



Desarrollo de Ventilador Mecánico

Realizado por equipo técnico del Grupo Drilcor



Introducción

Actualmente la situación por la que está pasando la humanidad es preocupante debido a la pandemia del COVID-19, que ha llegado a todos los países del mundo y la cual está creciendo a un ritmo exponencial.

Este crecimiento desmedido de la enfermedad ha provocado que tanto los países económicamente más desarrollados y con mayor capacidad tecnológica, así como los países en desarrollo con deficientes recursos e instalaciones de atención, estén enfrentando una crisis de recursos médicos, tanto de personal como de equipos que den respuesta a las necesidades específicas para la atención de los pacientes de esta enfermedad que afecta el aparato respiratorio y que deteriora rápidamente las funciones del mismo.

Existe una gran variedad de necesidades críticas para el tratamiento de este problema, pero uno de los equipos más escasos actualmente que es un recurso vital para poder salvar la vida de los pacientes en estado crítico es el **Ventilador Mecánico**.

Este es un dispositivo mecánico el cual tiene la función de realizar una ventilación positiva asistida a los pacientes, con la finalidad de realizar una mayor oxigenación, debido a que los pulmones por sí solos ya no la pueden realizar. El equipo, que es costoso y es usado solo en etapas críticas de enfermedades del aparato respiratorio, es muy escaso en las instituciones médicas de todo el mundo.

Durante esta pandemia se ha disparado su uso debido al éxito que ha tenido como un medio de asistir a los pacientes con pulmones deteriorados y a los cuales se les da una oportunidad de recuperarse y pasar las etapas más graves de esta enfermedad.

Por lo tanto, los gobiernos, las empresas, instituciones educativas, investigadores y desarrolladores independientes están contribuyendo para desarrollar equipos económicos y de rápido desarrollo para auxiliar a personas e instituciones que no cuenten con ellos, lo que puede ayudar a salvar vidas y sea en definitiva la diferencia entre la vida y la muerte. Por consiguiente, y en con el afán de colaborar y aportar en la mitigación de este gran problema y teniendo por seguro que se necesitarán este tipo de equipos para la atención de enfermos en etapas críticas del COVID19, el grupo Drilcor S.A. de C.V. desarrolla un equipo prototipo, basado en la propuesta libre de "Un ventilador mecánico para asistencia médica" desarrollado por Sem Lampotang, Dave Lizdas, Tony Destephens, y Llana Zarour; del departamento de Anestesiología, del Centro de Seguridad y Tecnologías de aprendizaje Avanzado. de la Universidad de Florida, EE.UU.

El prototipo se ha adaptado tomando en consideración los materiales asequibles en el país y que su construcción sea sencilla, con facilidad de operación y diseñado para fabricarse en masa, con instrucciones precisas para que personal no especializado lo pueda armar, siendo este el objetivo del equipo original de desarrollo y continuado por el equipo de Drilcor.

Con esta premisa en mente, desarrollamos el siguiente material de apoyo para el correcto entendimiento de este equipo, la descripción de los elementos que lo componen, su método de armado, su programación, así como su funcionamiento y características generales.

Esperamos que este equipo pueda ser aprobado por las autoridades y utilizado en la atención medica de pacientes, con el único y desinteresado objetivo de salvar vidas y ser un pequeño respiro para la humanidad que en estos momentos tanto se necesita.

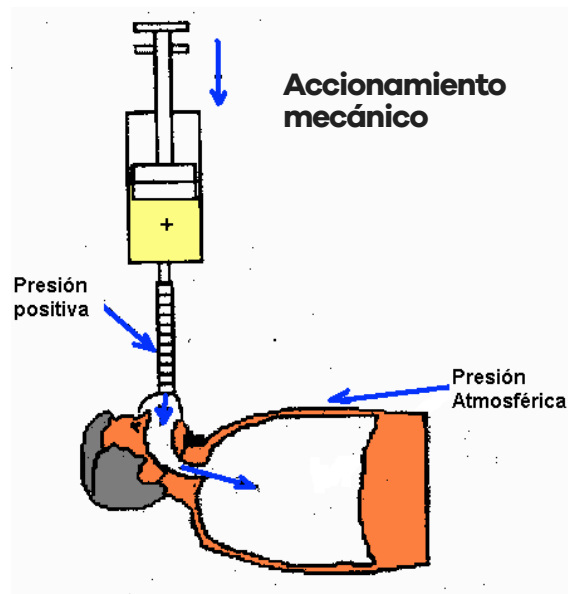
Fundamentos:

La **ventilación mecánica (VM)** se conoce como todo procedimiento de respiración artificial que emplea un aparato para suplir o colaborar con la función respiratoria de una persona que no puede o no se desea que lo haga por su cuenta, de forma que mejore la oxigenación e influya así mismo en la mecánica pulmonar. El ventilador es un generador de presión positiva en la vía aérea que suple la fase activa del ciclo respiratorio (se fuerza la entrada de aire en la vía aérea central y en los alveolos). El principal beneficio consiste en el intercambio gaseoso y la disminución del trabajo respiratorio.

La ventilación mecánica no invasiva

El equipo propuesto es basado en este tipo de ventilación, que se realiza por medios artificiales (máscara facial), pero sin intubación endotraqueal. Se ha demostrado ser una alternativa eficaz a la invasiva, ya que disminuye la incidencia de complicaciones y reduce costes. Actualmente, se indica en pacientes con edema agudo de pulmón cardiogénico e insuficiencia respiratoria secundaria a enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) y en inmunocomprometidos que no requieran una intubación de urgencia y no tengan contraindicaciones para la VMNI (alteración nivel de conciencia, secreciones abundantes, vómitos).

En la figura 1. se ilustra el funcionamiento básico de un equipo de ventilación mecánica.



Se puede observar el sistema básico máquina-paciente en el que un gas regulado (en presión y volumen, principalmente de oxígeno y/o mezcla de aire) es introducido mediante un medio controlado mecánicamente (bomba o válvulas) hacia los pulmones del paciente, ejerciendo este gas una presión positiva definida. Después, el flujo es cortado momentáneamente para que el paciente exhale los mismos hacia la atmósfera.

Los componentes básicos que conforman el equipo de ventilación se muestran en la figura 2.

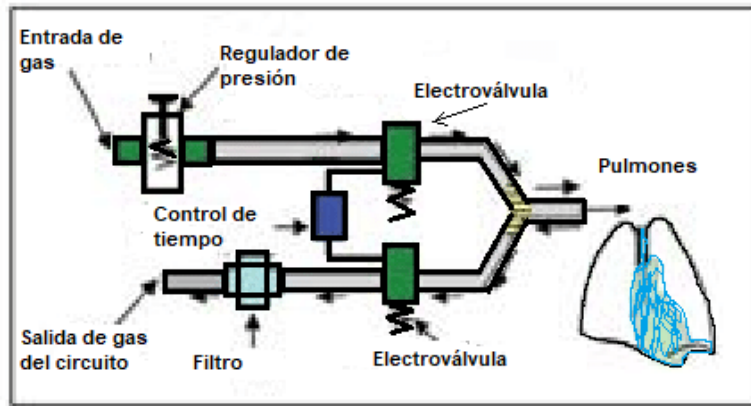


Figura 2

Los componentes son los siguientes:

1

Circuito

Es un sistema compuesto por una serie de conductos que van desde la conexión del gas, hasta el paciente y después a una salida a la atmósfera.

En este sistema la dirección del flujo del gas alternará de un sentido cuando es la inspiración (entrada de gas hacia los pulmones) y cambiará al contrario cuando es la espiración (salida de gas desde los pulmones).

2

Sistemas de control

Son los elementos encargados de controlar el flujo de gas, así como la presión en cada punto del sistema de acuerdo a la configuración requerida por el médico y que pueden ser ajustados en cualquier momento. (Válvulas, reguladores, manómetros y sistemas electrónicos).

3

Sistemas de filtración

Son los elementos necesarios para asegurar que las partículas extrañas así como los posibles contaminantes generados por el paciente no salgan hacia el exterior (filtros de gas y aire, grado médico).

