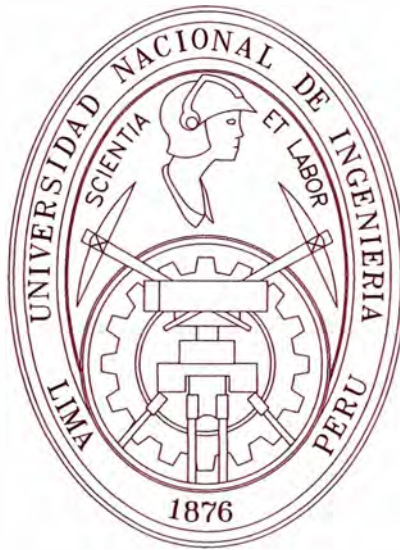


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**“PROYECTO PARA LA INSTALACION DE UN SISTEMA DE  
OXIGENACION A UNA MAQUINA DE ANESTESIA Y SU  
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO GENERAL”**

**INFORME DE INGENIERIA**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO MECANICO**

***JULIO MANUEL CAIGUARAICO MEDINA***

***PROMOCIÓN 1992-I***

**LIMA – PERU**

**- 2006**

En memoria de mis padres por su enseñanzas y formación, a mis hermanos, esposa e hijos por su apoyo incondicional.

# TABLA DE CONTENIDO

<b>CAPITULO I</b>	<b>01</b>
INTRODUCCIÓN	01
1.0 GENERALIDADES	01
1.1 RESEÑA HISTORICA	02
1.2 DESCRIPCION DE LA MAQUINA DE ANESTESIA	04
1.3 COMPONENTES DE LA MAQUINA DE ANESTESIA	05
1.4 DESCRIPCION DEL SISTEMA DE OXIGENACION	08
1.5 UBICACIÓN FÍSICA	12
<b>CAPITULO II</b>	<b>13</b>
FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO Y COMPONENTES	13
2.1 DESCRIPCION DEL PROCESO DE FUNCIONAMIENTO	13
2.2 RED DE OXIGENO MEDICINAL	17
2.3 RED DE NITRÓGENO MEDICINAL	22
2.4 VAPORIZADORES	22
2.5 CANISTER	26
2.6 CIRCUITO RESPIRATORIO	30

<b>CAPITULO III</b>	<b>33</b>
<b>INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE OXIGENACION</b>	<b>33</b>
3.1 NECESIDAD DEL SISTEMA DE OXIGENACION	33
3.2 ACCESORIOS REQUERIDOS PARA SU INSTALACIÓN	39
3.3 UBICACIÓN FÍSICA EN LA MAQUINA DE ANESTESIA	50
3.4 INSTALACION EN LA MAQUINA DE ANESTESIA	51
3.5 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	52
<b>CAPITULO IV</b>	<b>54</b>
<b>PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE LA MAQUINA DE ANESTESIA</b>	<b>54</b>
4.1 REVISION, LIMPIEZA Y LUBRICACIÓN DE ACCESORIOS	54
4.2 PRUEBA DE FUGAS EN EL SISTEMA	55
4.3 DESINFECCION DE ACCESORIOS DEL CIRCUITO RESPIRATORIO	56
4.4 REVISION DEL SISTEMA DE OXIGENO Y NITRÓGENO	57
4.5 VERIFICACION DEL ESTADO Y FUNCIONAMIENTO DE ALARMAS	59
4.6 PURGA DEL SISTEMA DE TUBERÍAS	59
4.7 AJUSTE Y LIMPIEZA DEL CANISTER	60
4.8 CHEQUEO DE CONTROLES DEL SISTEMA DE OXIGENACION	61
4.9 REVISION DE MANGUERAS DEL SISTEMA DE OXIGENACION	62
4.10 REVISION Y LIMPIEZA DE FUELLE Y EMPAQUES DEL SISTEMA DE OXIGENACION	62

<b>CAPITULO V</b>	<b>64</b>
<b>COSTOS</b>	<b>64</b>
5.1 COSTO DE INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE OXIGENACION	64
5.2 COSTO DEL MANTENIMIENTO GENERAL	65
5.3 TIEMPO DE RECUPERACION DE LA INVERSION	66
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>69</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>71</b>
<b>PLANOS</b>	<b>73</b>
<b>APENDICE</b>	<b>76</b>

## PROLOGO

El presente proyecto esta basado en la maquina de anestesia que se encuentra instalada en el Hospital de Essalud Huánuco el cual requiere para un adecuado funcionamiento se le instale un sistema de oxigenación mecánico que es muy importante para realizar intervenciones quirúrgicas complejas las cuales requieren oxigenación permanente al paciente, así mismo se ejecutara su respectivo programa de mantenimiento.

En este contexto, el proyecto consta de 7 capítulos.

Capitulo I, se presenta las generalidades, formulación del problema, justificación e importancia del presente proyecto y los objetivos.

Capitulo II, se hace un resumen de la descripción de la maquina de anestesia, sistema de oxigenación y componentes, así como su ubicación en el sistema Hospitalario.

Capitulo II, se refiere a los principios de los gases medicinales componentes y clasificación, características y seguridad de los gases comprimidos.

Capitulo IV, se describe el funcionamiento de la maquina de anestesia, sistema de oxigenación y componentes básicos de todo el sistema de operación de la maquina.

Capitulo V, esta referido a la necesidad de instalar el sistema de oxigenación, accesorios requeridos e instalación en la maquina de anestesia con sus pruebas respectivas.

Capitulo VI, esta referido al programa de mantenimiento preventivo que se debe ejecutar periódicamente a la maquina de anestesia para garantizar un adecuado funcionamiento.

Capitulo VII, se presenta los costos de instalación del sistema de oxigenación, costos de mantenimiento y tiempo de recuperación de la inversión.

Finalmente concluye el presente informe con las respectivas conclusiones y recomendaciones.

## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

#### **1.0 GENERALIDADES**

El presente informe esta relacionado a la maquina de anestesia el cual es uno de los equipos fundamentales en un sistema Hospitalario de Salud específicamente dentro de una sala de operaciones, en la actualidad todavía existen a nivel del sector salud maquinas de anestesia de cierta antigüedad que no llevan incorporado el sistema de ventilación (oxigenación) mecánica y dicho proceso de oxigenación es ejecutado manualmente por el personal de salud, uno de estos equipos se encuentra en el Hospital Essalud de Huánuco, en la actualidad todos los fabricantes de equipos de maquina de anestesia han diseñado dichos equipos con la inclusión de un ventilador mecánico compacto y de fácil manejo.

El proyecto consiste en determinar el tipo de instalación básica que se requiere para el acondicionamiento del sistema de ventilación mecánica



a la máquina de anestesia OHMEDA con que cuenta el Hospital con la elaboración de su respectivo programa de mantenimiento general.

La ventilación es un acto que realizamos de forma espontánea e inconsciente en circunstancias normales y la ventilación asistida consiste en proporcionar oxígeno a los pulmones del paciente en forma forzada mediante un ventilador mecánico o manualmente con una bolsa especial llamada AMBU y esto es debido a la dificultad que tienen algunas personas por su estado de salud para que su organismo realice dicho proceso en forma normal y también por los anestésicos que se suministran durante el acto operatorio.

Las máquinas de anestesia son equipos de precisión con detalles de mecánica, ingeniería y electrónica que permiten asegurar el suministro de una cantidad exacta de gas que sea requerido para la seguridad del paciente.

## **1.1 RESEÑA HISTORICA**

En el siglo XVI la cirugía se limitaba a procedimientos rápidos, especialmente amputaciones y drenajes. El buen cirujano se caracterizaba por su rapidez, ya que el paciente tenía que estar atado o sujeto por varias personas durante la operación. Las posibilidades de

sobrevivir a estas intervenciones eran mínimas, sobre todo por el gran riesgo que suponían las infecciones.

Los primeros dispositivos para suministrar anestesia eran vasos de metal o vidrio llenos parcialmente de éter dietílico o cloroformo en donde el paciente tenía que inhalar los vapores generados, se aumentaba la superficie de evaporación por medio de gasas, esponjas, conductos de cobre o recipientes que tenían superficie ancha, el cloroformo se aplicaba en volúmenes conocidos en bolsas de aire, bombeando aire a través del líquido sin tomar en consideración la ventilación del paciente.

