ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

"BOMBA DE SUCCIÓN"

TÓPICO ESPECIAL DE GRADUACIÓN

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD

Especialización:

ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

Presentado por

FABRICIO LUDGARDO VERDEZOTO GANCHOZO

RICHARD FABIANNY VERDEZOTO GANCHOZO

Guayaquil – Ecuador

AÑO

2006

BOMBA DE SUCCIÓN

Fabricio Ludgardo Verdezoto Ganchozo[1], Richard Fabianny Verdezoto Ganchozo[2], Miguel Yapur Auad[3]

[1]Egresado en Ingeniería en Electricidad, especialización Electrónica y Automatización Industrial 2005, fverdezoto@gmail.com .
[2]Egresado en Ingeniería en Electricidad, especialización Electrónica y Automatización Industrial 2005, fabiattyh@yahoo.com .
[3]Director del Tópico de Graduación en Electrónica Médica. Ingeniero en Electricidad, especialización Electrónica, ESPOL, 1983. M.Sc. en Ingeniería Biomédica. University of Texas, 1986. Profesor de la ESPOL desde 1987, myapur@espol.edu.ec

RESUMEN:

El objetivo es implementar una unidad móvil que realice un trabajo de aspiración de manera silenciosa, para drenaje de líquidos en pacientes y que permita seleccionar dos niveles de succión, 120 y 90 mm Hg. Las bombas que usan motores eléctricos para generar succión generalmente son ruidosas, por lo que en este proyecto se desarrolla otro sistema para generar el vacío necesario para obtener la succión. El vacío será desarrollado por medio de un sistema cíclico de calentamiento de un resistor (niquelina). El sistema se alimenta con un voltaje de 110 V y la niquelina se deberá encontrar en el interior de un cilindro herméticamente sellado. El cilindro debe poseer 2 orificios conectores para la ubicación de dos válvulas, una que permita la salida del aire al exterior y otra que permita la succión. El recipiente utilizado para la recolección de los fluidos corporales deberá estar sellado con una tapa de caucho no poroso para una mejor succión.

RESUME:

The objective is to implement a mobile unit that makes a job of aspiration without noise, for the drainage of liquids in patients and that allows to select two suction levels, 120 and 90 mm Hg. The bombs that use electric motors to generate suction are generally noisy; so in this project is developed another system to generate the necessary vacuum to obtain the suction. The vacuum will be developed by a cyclic system of heating of a resister (Niccolite). The system is fed with a voltage of 110 V and the Niccolite will be inside a tightly sealed cylinder. The cylinder should possess two holes connectors for the location of two valves, one that allows the exit from the air to the exterior and another that allows the suction. The recipient used for the gathering of the corporal fluids will be sealed with a cover of non porous rubber for a better suction.

INTRODUCCIÓN:

Una bomba de succión en el campo de la Medicina puede ser aplicada para aspirar, drenar o como su nombre lo sugiere para succionar. En términos generales, aspiración significa extraer usando succión. En términos médicos, puede definirse de acuerdo a su aplicación; puede referirse a la extracción de objetos extraños o de sustancias dañinas o mal ubicadas de una cavidad corporal. En Medicina también se utiliza el término drenaje, el cual es un procedimiento utilizado para asegurar la salida de líquidos o derrames de una herida o absceso por origen traumático o quirúrgico.

La bomba de succión es un equipo médico de mucha utilidad, usado principalmente para drenar líquidos corporales, ya sea durante una cirugía, terapia intensiva o en post-operatorios; su función principal es la de crear vacío para luego generar una succión constante en un tiempo determinado, de acuerdo al caso y a las necesidades médicas. En este proyecto se implementará una bomba de succión silenciosa mediante un dispositivo eléctrico de succión sin utilizar un motor, el mismo que actúa produciendo vacío intermitente por distensión y compresión del aire originado por un resistor que se calienta.