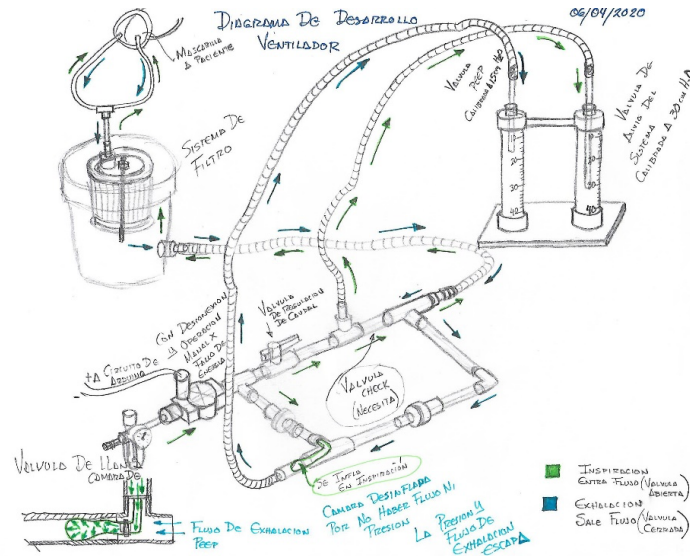
4

Sistemas de conducción

Son todos los elementos de conducción que conforman el circuito y que conducen el gas a sus diferentes destinos (tubería, mangueras y conexiones).

Versión V1 de Ventilador mecánico

Ya definidos todos los componentes de un sistema básico de Ventilador, presentamos un boceto con la propuesta inicial, una breve descripción de su funcionamiento, una relación de materiales y dónde pueden ser conseguidos para su fácil construcción:



Boceto inicial de propuesta de ventilador V1

Descripción de su funcionamiento

Este diseño tiene como objetivo ser una alternativa rápida y funcional a un ventilador mecánico de grado médico que pueda armarse fácil y rápidamente con materiales comunes (comprados en cualquier ferretería y tienda de electrónica) y que cumpla con el objetivo de poder dar servicio de emergencia para salvar vidas.

Con esta consigna se desarrolló este sistema de bajo costo que cumple con los requerimientos básicos de un ventilador mecánico.



Funcionamiento Ventilador

Versión 1:

En el sistema se tienen dos etapas de trabajo que completan un ciclo:

- 1.- Entrada de gas (Inspiración)
- 2.- Salida de gases (Exhalación)

1 Etapa 1

1. Se inicia calibrando la entrada de gas a la presión requerida del sistema.
2. Se introduce el gas (oxígeno puro o mezcla aire-oxígeno), mediante la activación del solenoide (apertura) de la electroválvula (normalmente cerrada) por un tiempo definido previamente en el sistema de control (flujo regulado).
3. Después, el gas pasa a través de los conductos, llenando todos los conductos, incluido un sistema de válvula restrictiva compuesta por una cámara de llanta inflable que funcionará como válvula anti retorno para que el flujo no circule hacia el manómetro de columna de agua denominado PEEP (calibrado a 15 cm H₂O). Sin embargo, el gas sí circulará hacia los otros dos conductos pasando previamente por una válvula de bola que regulará el caudal del gas que pasa hacia el manómetro de columna de agua de presión general del sistema (Calibrado a 40 cm H₂O como máxima) y hacia la cubeta con el filtro HEPA y de ahí directamente a la mascarilla del paciente.
4. El paciente realiza la inhalación (ventilación positiva) por el periodo definido en el sistema de control (mismo que el tiempo de apertura de la electroválvula).

2 Etapa 2

1. Se desactiva la electroválvula y se cierra el flujo de gas, al no haber presión en las líneas de tubería la válvula de cámara se desinfla y abre el paso hacia el manómetro de columna de agua PEEP calibrado a 15 cm H₂O.
2. En este momento el paciente exhala el gas sucio proveniente de sus pulmones con contaminantes (virus COVID 19), los cuales fluyen por las mangueras hacia el filtro HEPA, en el cual deben de quedar retenidos para no salir hacia el sistema, ni hacia la atmósfera.
3. De ahí fluyen a través del circuito y pasan libremente por donde se encuentra la válvula de cámara (ahora desinflada), hacia el manómetro (PEEP) de columna de H₂O, que además de registrar la presión de exhalación, sirve como válvula de alivio regulable (esto se realiza introduciendo o sacando la manguera de llenado al interior del recipiente de agua).
4. Cuando es completado el tiempo de exhalación de acuerdo al programa del sistema de control, la electroválvula se abrirá de nuevo e iniciará a la etapa 1.