En 1880 el dentista Inglés White dispuso el N<sub>2</sub>O comprimido pero su aplicación clínica a pesar de la ventaja de los gases comprimidos no se uso por falta de válvulas de reducción. En 1903 se usaban válvulas unidireccionales para la aplicación del cloroformo y aplicándole calor se podía aumentar la vaporización del líquido.

Entre 1910 y 1930 las invenciones, investigaciones y estudios científicos de varios anesthesiólogos revolucionaron el diseño de las maquinas de anestesia. A partir de 1930 el diseño y la función básica de los aparatos de anestesia es muy similar a los que se emplean en la actualidad, siendo sus características principales seguridad para los pacientes, contruidos con materiales cada vez de mejor calidad.

Desde 1940 se desarrolló los vaporizadores de marmita de cobre hasta los que actualmente se utilizan, siendo aparatos de flujo continuo se trata siempre de establecer estándares internacionales en el diseño del equipo con el fin de aumentar la compatibilidad y seguridad en su manejo.

## 1.2 DESCRIPCION DE LA MAQUINA DE ANESTESIA

La máquina de anestesia es un equipo que tiene un sistema que consta de circuitos, conexiones y componentes que provee y controlan la mezcla de gases medicinales con el vapor de agentes anestésicos, liberando la mezcla hacia la vía respiratoria del paciente con la finalidad de anestesiar al paciente y que permita la ejecución de un procedimiento diagnóstico o terapéutico especialmente quirúrgico.

Los gases que se emplean actualmente en anestesia son el Oxígeno Medicinal, Aire y el Nitrógeno ( $N_2O$ ), y los agentes volátiles son el Halotano, Enflorane, etc. La dosificación es determinada previamente por el médico en base al tipo de intervención quirúrgica y a las características específicas de cada paciente.

Toda máquina de anestesia debe realizar las siguientes funciones:

- a) Proporcionar cantidades medidas de gas anestésico, oxígeno y óxido nítrico
- b) Remover el  $CO_2$  exhalado

- c) Proporcionar una trayectoria de baja resistencia que permita una fácil inhalación de la mezcla de gases.

Los principales componentes de la maquina de anestesia se encuentran distribuidos dentro los tres sistemas fundamentales que tienen dichas máquinas y que son las siguientes:

- I) Sistema de Alta Presión
- II) Sistema de Dosificación
- III) Sistema de Circuito de Paciente

### **1.3 COMPONENTES DE LA MAQUINA DE ANESTESIA**

#### **I) SISTEMA DE ALTA PRESION**

- a) Cilindros de oxígeno y nitrógeno
- b) Reguladores de alta presión
- c) Manómetros
- d) Válvulas de retención
- e) Alarma de oxígeno
- f) Válvula de bloqueo de  $\text{N}_2\text{O}$

#### **II) SISTEMA DE DOSIFICACION**

- a) Flujómetros
- b) Reguladores

c) Vaporizadores

### III) SISTEMA DE CIRCUITO DE PACIENTE

a) Absorbedor de CO<sub>2</sub>

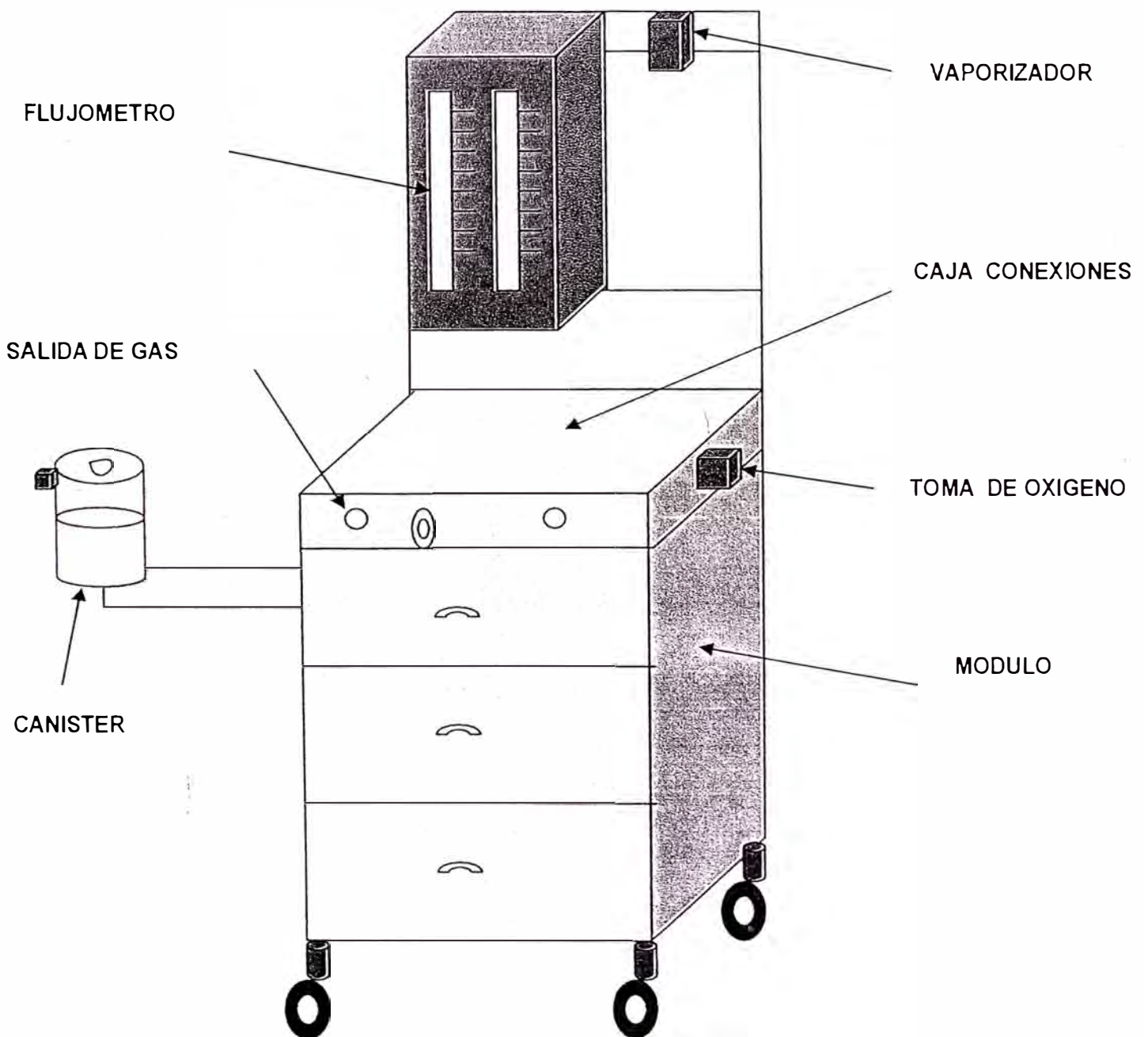
b) Válvula de espiración

c) Válvula de inspiración

d) Ventilación

e) Mascara y corrugados

# MAQUINA DE ANESTESIA



#### **1.4 DESCRIPCION DEL SISTEMA DE OXIGENACION**

El sistema de oxigenación o ventilación en una maquina de anestesia consiste en suministrar oxigeno en forma manualmente (bolsa especial) o mecánicamente (ventilador), se requiere la ventilación debido a la incapacidad del paciente de poder cumplir con esta función, el objetivo de la asistencia respiratoria mecánica es reemplazar o complementar el trabajo respiratorio del paciente que por su patología o la anestesia suministrada no esta en condiciones de realizar satisfactoriamente.

Sabemos que la sangre arterial al bañar los tejidos, les cede los principios necesarios para su nutrición y funcionamiento, y recibe de ellos, en cambio, los materiales de desasimilación. Así modificada la sangre toma el nombre de sangre venosa y es negra, pobre en oxigeno y cargada de materiales de desecho, pero lo que la caracteriza funcionalmente es ante todo que ha perdido gran parte de las cualidades necesarias para el sostenimiento de la vida..