Para poder tener un sistema completo se necesita tener recipientes que recolecten los fluidos a ser succionados; éstos deben ser transparentes para poder permitir al personal médico controlar visualmente el reservorio, el cual debe estar debidamente sellado, procurando de que no existan fugas, ya que eso afectaría los niveles de succión y debe contener por lo menos 2 aberturas: una para introducir el tubo flexible que va al paciente y otra para colocar la manguera proveniente del equipo que genera la succión. Se puede también añadir un conector mas para que un reservorio auxiliar entre en operación en caso de que el principal se llene y de esa forma no existan derrames externos. En algunos casos es importante contar con una tapa adicional que permita la toma de muestras para análisis de laboratorio.

Por evidentes razones, el sistema completo de succión y retención debe ser móvil para poder trasladarlo con facilidad de un sitio a otro dentro del hospital o centro de salud. Aunque hoy en día los hospitales ya pueden contar con centrales de succión para este tipo de aplicaciones, también es cierto que hay hospitales y muchos centros de salud que no cuentan con dichas centrales; es por eso la importancia de este equipo con mucha utilidad en el campo de la Medicina.

CONTENIDO:

Diseño y diagrama de bloques.

En la figura # 1 tenemos el diagrama de bloques que nos indica en términos generales cual es la función equipo médico; claramente podemos observar que los líquidos que son succionados del paciente se los almacena en recipientes debidamente esterilizados, también existe una etapa de aislamiento entre la bomba y el recipiente de retención, además un control electrónico que permite la circulación de la corriente por la niquelina.

Las bombas que usan motores eléctricos para generar succión generalmente son ruidosas. Este proyecto está basado en otro sistema para generar el vacío necesario para la succión, la figura # 2 nos muestra un esquema del sistema de vacío utilizado, el mismo que actúa produciendo vacío intermitente por distensión y compresión del aire por medio del uso de niquelina. La niquelina es una aleación metálica que presenta un coeficiente de dilatación de temperatura prácticamente nulo por lo que al incrementarse su temperatura, no varía su valor de resistencia, esto nos garantiza una succión constante en términos ideales.

