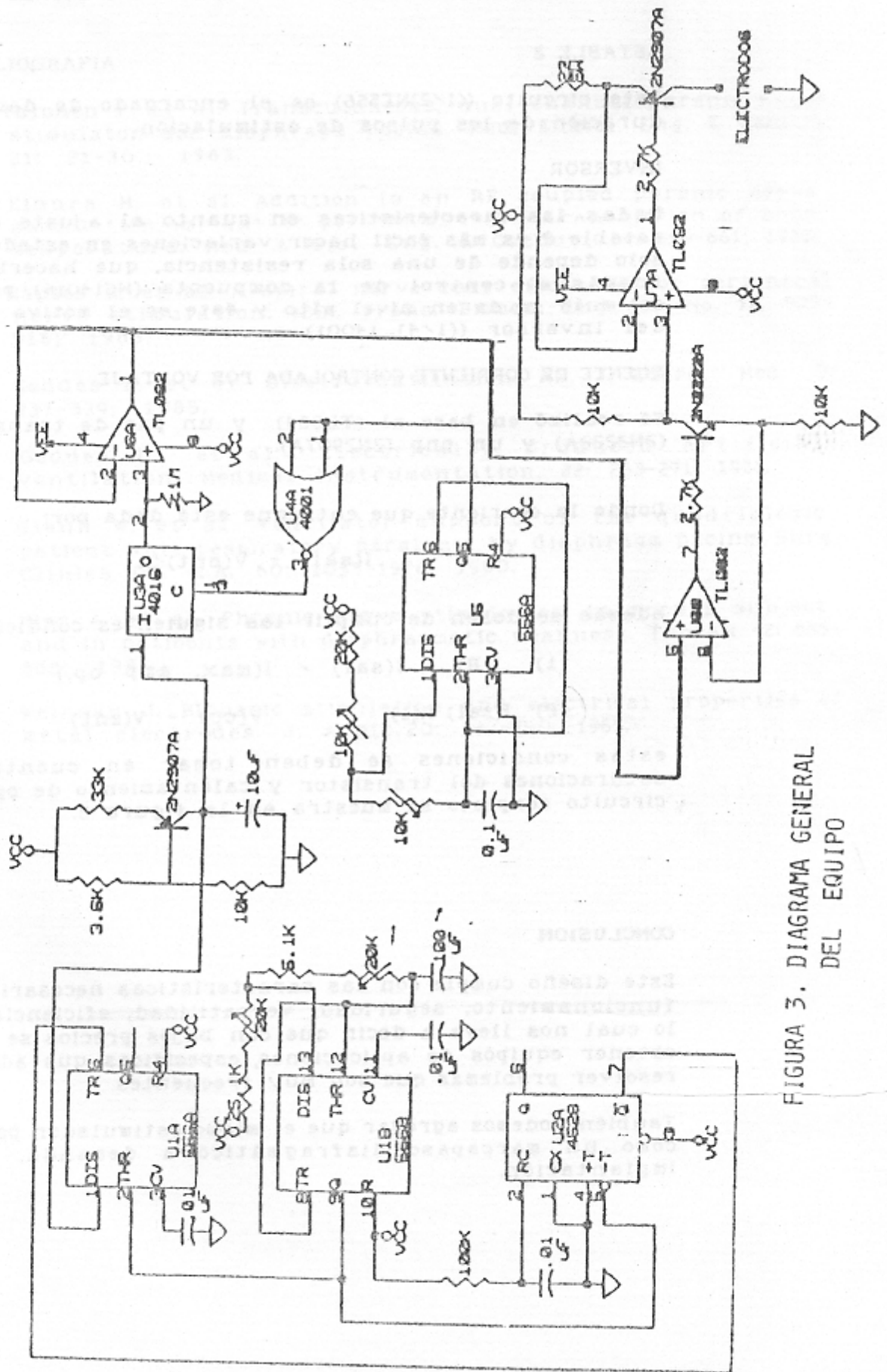


FIGURA 3. DIAGRAMA GENERAL DEL EQUIPO

### ASTABLE 2

Este circuito ((1/2)NE556) es el encargado de dar los tiempos de duración de los pulsos de estimulación.

### INVERSOR

Dadas las características en cuanto al ajuste de duración del astable 2 es más fácil hacer variaciones en estado bajo dado que, solo depende de una sola resistencia, que hacerlo en nivel alto. Además el control de la compuerta (MC14016) para el paso del estímulo se da en nivel alto y éste es el motivo de la existencia del inversor ((1/4) 14001).

### FUENTE DE CORRIENTE CONTROLADA POR VOLTAJE

Se realizó en base al (TL084) y un par de transistores, un npn (2N2222A) y un pnp (2N2907A).

Donde la corriente que entregue está dada por:

$$I(\text{sal}) = V(\text{ent})/R$$

además se deben de cumplir las siguientes condiciones:

- 1)  $I(B) = I(\text{sal}) / I(\text{max. amp op.})$
- 2)  $I(\text{sal}) R(1) \leq V(\text{cc}) - V(\text{ent})$

estas condiciones se deben tomar en cuenta para evitar saturaciones del transistor y calentamiento de operacionales. El circuito completo se muestra en la figura 3.

### CONCLUSION

Este diseño cumple con las características necesarias en cuanto a funcionamiento, seguridad, versatilidad, eficiencia y bajo costo lo cual nos lleva a decir que con bajos precios se puede llegar a obtener equipos de aplicaciones específicas que además ayudan a resolver problemas que son muy frecuentes.

También podemos agregar que el mismo estimulador podría adaptarse como un marcapaso diafragmático a demanda, externo o de implantación.

## BIBLIOGRAFIA

1. Talonen P. et al. Transcutaneous, dual channel phrenic nerve stimulator for diaphragm pacing. Med. & Biol. Eng. & Comput. 21: 21-30.; 1983.
2. Kimura M. et al. Addition to an RF coupled phrenic nerve stimulation implant to provide outward transmission of body temperature. Med. & Biol. Eng. & Comput., 24: 659-661; 1986.
3. Naples G. et al. A spiral nerve cuff electrode for peripheral nerve stimulation. IEEE Trans. Biomed. Eng., 35: No. 11, 905-916; 1988.
4. Geddes L. et al. Electroventilation. Am. J. Emerg. Med. 3: 337-339; 1985.
5. Geddes L. et al. Electrically produced artificial-ventilation. Medical Instrumentation. 22: 253-271, 1988.
6. Glenn W. et al. Ventilator support of the quadriplegic patient with respiratory paralysis by diaphragm pacing. Surg. Clinics Of. N.A. 60: 1055-1078; 1980.
7. Mier A. et al. Phrenic nerve stimulation in normal subject and in patients with diaphragmatic weakness. Thorax 42: 885-888; 1987.
8. Weinman J. Biphasic stimulation and electrical properties of metal electrodes. J. Appl. 20: 787-790; 1965.