La respiración tiene precisamente por objeto restituirle sus primitivas cualidades, y esta función consiste en un cambio gaseoso entre la sangre venosa y el aire atmosférico, el aire cede a la sangre una parte de oxigeno y a su vez la sangre cede al aire bióxido de carbono, vapor de agua y un poco de nitrógeno. Por efecto de este cambio, que constituye

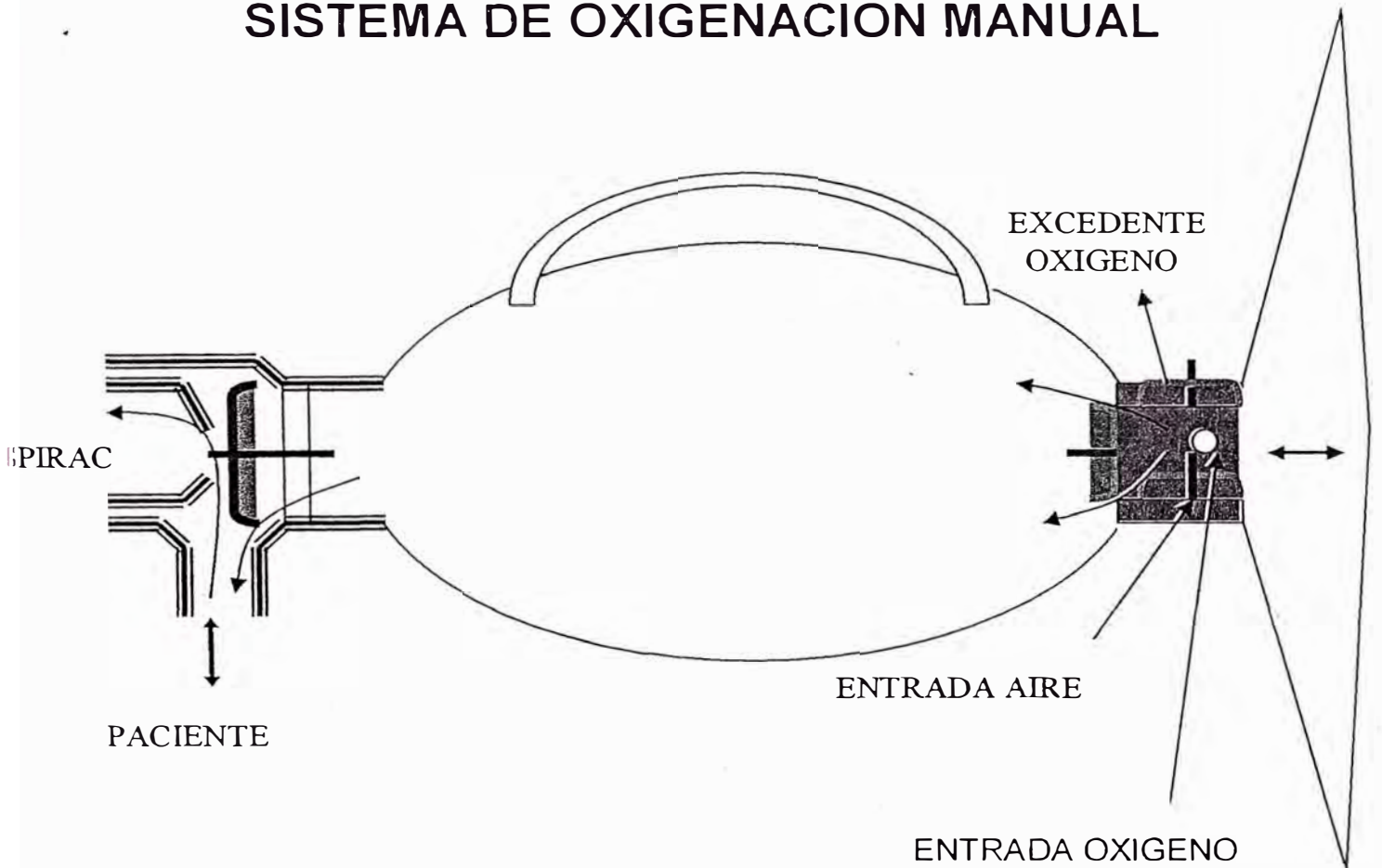
el fenómeno de HEMATOSIS, la sangre venosa ha recuperado todas sus cualidades químicas y biológicas: ha vuelto a convertirse en sangre arterial.

En la ventilación mecánica se puede distinguir cuatro ciclos básicos durante la oxigenación del paciente que son:

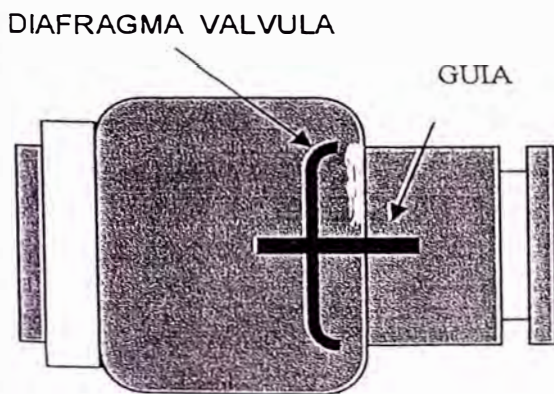
- Inicio de la fase de inspiración
- Final de la fase de inspiración
- Inicio de la fase de expiración
- Final de la fase de expiración