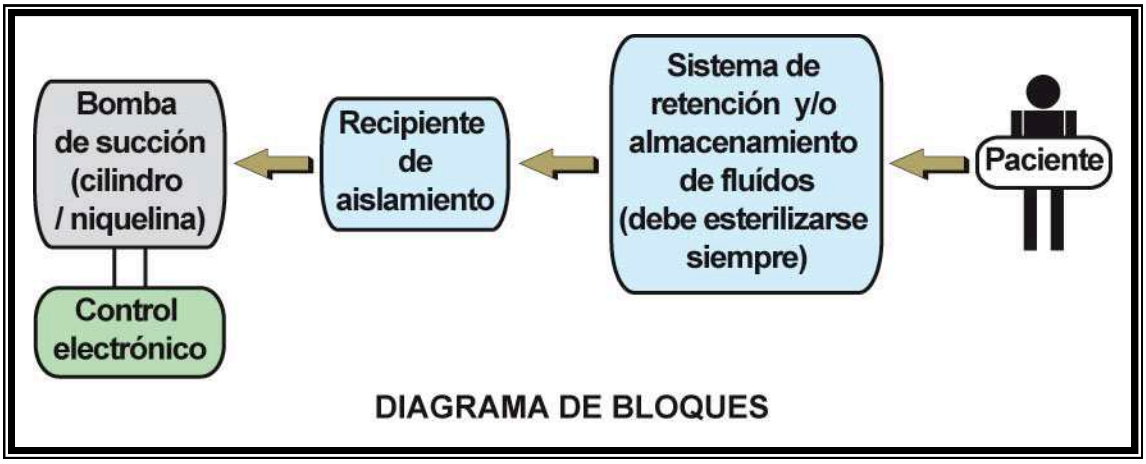

Fig. # 1

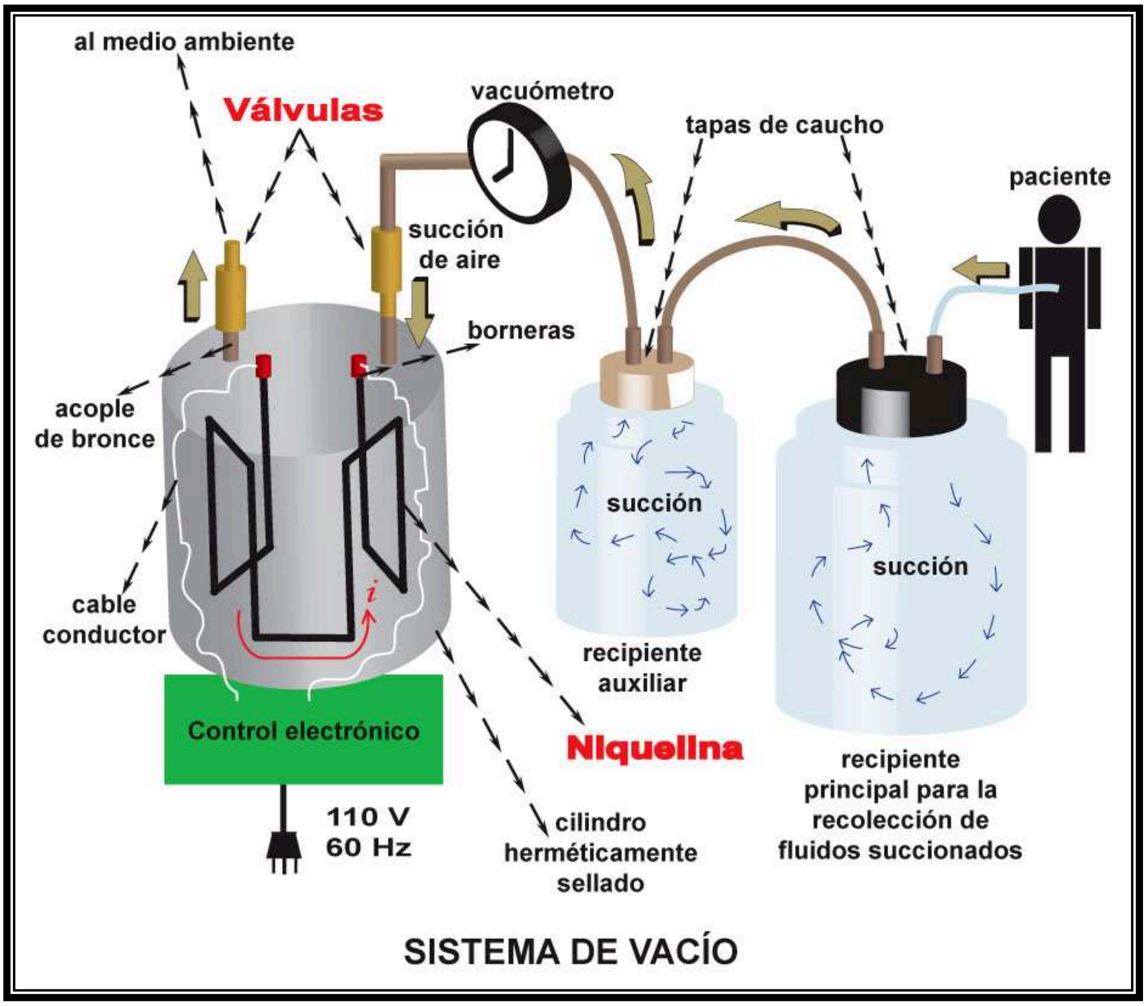

Fig. # 2

La niquelina se debe ubicar en el interior de un cilindro herméticamente sellado. El cilindro debe poseer 2 orificios para la ubicación de dos válvulas, una que permita la salida del aire al exterior y otra que permita la succión. La bomba de vacío contiene en su interior un resistor de niquelina debe ser alimentado con 110 V; en el instante que circula corriente por la niquelina ésta se calienta y empieza a generar calor en el interior del cilindro lo que se ve reflejado en un incremento de la presión interna, por lo que se produce una compresión adiabática y el aire caliente que se genera en el interior del cilindro se libera a través de la válvula de escape generando vacío y una diferencia de presión. Cuando deja de fluir corriente a través de la niquelina la temperatura en el interior del cilindro disminuye y se empieza a generar la succión debido a que la presión interna y la externa tratan de llegar a los mismos niveles; este proceso se repite por algunos ciclos hasta obtener una succión constante, es decir una transformación isóbara o a presión constante.