Este ciclo se repetirá indefinidamente mientras el paciente lo requiera y se podrán cambiar las condiciones del sistema ajustando los parámetros preestablecidos en el sistema de control electrónico; como se definirá en el apartado del sistema de control.

Además, es importante comentar que si el sistema electrónico presenta falla, **el sistema se puede operar manualmente** (solamente por personal médico), abriendo y cerrando la válvula manualmente hasta que el sistema se reestablezca.

Material list:

No.	Descripción	Cant	Proveedor
1	Regulador de presión 0-120 psi	1 Pza.	Home Depot
2	Filtro de agua y aceite	1 Pza.	Home Depot
3	Niple de bronce npt de 1/4"	2 Pza.	Home Depot
4	Cople de bronce de 1/4"	2 Pza.	Home Depot
5	Reducción de bushing npt galvanizada de 1/2" M a 1/4" H	1 Pza.	Home Depot
6	Reducción de bushing npt galvanizada de 1" M a 1/2" H	1 Pza.	Home Depot
7	Válvula Solenoide para riego de 1" npt Rain Bird	1 Pza.	Home Depot
8	Reducción bushing Pvc ced 40 hidra. de 1" M a 1/2" H Lisa	1 Pza.	Home Depot
9	Cople de 3/4" PVC ced 40 Hidra. Lisa	9 Pza.	Home Depot
10	Cople adaptador 1" Pvc ced 40 Hidra. npt M a 1" H npt	2 Pza.	Home Depot
11	Válvula de bola PVC ced 40 Hidra. npt 1"	1 Pza.	Home Depot
12	Cople Adaptador 1" Pvc ced 40 Hidra. npt M a 1" H Lisa	6 Pza.	Home Depot
13	Tee 1" Pvc ced 40 Hidra. H Lisa	4 Pza.	Home Depot
14	Cople 1" Pvc ced 40 Hidra. Lisa	2 Pza.	Home Depot
15	Conector inserto rosca exterior 1" PVC	3 Pza.	Home Depot
16	Tubo Pvc de 1" ced 40 Hidra. de 86" + 10" de Long	1 Pza.	Home Depot
17	Codo de 90° de 1" ced 40 Hidra. Pvc Lisa	1 Pza.	Home Depot
18	Tuerca unión 1" de Pvc ced 40 Hidra npt a Lisa	3 Pza.	Home Depot
19	Diafragma hecho de cámara de llanta	1 Pza.	Fabricada
20	Arandela plástica de 1" x 1/16"	1 Pza.	Fabricada
21	Manguera translúcida plastica de 3/8" 1.20m	1 Pza.	Home Depot
22	Manguera corrugada plastica transparente de 1" 6m	1 Pza.	Ref. Lozano
23	Filtro automotriz cilíndrico grado HEPA P100 7" diam x 8" a	1 Pza.	Home Depot
24	Cubeta plástica de 19 Lts	1 Pza.	Home Depot
25	Soporte porta filtro (placa circular, varilla roscada 1/2", tue	1 Pza.	Home Depot
26	Conector rotoplas para salida de tinaco de 1"	2 Pza.	Home Depot
27	Cople adaptador 1" pvc ced 40 Hidra. M liso a 1/2" H npt	1 Pza.	Home Depot
28	Cople adaptador de bronce de 1/2" npt a espiga 1/4"	1 Pza.	Home Depot
29	Conector Tee rápido para manguera de aire de 1/4"	1 Pza.	Home Depot
30	Manguera blanca plástica para aire de 1/4" 3 m	1 Pza.	Home Depot
31	Manguera transparente plástica de 2" 1.5 m	1 Pza.	Rabasa M.
32	Tapón macho de 2" pvc hidra. Ced 40 Lisa	2 Pza.	Home Depot