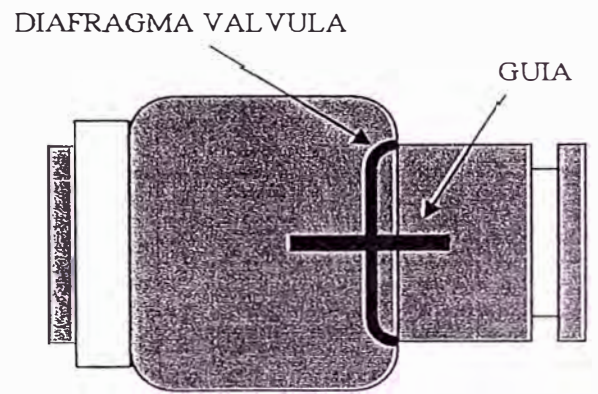
## SISTEMA DE OXIGENACION MANUAL



## VÁLVULA DE PACIENTE

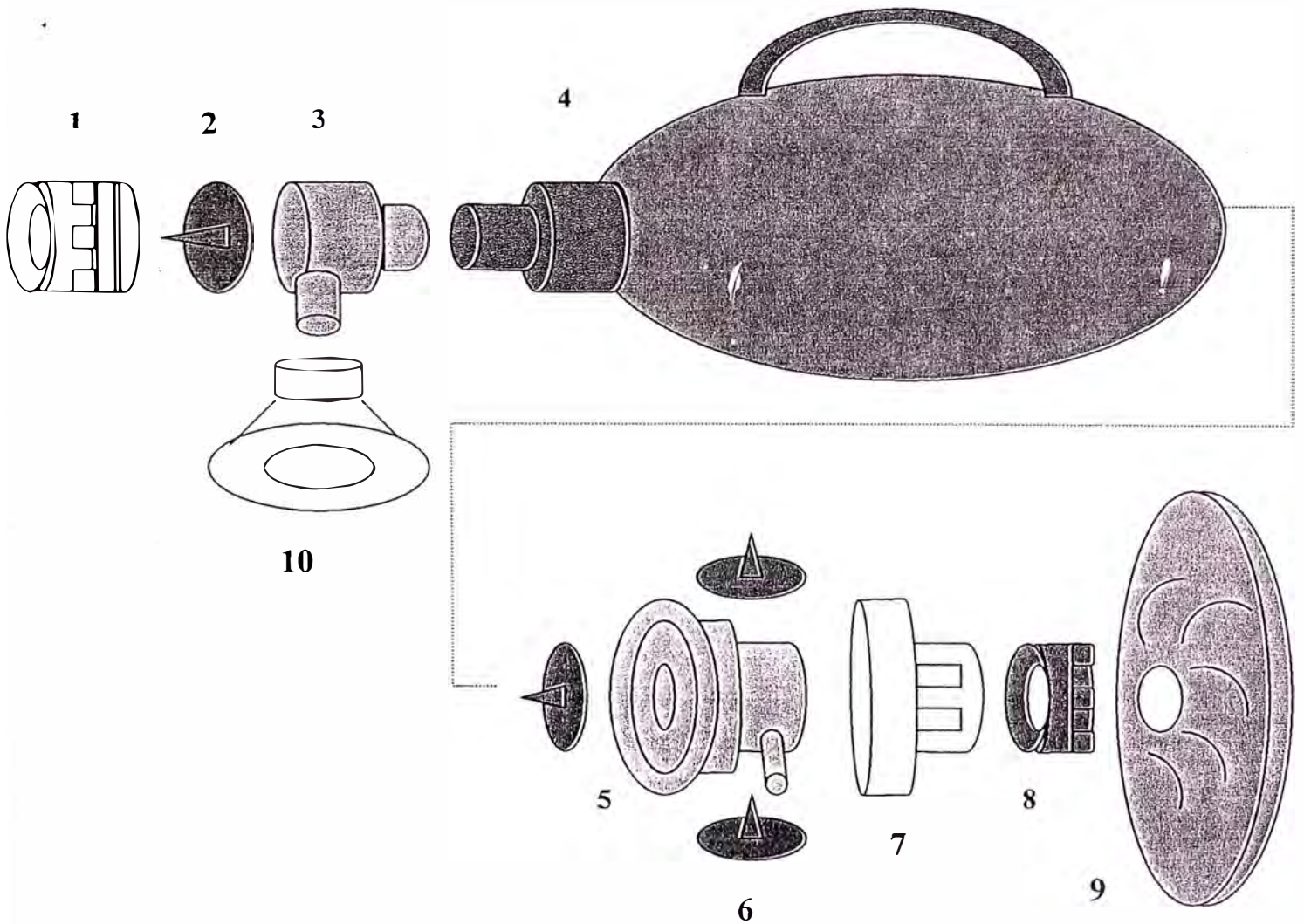


INHALACION



ESPIRACION

# COMPONENTES OXIGENACION MANUAL



- 1.- CONECTOR ESPIRATORIO
- 2.- MEMBRANA DE VÁLVULA PARA VÁLVULA DE PACIENTE
- 3.- ENVUELTA DE VÁLVULA DE PACIENTE
- 4.- BOLSA CON CONECTOR DE SALIDA
- 5.- ENVUELTA DE LA VÁLVULA DE ENTRADA
- 6.- MEMBRANA DE VÁLVULA
- 7.- BRIDA EXTERIOR PARA LA VÁLVULA DE ENTRADA
- 8.- TUERCA CERRADA PARA LA BOLSA DE RESERVA OXIGENO
- 9.- BOLSA DE RESERVA DE OXIGENO
- 10.- MASCARILLA FACIAL PARA PACIENTE

## 1.5 UBICACION FISICA

La máquina de anestesia se encuentra ubicada en la sala de operaciones del Servicio de Centro Quirúrgico del Hospital Essalud nivel II de la Red Asistencial Huánuco.

La posición normal de la maquina de anestesia debe ser en la cabecera de la camilla de operaciones y a sus lados laterales se ubican los cilindros de oxígeno y nitrógeno.

La máquina de anestesia dentro de la sala de operaciones se complementa con la ubicación de otros equipos que van a los lados laterales de la camilla de operaciones las cuales normalmente son:

- Equipo de Laparoscopia
- Electrobisturi
- Monitor de funciones vitales
- Aspirador de secreciones
- Lámpara quirúrgica

## **CAPITULO II**

### **FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO Y COMPONENTES**

#### **2.1 DESCRIPCION DEL PROCESO DE FUNCIONAMIENTO**

La máquina de anestesia tiene como principio de funcionamiento básico el proceso de mezcla de los gases medicinales (Oxígeno, aire y Nitrógeno) y los agentes anestésicos volátiles (Halotano, Enflorane, etc) mediante sistemas neumáticos con controles mecánicos y electrónicos.

Los gases medicinales se abastecen mediante cilindros de oxígeno (O<sub>2</sub>) y óxido nítrico (N<sub>2</sub>O) los cuales llevan a su salida reguladores de presión con su manómetro y son regulados a una presión de trabajo de 50 PSI , luego del cual ingresan los gases separadamente a la máquina de anestesia y en el módulo de control flujo o caudal se regulan y miden separadamente de acuerdo al caudal que determina el anestesiólogo el cual depende del tipo de paciente y la terapia a realizar, luego se mezclan y forman el llamado gas medicinal.

El gas medicinal generado ingresa por medio de tuberías a los vaporizadores que contienen los agentes anestésicos y es donde se regula la concentración de gas anestésico en la mezcla. La mezcla de gas medicinal y agentes anestésicos forma el llamado "gas fresco"

El gas fresco se deriva mediante tuberías hacia el sistema de ventilación (circuito a paciente, absorbedor, bolsa ventilatoria o equipo ventilador anestésico) para realizar ventilación manual o automática en sus diferentes modalidades (manual, espontánea o controlada) respectivamente, luego del cual el gas fresco ingresa al paciente (inspiración) y luego regresa al sistema de ventilación del equipo (expiración) y pasa por el absorbedor para su filtración y recirculación.

El sistema de ventilación así mismo se encarga de controlar la frecuencia, volumen de inspiración y expiración en el paciente y el absorbedor se encarga de filtrar el CO<sub>2</sub> exhalado para evitar que este salga al medio ambiente.

El equipo también permite el suministro de oxígeno directo presionando el anesthesiólogo el pulsador llamado "flush" en caso de que sea necesario, por ejemplo al término de una operación, para reanimar al

paciente o al inicio para llenar el sistema neumático. También garantiza una concentración mínima de oxígeno de 25% en la mezcla de gases.

Las válvulas con interruptores de flujo rápido se usan para administrar un flujo de O<sub>2</sub> alto por lo general a 30 l/m o más, directamente del abastecimiento al circuito respiratorio. Los vaporizadores son instalados en serie y llevan cada uno de ellos un solo tipo de agente anestésico los cuales tienen el sistema de seguridad de tal manera, que utilice un solo agente anestésico a la vez.

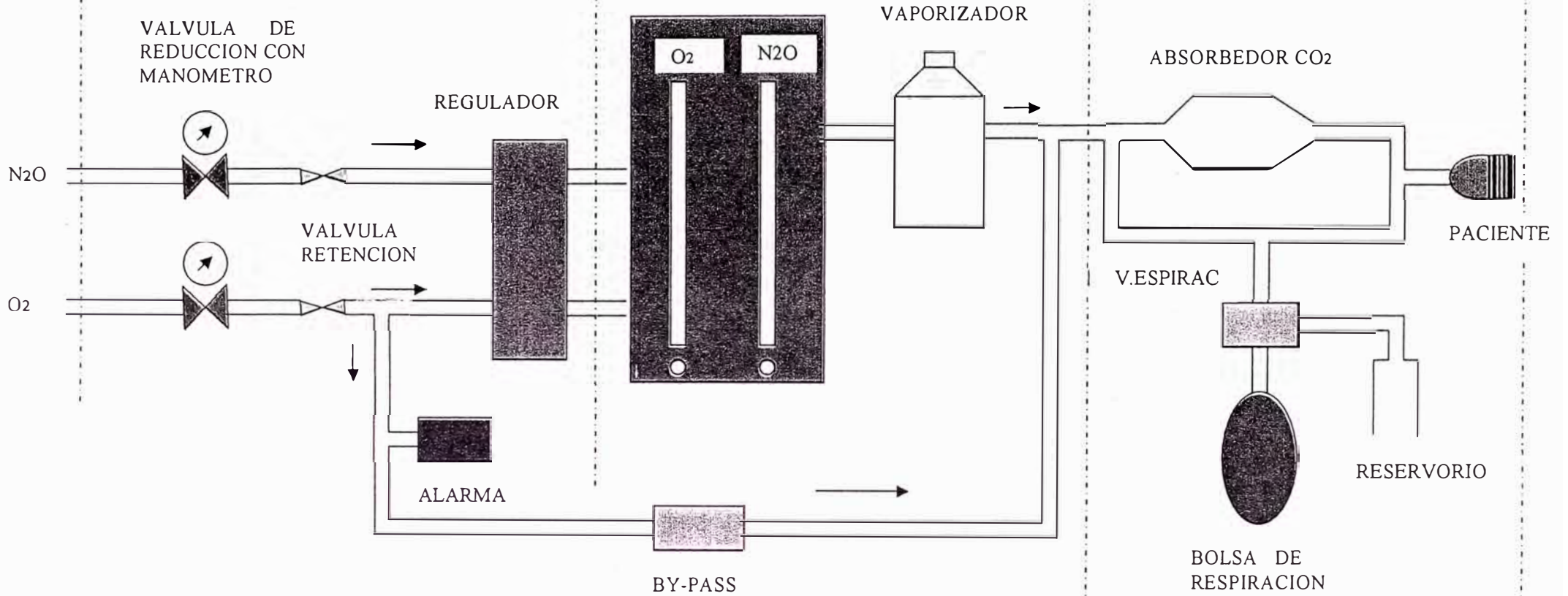
Como sistema de protección el equipo cuenta con válvulas de seguridad por sobre presión y la falta de oxígeno activa una sirena indicadora de falta de oxígeno, así mismo a la falta de oxígeno el ingreso de N<sub>2</sub>O se cierra automáticamente ya que la válvula de paso del nitrógeno es comandado por la presión de oxígeno.