Los niveles de succión dependen directamente de la cantidad de corriente que circule por la niquelina, debido a que mientras mayor sea la corriente mayor será la temperatura y la fuerza de succión. Para lograr esto tenemos que reducir la resistencia, es decir que usaremos menos niquelina; mientras que para obtener una succión menor lo que se hace es usar más niquelina, es decir incrementar la resistencia; también se puede colocar resistores externos para disminuir la corriente. El uso de resistores externos al cilindro de aluminio permite seleccionar los niveles de succión requeridos sin necesidad de alterar el resistor de niquelina; un valor de resistencia total mas bajo permitirá una corriente mayor produciéndose un nivel de succión mas alto, en cambio un valor de resistencia total mas alto permitirá una corriente menor produciéndose un nivel de succión mas bajo.

También hay que tener en consideración que mientras más grande sea el volumen del cilindro que contiene al resistor de niquelina, se necesitarán mayores niveles de temperatura para calentar el aire que se encuentra en su interior, por lo que la corriente debe ser mayor; por lo que el valor de la resistencia de niquelina que se use deberá ser menor para que circule un valor de corriente mayor y de esa manera se incremente la temperatura. Mientras el volumen del cilindro sea más pequeño sucederá todo lo contrario; por lo que se puede concluir lo siguiente: “El volumen del cilindro es directamente proporcional a la corriente que circula por el resistor de niquelina y al incremento de la temperatura y es inversamente proporcional a la resistencia eléctrica”.

Mediante un circuito astable y un triac se puede controlar los tiempos de operación, el paso de la corriente y por consiguiente la succión del sistema de vacío. Gracias a que el triac es un dispositivo que puede conducir en ambas direcciones, es ideal para manejar cargas de corrientes alternas ya que trabaja como un interruptor.

La figura # 3 muestra un esquema general del equipo médico en donde se destacan los siguientes elementos :

3.a : panel de control.
3.b : mueble (unidad móvil).
3.c : cilindro de aluminio.
3.d : válvula de succión.
3.e : válvula de escape.
3.f : vacuómetro.
3.g : mangueras para succión de aire.
3.h : compartimiento del circuito eléctrico.
3.i : cables conductores.
3.j : borneras.

3.k : recipiente auxiliar o de aislamiento.
3.l : tubo para drenaje (catéter, tubo duodenal , etc.).
3.m : tarjeta de control electrónico.
3.n : recipiente de recolección principal.
3.o : ruedas.
3.p : alarma accionada por el peso del recipiente de recolección.