Material list:

No.	Descripción	Cant	Proveedor
33	Reducción Blushing Pvc hidra. Ced 30 de 2" M a 1 1/2" H Lisa	2 Pzas.	Home Depot
34	Reducción bushing Pvc hidra Ced 40 de 1 1/2" M a 1" H Lisa	2 Pzas.	Home Depot
35	Reducción bushing Pvc hidra. Ced 40 de 12 M a 1/2" H Lisa	2 Pzas.	Home Depot
36	Abrazadera ajustables metálicas de 1/2"	2 Pzas.	Home Depot
37	Cinta métrica flexible de 1m	2 Pzas.	Parisina
38	Cartucho de silicón transparente	1 Pza.	Home Depot



Después de explicar el funcionamiento y componentes del ventilador, procederemos a explicar brevemente el procedimiento de armado; para que pueda ser realizado por cualquier persona.

1

Adquirir todos los materiales de preferencia los que se enumeran en la lista y de no ser posible; se deberán buscar los elementos que puedan realizar la función equivalente de los definidos en la lista original, se deberán aplicar los adhesivos necesarios para asegurar el sellado correcto de todos los elementos.



Imagen 1. Componentes generales de circuito



Imagen 2. Componentes generales de filtro

2

Para poder llevar a cabo el ensamble requerimos de herramientas básicas, así como también elementos para unir los componentes que se listan a continuación:

- 2 Llaves Crescent ajustables. (Imagen 3)
- 1 Desarmador Plano mediano
- 1 Cinta de teflón de 3/4"
- 1 Bote de Adhesivo para PVC
- 1 Gotero de adhesivo de contacto instantáneo
- 1 Cartucho de adhesivo de silicón transparente.
- 1 Cinta para sellado de tubería.



Imagen 3. Llaves Crescent, adhesivo pvc y cinta de teflón.

3

Conectar a la manguera de gas el regulador de presión y manómetro y los conectores Niple de bronce npt de 1/4", Cople de bronce de 1/4".



Imagen 4. Manguera y regulador de presión con filtro

4

Conectar al regulador de presión con manómetro los siguientes componentes:
Reducción bushing npt galvanizada de 1/2" M a 1/4"H, Reducción bushing npt galvanizada de 1" M a 1/2"H y posteriormente conectar la Válvula Solenoide para riego de 1" npt Rain Bird, todo esto del lado de entrada, del lado de salida colocaremos 1 Cople Adaptador 1" Pvc ced 40 Hidra npt M a 1" H lisa.



Imagen 5

5

Conectaremos ahora los siguientes elementos para conformar los 2 primeros ramales

Al ramal A:

1 Sección de Tubo de PVC ced 40 Hidra de 5 cm, 1 Tee 1" Pvc ced 40 Hidra. H. Lisa en posición horizontal, 1 Sección de Tubo de PVC ced 40 Hidra de 5 cm y 1 Cople Adaptador 1" Pvc ced 40 Hidra. npt M a 1" H Lisa.

Al ramal B:

1 Sección de Tubo de PVC ced 40 Hidra de 5 cm, Tuerca unión 1" de Pvc ced 40 Hidra npt a Lisa, 1 Cople Adaptador 1" Pvc ced 40 Hidra. npt M a 1" H Lisa y 1 Sección de Tubo de PVC ced 40 Hidra de 5 cm.