# DIAGRAMA ESQUEMATICO DE GASES

SISTEMA DE ALTA PRESION

SISTEMA DE DOSIFICACION

SISTEMA PACIENTE



## 2.2 RED DE OXIGENO MEDICINAL

Comprende:

- a) Cilindros de oxígeno y yugo
- b) Reguladores de alta presión
- c) Tuberías
- d) Flujómetros

a) **Cilindros de Oxígeno.**- son definidos como cualquier material o combinación que tenga en el recipiente una presión absoluta mayor de 40 PSI a 21.1 oC, están contruidos completamente de acero y sus paredes deben tener un espesor mínimo de 3/8", llevan una válvula para sellar su contenido, la cual proporciona una entrada para el llenado del cilindro y para poder controlar la salida de su contenido. Todos los cilindros de oxígeno deben ser sometidos a una prueba por presión hidrostática cuando menos una vez cada cinco años por su proveedor y se registra el paso de dicha prueba con el grabado correspondiente en el cilindro.

El yugo se emplea para fijar los cilindros de oxígeno a la máquina de anestesia o al regulador, tiene forma circular o rectangular de metal con cremallera ajustable, en su parte interna cuenta con un acople que se fija a la parte correspondiente del cilindro, con un sistema de seguridad a base de espigas y orificios llamadas "hembras" y



“machos” respectivamente y una colocación diferente para cada gas en la parte inferior de la espiga central para evitar errores en la colocación del gas (llamado sistema pin index).

Las medidas de seguridad para el manejo de los tanques son simples, tales como no poner en contacto con aceite a los cilindros, válvulas, reguladores, calibradores, boquillas, manos, o guantes aceitados, especialmente con O<sub>2</sub> u N<sub>2</sub>O ya que puede haber una explosión, no usar flama directa para detectar fugas, evitar chispas o flamas cerca de los tanques y abrir las válvulas lentamente, deben cerrarse todas las válvulas y medidores cuando no se usen, al usar un cilindro se le debe identificar perfectamente por el color y la marca de los hombros del cilindro, que señala: presión de trabajo, numero de serie, propietario, marca de inspectores, tamaño del cilindro, material de elaboración del cilindro, expansión elásticas, fecha de nueva inspección, marca del fabricante y fecha de la prueba original, y como medida de seguridad no intentar mezclar gases, no rellenar los cilindros, no almacenar los gases a temperatura menor a 22.2 oC y no someterlos a mas de 51.6oC.

El código de color para cilindros de gas anestésicos es el verde para el oxígeno.

b) **Los reguladores de presión.**- suelen tener dos manómetros, el más cercano al cilindro mide la presión del gas en el interior en libras por pulgada cuadrada (PSI) y el otro la presión reducida o de trabajo, o la velocidad de expulsión o flujo de gas en litros por minuto, con una presión mas baja se tiene la ventaja que reduce las posibilidades de tubos, mangueras y conexiones que se puedan romper, y por otro permite ajustes mas finos y constantes en los medidores de flujo lo que no seria posible si la presión fuese mas alta, básicamente un regulador trata de lograr un equilibrio entre fuerzas cambiantes, que por un lado están las fuerzas del gas interior del cilindro y por el otro lado están las fuerzas mecánicas que ejercen los resorte o muelles . hay dos tipos de reguladores de presión para gas, se denominan directos e indirectos y esto depende de la dirección en que se ejerce la presión no regulada o interna en la válvula de regulación , si el cierre de la válvula está en dirección opuesta a la presión interior del gas se llama de regulación , está ayudada por la presión no regulada del gas se le denomina regulador de tipo indirecto, aunque algunos autores mencionan los reguladores de presión neumática de presión equilibrada o del tipo de demanda reciproca, ambos reducen la presión del suministro alta hasta la presión atmosferita.

c) **Tuberías.**- se utilizan tuberías de cobre de ¼” en el interior de la máquina de anestesia para conectar a las diferentes válvulas y conectan los dispositivos de seguridad contra fallo de abasto de oxígeno, solo advierten cuando la presión es baja, por cualquier motivo.

d) **Flujómetros.**- Son aparatos para medir las cantidades de un gas en movimiento. Inicialmente con los primeros aparatos de anestesia los pacientes podían inspirar a través de un recipiente con líquido volátil y el gas diluyente, así que el flujo del gas a través del vaporizador dependía del volumen corriente del paciente. Cuando se dispuso de válvulas reductoras fue posible el flujo de O<sub>2</sub> y gases anestésicos a un circuito respiratorio, los primeros flujómetros fueron válvulas simples de cierre al estilo de la llave de agua, vaciando los flujos de acuerdo a los cambios de presión de abastecimiento. El desarrollo del tubo Torpe y de las válvulas de agujas facilitó el control del flujo de los gases. Existen dos tipos de flujómetro.

De orificio variable, el más conocido llamado tubo de Torpe o de flotador de nivel, el diámetro del orificio varía en correspondencia con el índice del flujo de gas, siendo el índice de la corriente proporcional al área del orificio o sea al cuadrado del diámetro del orificio. Estos

flujómetros están hechos de un tubo de vidrio cuyo calibre aumenta hacia arriba con un flotador de nivel que se mueve de un extremo a otro del tubo, tomando en cuenta que la densidad del gas, en estas circunstancias, es el factor de mayor importancia para determinar la velocidad del flujo del gas, siendo el volumen del gas inversamente proporcional a la raíz cuadrada de su densidad los cambios en la presión barométrica y la temperatura afectan en forma significativa el funcionamiento de los flujómetros.

De flujo constante, se basan en la velocidad de un gas que pasa por un orificio y crea una diferencia de presión en ambos lados del mismo, la diferencia de presión varía con el volumen del gas, pudiendo medirse al agregar un tubo estrecho en forma de U a cada lado del orificio, en estos principios se basan los flujómetros de agua.

En la actualidad se utilizan flujómetros de orificio variable con válvulas de aguja que suministran un flujo de gas seleccionado de una fuente de función regulada, siendo un bastón cilíndrico que sale de una base y tienen un tomillo de rosca fina que es la válvula de aguja y suelen operar con flujos pequeños y suelen abrirse mucho más del grado necesario para que el medidor de flujo llegue a la escala más alta calibrada y como medida de seguridad las manijas tienen forma y color diferentes correspondientes del código internacional para gases

comprimidos. En los medidores de flujo con tubo Torpe el flujo de gas que pasa entre el flotador y las paredes del tubo Torpe sostiene el mismo flujo de gas, los flujos se leen en la parte superior de las bobinas y en el centro en los flotadores esféricos.

### **2.3 RED DE NITRÓGENO MEDICINAL**

Comprende:

- c) Cilindros de Nitrógeno y yugo
- d) Reguladores de alta presión
- c) Tuberías
- e) Flujómetros

Todos sus sistemas son similares al oxígeno y van paralelamente, los cilindros de Nitrógeno son de similares características a los cilindros de oxígeno y se diferencian externamente de los mismos por ser de color azul y su válvula de salida lleva un hilo diferente no siendo posible conectar reguladores de otros gases.