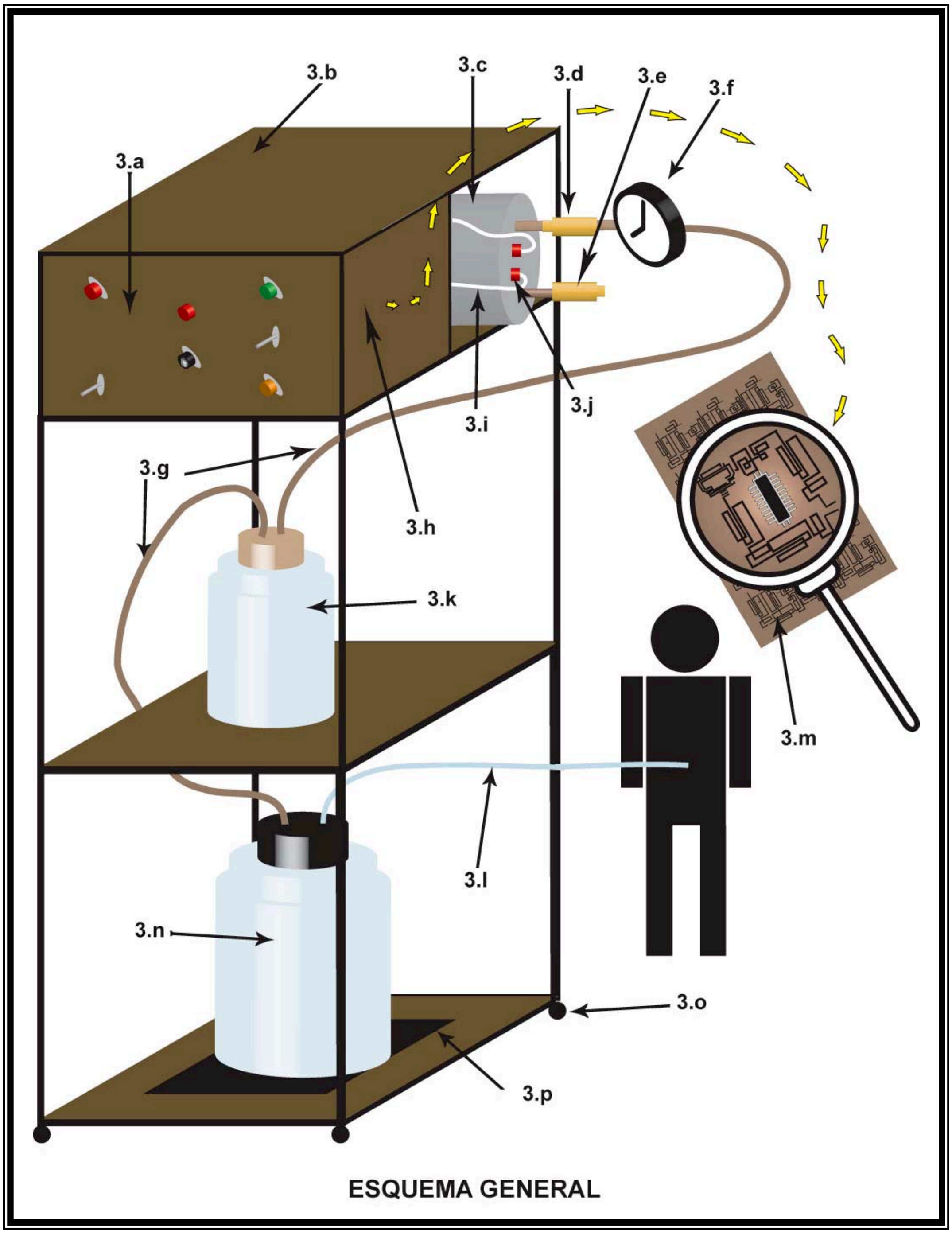

Fig. #3

Detalles del funcionamiento.

Es de principal interés hacer conmutar al triac y para esto se necesita generar una onda cuadrada o tren de pulsos por lo que se usa un LM555 como multivibrador astable (oscilación libre) y se controlan los tiempos de los pulsos mediante los resistores Ra (ubicado entre los terminales 7 y 8 del LM555) y Rb (ubicado entre los terminales 6 y 7 del LM555); es necesario mejorar el ciclo de trabajo, motivo por el cual se procede a colocar un diodo en paralelo a Rb. Los valores de Ra y Rb al igual que mejorar el ciclo de trabajo son de mucha importancia ya que determinan el periodo de la onda cuadrada, el tiempo que dura la señal en estado alto , en estado bajo y el tiempo de circulación de corriente a través del resistor de niquelina, tal como lo indica la tabla I. Es necesario indicar que mientras el pulso está en el nivel bajo la corriente circula a través de la niquelina (ton) , de no ser así sucede todo lo contrario (toff).

Después de realizar varias pruebas y mediciones se logró determinar que al usar un resistor de 470 k Ω como Ra y uno de 100 k Ω como Rb se obtiene una succión constante de 120 mm Hg, pero siempre y cuando se mejore el ciclo de trabajo, de no ser así el periodo sería mayor y se produciría un descenso en el nivel de succión afectando el desempeño del equipo médico.