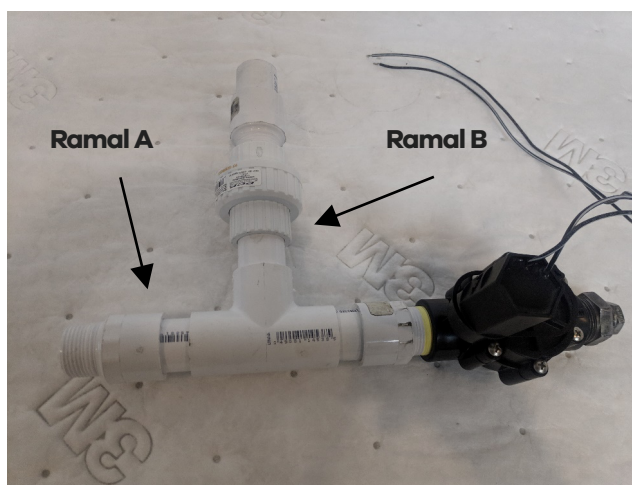


Imagen 6

6

Continuamos con la conexión de los elementos del ramal A, con los siguientes elementos:
 1 Válvula de bola Pvc ced 40 Hidra. npt 1", 1 Cople Adaptador 1" Pvc ced 40 Hidra. npt M a 1" H Lisa.; 1 Sección de Tubo de PVC ced 40 Hidra de 5 cm y 1 Tee 1" Pvc ced 40 Hidra. H Lisa en posición vertical.

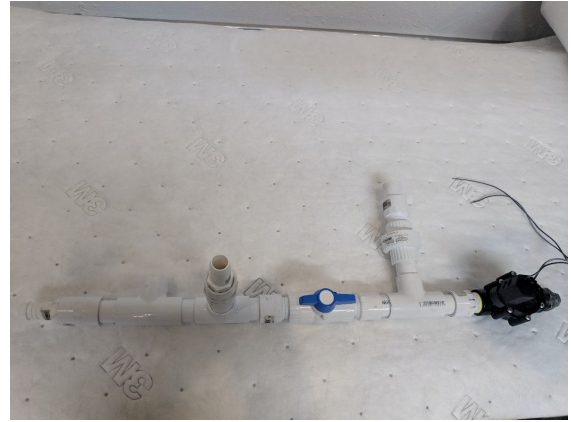
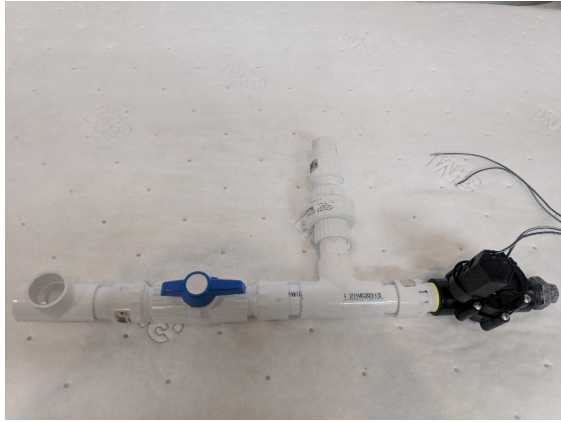


Imagen 7

7

Continuamos con la conexión de los elementos del ramal A y el ramal C con los siguientes elementos:

Al ramal A:

1 Sección de Tubo de PVC ced 40 Hidra de 5 cm y 1 Tee 1" Pvc ced 40 Hidra. H Lisa en posición horizontal, 1 Sección de Tubo de PVC ced 40 Hidra de 5 cm, 1 Cople Adaptador 1" Pvc ced 40 Hidra. M liso a 1/2" H npt y Conexión adaptador de Pvc ced 40 Hidra de 1" npt a espiga 1/2".

Al ramal C:

1 Sección de Tubo de PVC ced 40 Hidra de 5 cm y 1 Cople Adaptador 1" Pvc ced 40 Hidra. M liso a 1/2" H npt y Conexión adaptador de Pvc ced 40 Hidra de 1" npt a espiga 1/2".

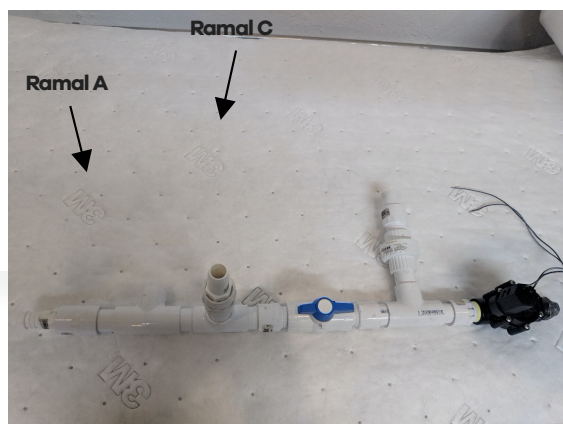


Imagen 8