### **2.4 VAPORIZADORES**

Son dispositivos que permiten que un agente anestésico líquido se transforme en unos volúmenes precisos, controlables y predecibles de vapor anestésico.

Los vaporizadores tienen apariencia de ser equipos sencillos y que solo requieren de ser llenados con su droga correspondiente, pero en realidad tanto en su cometido como estructura interna es compleja y son un punto vital dentro del sistema de anestesia.

Para comprender más sobre el trabajo interno que realiza revisaremos brevemente algunos conceptos:

**VAPOR.-** se entiende por vapor, la fase gaseosa de una sustancia que es líquida en condiciones de temperatura ambiente y a la presión atmosférica

### **PRESION DE VAPOR**

Los anestésicos inhalatorios están en estado líquido a temperatura ambiente de 20°C y presión atmosférica de 760 mmHg.

Algunas moléculas de la superficie del líquido “escapan” pasando a la fase vapor.

En un compartimiento cerrado sometido a una temperatura constante se llega a alcanzar un equilibrio entre las moléculas en fase de vapor y las de la fase líquida.

Las moléculas de la fase de vapor originan una presión que se denomina presión de vapor.

Aumentos de temperatura harán que más moléculas pasen de la fase líquida a la gaseosa y por lo tanto la presión de vapor aumenta.

### **PRESION DE VAPOR SATURADO**

- La fase gaseosa por encima del líquido se dice que está saturada cuando contiene todo el vapor de agente anestésico posible a una determinada temperatura.
- Presión de vapor saturada (pvs) es la presión de este vapor a dicha temperatura.

### **PUNTO DE EBULLICION**

- Temperatura a la cual la presión de vapor es igual a la presión atmosférica ambiente y todo el líquido cambia a la fase vapor.
- El punto de ebullición disminuye al disminuir la presión ambiente (atmosférica)

AGENTE ANESTESICO	Pvs (mmHg)	Punto Ebullición ( C)
HALOTANO	243	50.2
ENFLURANO	175	56.5
ISOFLURANO	238	48.5
SEVOFLURANO	160	58.5
DESFLURANO	664	23.5

Dentro de los vaporizadores tenemos el líquido anestésico saturado de vapor a la atmósfera interna del vaporizador, ahí dentro no es útil y por lo tanto se requiere extraerlo para ser administrado al paciente, esta función la realiza el gas procedente de los rotámetros a un único gas portador o de arrastre. Normalmente este flujo de gas portador es variable y seleccionable con el mando de concentración de agente anestésico.

Los vaporizadores de arrastre son los más usados y son completamente mecánicos y utilizan el gas procedente de los rotámetros (O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O y aire) para arrastrar hacia el circuito de paciente el vapor anestésico del interior del vaporizador, dentro del vaporizador y por medio de una válvula cuyo eje está asociado al mando de concentración de agente, se permite que cierta cantidad de gas fresco de arrastre circule por la cámara que contiene el vapor y este es arrastrado al exterior del vaporizador, tanto más gas de arrastre más concentración resultante de agente anestésico dentro del margen de regulación posible del equipo.

Las válvulas de interrupción y entrelazadas se agrupan mecánicamente para conveniencia y flexibilidad, las cuales sirven como control en caso de vaporizadores en serie y evitan las mezclas de líquidos anestésicos.



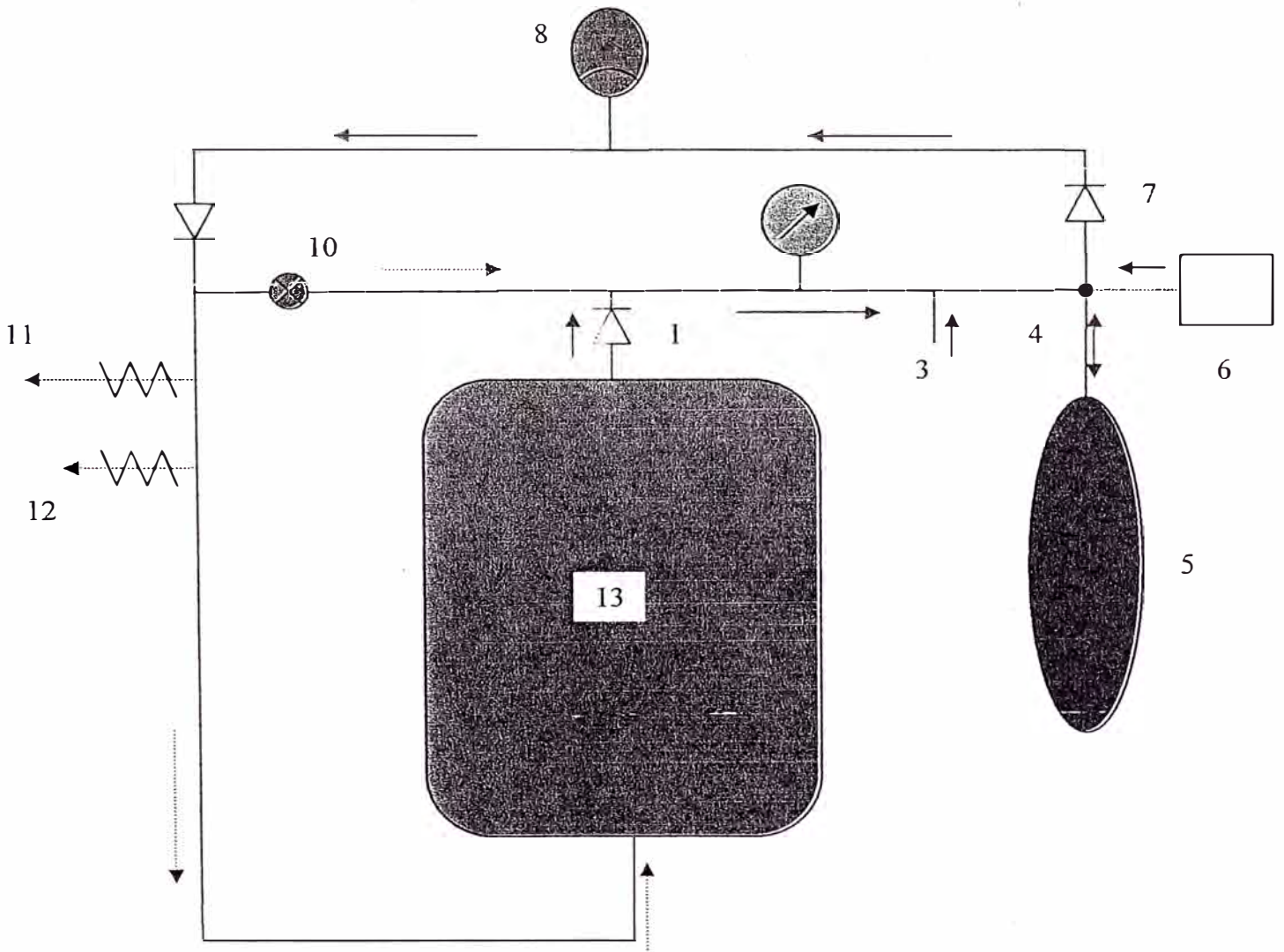
## 2.5 CANISTER

Son recipientes de cal sodada que absorben el CO<sub>2</sub> exhalado por el paciente y sus granos cambian de color cuando están impregnados de CO<sub>2</sub> y su calor aumenta.

Hay dos tipos: de vaivén y el de circuito, siendo este último el que se utiliza en la actualidad y se requiere válvulas unidireccionales, existen tres factores que pueden alterar la eficacia para absorber el CO<sub>2</sub> como son tamaño de los recipientes, compresión defectuosa del material de absorción, así como su característica físico-química y mal funcionamiento de las válvulas.