En las tabla I se puede observar lo que sucede con diferentes combinaciones de Ra y Rb; cuando Ra y Rb tiene valores cercanos y altos, los tiempos en alto y en bajo son también cercanos, lo cual afecta al sistema produciéndose un calentamiento excesivo de la bomba ya que no tiene la niquelina el tiempo suficiente para enfriarse; y al incrementarse la temperatura de la niquelina afecta directamente al triac y a su correcto funcionamiento, éste es el caso de Ra = 820 k Ω y Rb = 680 k Ω o Ra = 390 k Ω y Rb = 270 k Ω. Hay otros casos en los que el tiempo en alto es muy largo como para que se mantenga constante la succión y empiece a oscilar el valor de la presión o en el mejor de los casos se mantiene constante pero con valores no deseados.

Tabla I. Niveles de presión según diferentes combinaciones de Ra y Rb

						Con diodo		Sin diodo *	
	Ra (K Ohm)	Rb (K Ohm)	Ra/Rb	Ra+2Rb (K Ohm)	presión (mm Hg)	talto (toff) (s)	tbajo (ton) (s)	talto (toff) (s)	tbajo (ton) (s)
1	820	680	1,2059	2180		18,8067	15,5958	34,4025	15,5958
2	820	470	1,7447	1760	50 - 120	18,8067	10,7795	29,5862	10,7795
3	820	390	2,1026	1600	100 - 110	18,8067	8,9447	27,7514	8,9447
4	820	270	3,0370	1360	80 - 120	18,8067	6,1925	24,9992	6,1925
5	820	100	8,2000	1020	110	18,8067	2,2935	21,1002	2,2935
6	680	470	1,4468	1620	75 - 110	15,5958	10,7795	26,3753	10,7795
7	680	390	1,7436	1460	100 - 110	15,5958	8,9447	24,5405	8,9447
8	680	270	2,5185	1220	100 - 120	15,5958	6,1925	21,7883	6,1925
9	680	100	6,8000	880	100 - 120	15,5958	2,2935	17,8893	2,2935
10	470	390	1,2051	1250	100	10,7795	8,9447	19,7241	8,9447
11	470	270	1,7407	1010	110 - 120	10,7795	6,1925	16,9719	6,1925
12	470	120	3,9167	710	120 - 130	10,7795	2,7522	13,5317	2,7522
13	470	100	4,7000	670	120	10,7795	2,2935	13,0730	2,2935
14	390	270	1,4444	930		8,9447	6,1925	15,1371	6,1925
15	390	120	3,2500	630	120 - 140	8,9447	2,7522	11,6969	2,7522

* Cuando no se coloca el diodo en paralelo con Rb los valores de succión cambian,los valores de presión indicados en la tabla se obtendrán solo si se usa un diodo en paralelo con Rb

En la figura 4 podemos observar los valores de presión de acuerdo a Ra, Rb y al uso de un diodo en paralelo con Rb.

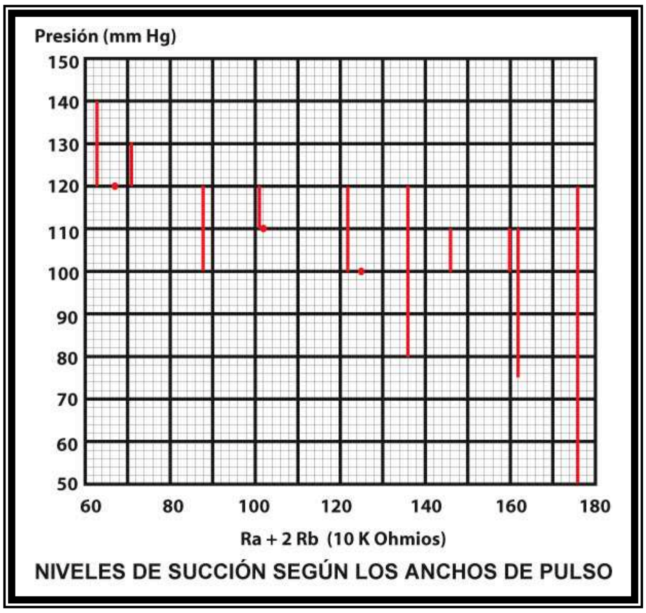

Fig. # 4

Las figuras 5 y 6 nos indican cuantos ciclos o periodos le toma al equipo médico alcanzar los niveles alto y bajo de succión respectivamente y de cómo se realiza el proceso. Primero transcurre un espacio de tiempo desde que el equipo es encendido hasta que el triac permita circular corriente a través de la niquelina (triac on), cuando el triac se apaga (triac off) se produce un descenso de la temperatura interna del cilindro y esto permite que se produzca la succión; es necesario que transcurran 7 ciclos para que alcanzar el nivel alto y 6 ciclos para alcanzar el nivel bajo. La tabla # II nos muestra los tiempos en que el equipo médico llega a los valores deseados.

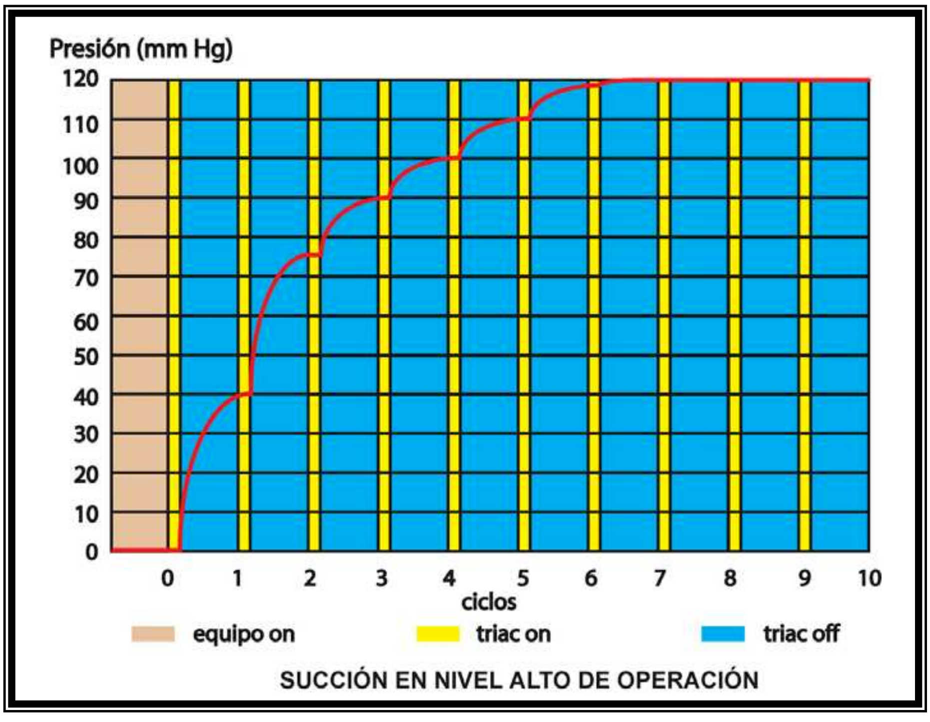

Fig. # 5

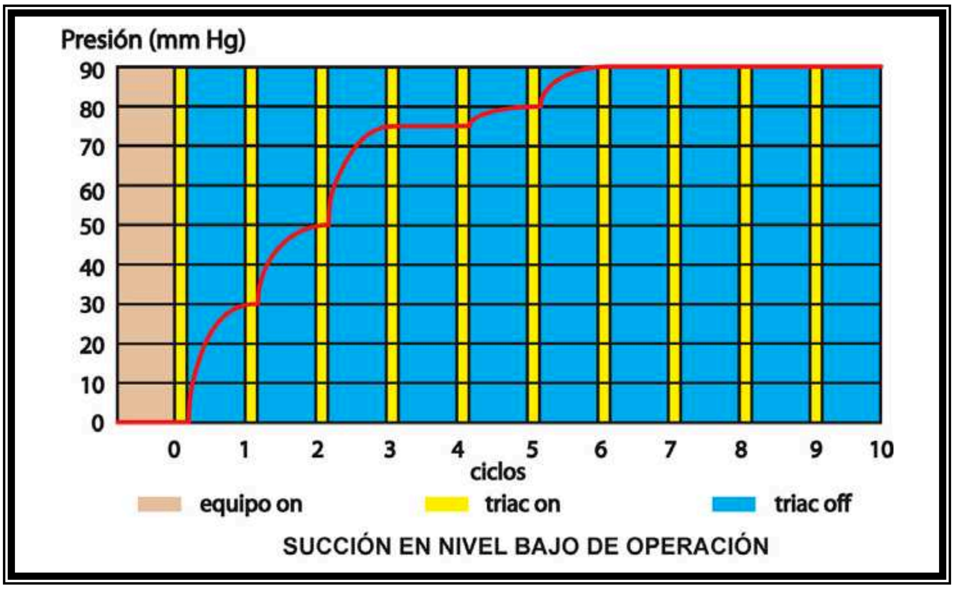

Fig. #6

Tabla # II. Succión en sus dos niveles de operación

Ciclo	Evolución del tiempo		Niveles de succión	
	Triac on (s)	Triac off (s)	alto (mm Hg)	bajo (mm Hg)
0	-	0	0	0
	2,2935		0	0
1		13,0730	40	30
	15,3665		40	30
2		26,1459	75	50
	28,4394		75	50
3		39,2189	90	75
	41,5124		90	75
4		52,2918	100	75
	54,5853		100	75
5		65,3648	110	80
	67,6583		110	80
6		78,4377	118	90
	80,7312		118	90
7		91,5107	120	90
	93,8042		120	90
8		104,5836	120	90
	106,8771		120	90
9		117,6566	120	90
	119,9501		120	90
10		130,7295	120	90

La corriente que circula por el resistor de niquelina genera una temperatura alta, y esta temperatura afecta al funcionamiento del triac por lo que es necesario disipar el calor que se genera y enfriar el aire circundante.

CONCLUSIONES:

1. Este equipo médico sí tendría aceptación en el mercado local debido a que muchos hospitales y centros de salud no cuentan con centrales de succión.

2. La importancia de que el cilindro sea de aluminio, ya que muestra ciertas facilidades de trabajo, como para hacer perforaciones para colocar pernos y terminales conductores, además resiste la corrosión y es poco costoso.

3. El equipo no alcanza en el primer ciclo de trabajo la succión deseada debido a que tiene que vencer la presión interna que poseen los recipientes de recolección y aislamiento para obtener el sistema de vacío; esta presión interna ocupa un espacio que se lo denomina espacio muerto, es por eso que conforme se van llenando los recipientes, ese espacio muerto se vence y la succión