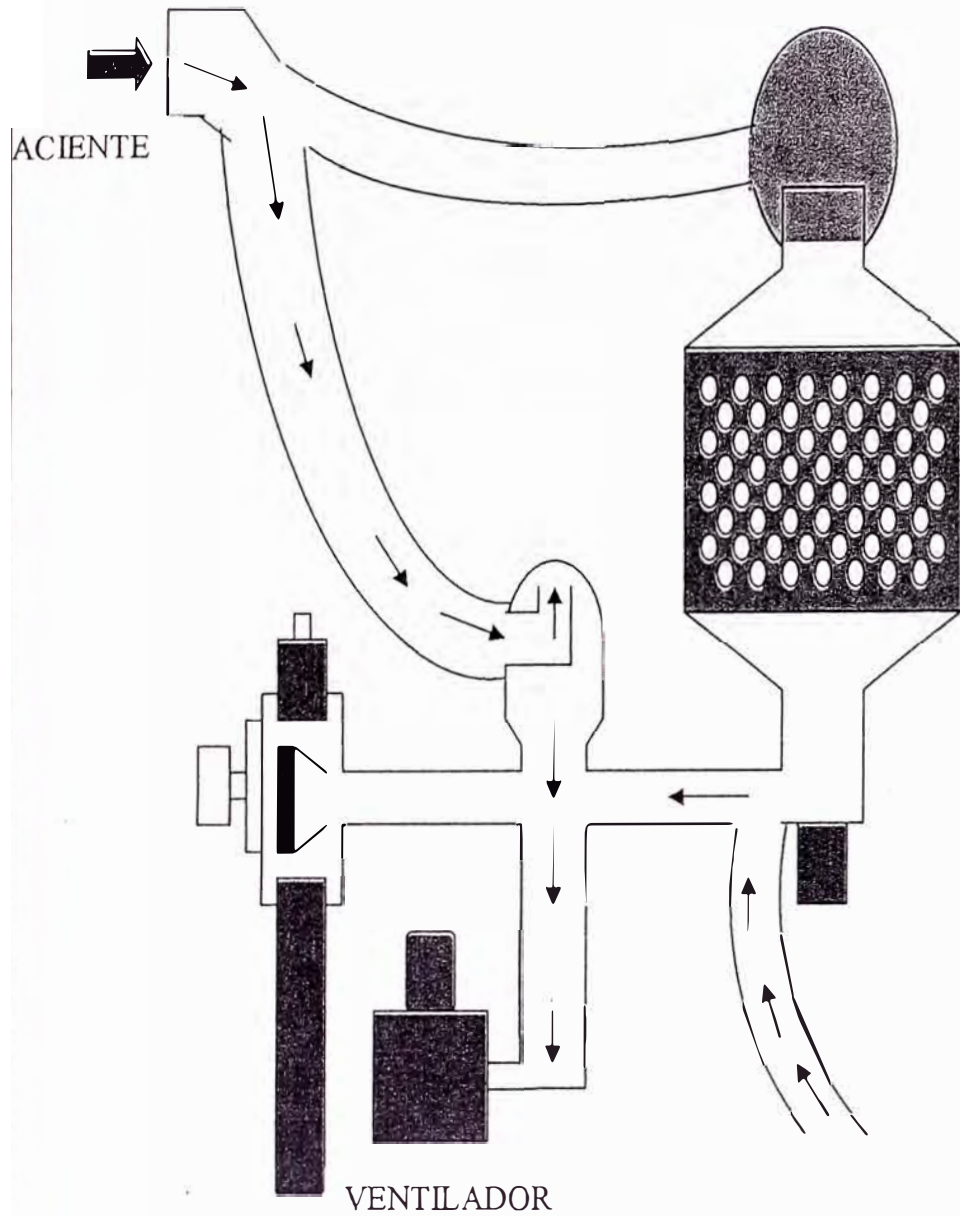
El CO<sub>2</sub> en presencia de agua se hidrata formando ácido carbónico reaccionando con el hidróxido metálico dando una reacción de neutralización formando agua, bicarbonato y calor. Waters fue el primer anestesiólogo que desarrolló y aplicó la cal sodada en el hombre tal como se usa en la actualidad y esta formada por hidróxido de calcio en un 80%, hidróxido de sodio y potasio en 5%, agua 15% y sustancias inertes sílice y Kieselguhr como endurecedor. El hidróxido de Na y K actúan como catalizadores para iniciar la reacción de CO<sub>2</sub> con cal sodada y en presencia de humedad esta es instantánea formando

## DIAGRAMA DEL CIRCUITO CANISTER

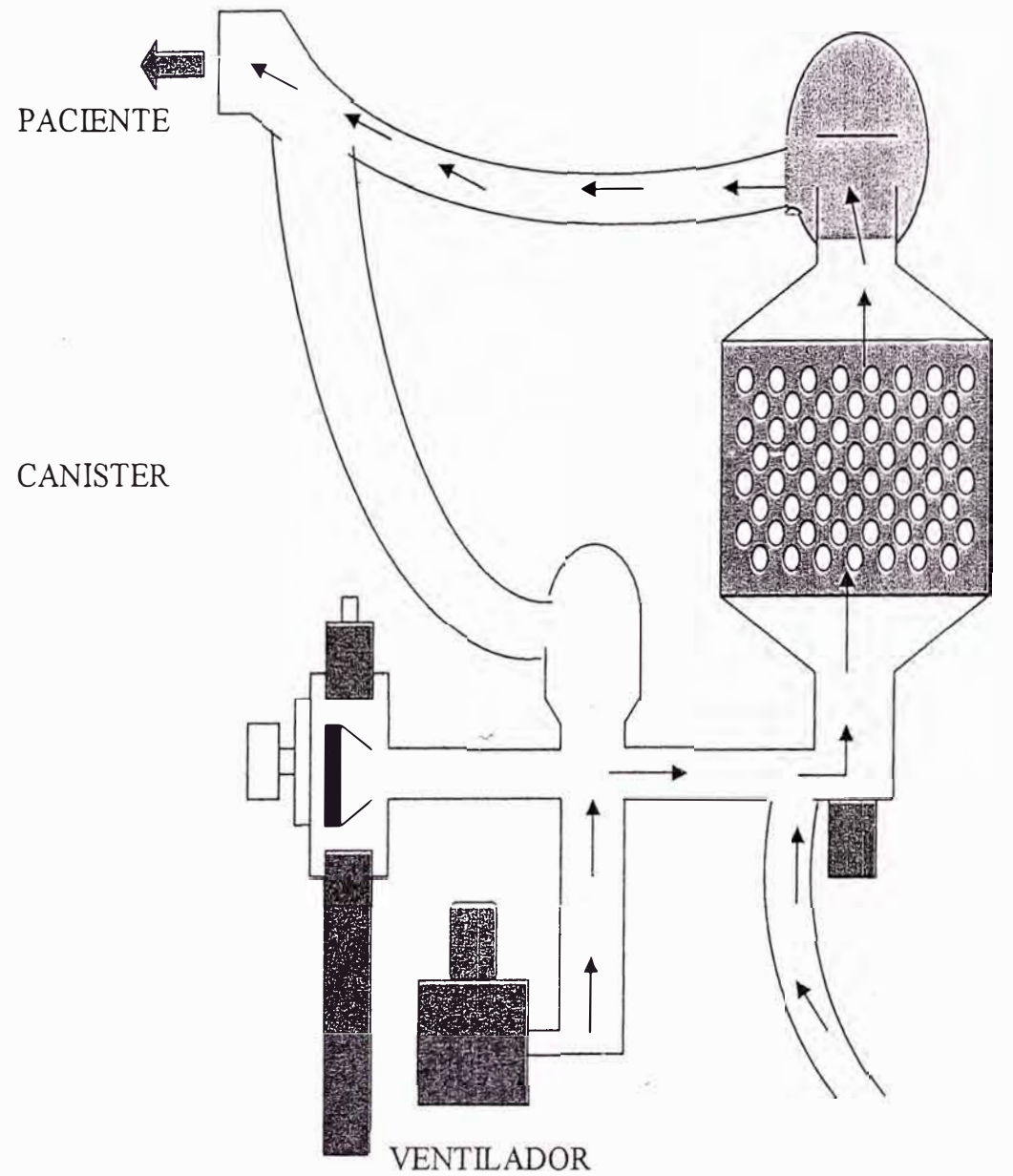


- 1.- VÁLVULA DE SALIDA DEL CANISTER
- 2.- MANOMETRO
- 3.- INGRESO GAS FRESCO
- 4.- SWITCH SELECTOR
- 5.- BOLSA RESPIRACION
- 6.- VENTILADOR
- 7.- VALVULA DE INSPIRACION
- 8.- PACIENTE
- 9.- VALVULA DE EXPIRACION
- 10.- VALVULA BY-PASS
- 11.- VALVULA DE AJUSTE DEL LIMITE DE PRESION
- 12.- VALVULA DE ALIVIO DE PRESION
- 13.- ABSORBEDOR CANISTER

# ESPIRACION



# INSPIRACION



## 2.6 CIRCUITO RESPIRATORIO

Comprende desde que los gases y vapores mezclados pasan al paciente con resistencia baja a la inspiración y espiración con esfuerzo ventilatorio mínimo, favoreciendo la absorción de CO<sub>2</sub>, humectación y eliminación adecuada de los gases de desecho, siendo los componentes principales, tubos respiratorios, válvulas respiratorias, bolsa reservorio, recipiente de absorción de CO<sub>2</sub>, un sitio para la entrada de flujo de gas fresco, una válvula de chasquido para el exceso de gas, una pieza tipo Y, codos y mascarillas.