mejora. En las múltiples pruebas que se realizaron se notó que si el recipiente de recolección ya posee líquido en su interior la succión requerida se alcanza en menor tiempo debido a que el espacio muerto a vencer es menor; por eso también es importante de que el recipiente de aislamiento sea de menor volumen.

4. El tamaño del cilindro que posee en su interior a la niquelina es de vital importancia debido a que su volumen es directamente proporcional a la corriente que circula por el resistor de niquelina y al incremento de la temperatura y es inversamente proporcional a la resistencia eléctrica; la ventaja de tener un cilindro mas pequeño es que se necesitaría menos temperatura para calentar la cantidad de aire existente en su interior, aunque por otro lado se necesitaría un valor de resistencia menor para disminuir la corriente.

5. Los recipientes de recolección y aislamiento deben de ser de vidrio y/o de un material lo suficientemente rígido para que no existan pérdidas de succión.

REFERENCIAS

1. Susan Milea, Física: La naturaleza de las cosas (Volumen Uno, International Thomson Editores), capítulos 19 y 20

2. Robert F. Coughlin, Frederick F. Driscoll, Amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales (Quinta Edición, Prentice Hall), capítulo 13

3. Instituto Químico Biológico, Medciclopedia- Diccionario ilustrado de términos médicos , http://www.iqb.es/diccio/d/do.htm

4. Dr. Luis Montalvo Mingot, Dr. Eugenio Vargas Carvajal, Cirugía General- Obstrucción - Intestinal, http://sisbib.unmsm.edu.pe/BibVirtual/libros/medicina/ cirugía / Tomo_I / Cap_13_Obstruccion%20intestinal.htm