Los tubos respiratorios son de casi un metro de largo y 22 mm de diámetro interno, son de tipo corrugado, lo que permite flujo turbulento, para la mezcla adecuada de gases y regulación de temperatura de los mismos, contruidos en caucho conductivo, aunque en la actualidad no son necesarios, los de plástico desechables son adecuados, ligeros y baratos. Su distensibilidad aconsejable varía de 0 a 5 ml/metros de longitud y con volumen de 400 – 500 ml/m por lo que en 150 ml de gas, valorando este gas como espacio muerto del sistema, la resistencia al flujo de gas es pequeña alrededor de 1 cm de H<sub>2</sub>O L/min.

Existen en el mercado tubos de diámetro más pequeño para niños y lactantes. Un circuito respiratorio tiene dos válvulas respiratorias

idénticas, una en el extremo inspiratorio y otra en el espiratorio, cuya función es conservar el flujo unidireccional de los gases dentro del circuito, en los aparatos modernos se localizan cerca del recipiente de la cal sodada. Deben tener resistencia baja y capacidad alta, es decir deben abrirse con poca presión y cerrarse con rapidez y completa. Las válvulas tipo “domo”, están construidas con un borde circular en cuña, ocluidas por un disco ligero de diámetro un poco mayor, hidrofóbico para que el agua condensada no haga que se adhiera al borde en cuña y aumente la resistencia de abertura. El domo está construido de plástico transparente removible para ver fácilmente el disco y proporcionar mantenimiento.

Las bolsas para la respiración, suelen llamarse bolsa reservorio, ya que proporcionan un reservorio para gases anestésicos o de oxígeno, además que permiten valorar visiblemente la existencia y volumen aproximada de ventilación y proporcionar ventilación manual en caso necesario. Las bolsas reservorio suelen ser elípticas para mas fácil manipulación, de látex o caucho, no resbaladizas, algunas suelen ser conductivas aunque esto ultimo no es necesario y van de 0.5 a 6 litros de capacidad, siendo lo optimo la que conserva un volumen entre la capacidad inspiratoria del paciente y la capacidad vital, por lo que la mas adecuada para el promedio de los adultos es la de 3 litros. La bolsa

reservorio es la única parte colapsable del circuito de anestesia y deben las válvulas respiratorias colocarse entre la bolsa reservorio y el paciente.

## **CAPITULO III**

### **INSTALACION DEL SISTEMA DE OXIGENACION**

#### **3.1 NECESIDAD DEL SISTEMA DE OXIGENACION**

Durante las intervenciones quirúrgicas complejas debido a la anestesia los pacientes no pueden realizar la respiración normalmente por lo que se requiere oxigenar al paciente con una ventilación forzada que puede ser de forma manual o mecánica.

Cuando un paciente no puede desarrollar estas funciones espontáneamente (por motivos ajenos a él, como puede ser el uso de relajantes musculares, o por patologías propias, ya sean fisiológicas o neurológicas) el uso de la ventilación forzada se convierte en necesidad. En estas circunstancias las deficiencias sufridas por el paciente pueden ser superadas con éxito utilizando los llamados respiradores o ventiladores (mecánica) o bolseando (manual), quienes sustituirán de

forma parcial o total la función respiratoria que el paciente no puede llevar a cabo por sí mismo de manera satisfactoria.

Por lo tanto podemos decir que el objetivo de la ventilación forzada es lograr mantener al paciente con la función respiratoria en las mejores condiciones posibles, durante el tiempo necesario para corregir la causa que origina su trastorno respiratorio.

La respiración artificial, llamada también ventilación forzada, es una técnica de apoyo artificial de la respiración, cuyo objetivo es suplir las funciones de inspiración ( el diafragma y los músculos respiratorios se expanden, creando en el interior de los pulmones una presión inferior a la atmosférica, lo que da lugar a la entrada de aire en el interior de los pulmones) y de la espiración (cuando sucede prácticamente lo contrario a la inspiración: el diafragma y los músculos respiratorios se comprimen creando una presión superior a la atmosférica y dando lugar a la salida o expulsión del aire a la atmósfera)

Actualmente al no contar la máquina de anestesia del presente trabajo con un ventilador mecánico para la oxigenación esta se realiza mediante un pulmón artificial que tiene la forma de un globo que se debe presionar manualmente para poder suministrar la oxigenación al paciente.



La instalación de un ventilador mecánico a la maquina de anestesia nos permitirá realizar la ventilación en forma mecánica suministrando el flujo exacto que requiera el paciente de acuerdo a valores prefijados por el anesthesiólogo, eliminando la ventilación manual que no es adecuada debido a que depende mucho de la capacidad física del personal que bombea el cual no es uniforme en el tiempo.

Los respiradores o ventiladores se pueden dividir por su modo de operación y funcionamiento en:

**a.- Respiradores controlados por volumen.-** en estos la principal variable es el volumen de gas entregado al paciente. Este método es el mas usado en adultos y niños, pero tiene sus desventajas en neonatos debido a que es difícil hacer una intubación libre.

**b.- Respiradores controlados por presión.-** En estos el equipo entrega un volumen de gas no especifico, pero la variable principal de funcionamiento esta referida a que la presión máxima se limita a la deseada.

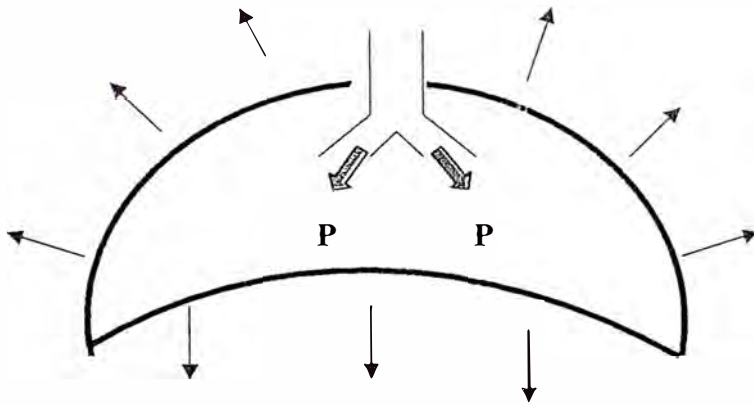
**c.- Respiradores ciclados por tiempo y con presión controlada.-** En estos el gas es entregado hasta que la presión prefijada se alcanza, pero

la presión es mantenida hasta que el tiempo inspiratorio prefijado sea alcanzado. Son ideales para neonatos por ser equipos de flujo continuo, lo que da la ventaja que si el paciente quiere respirar espontáneamente puede hacerlo. Pero en adultos no tiene gran uso ya que se requiere flujos mayores.

**d.- Respiradores multipropósitos.-** son aquellos que reúnen varios modos de ventilación en un solo equipo, es una combinación de los respiradores descritos anteriormente, son equipos que tienen múltiples sensores de presión, volumen y alarmas. Son adecuados para ventilar pacientes en tiempos prolongados (semanas), sin necesidad de un medico permanente que maneje el equipo.

# VENTILACION ESPONTANEA

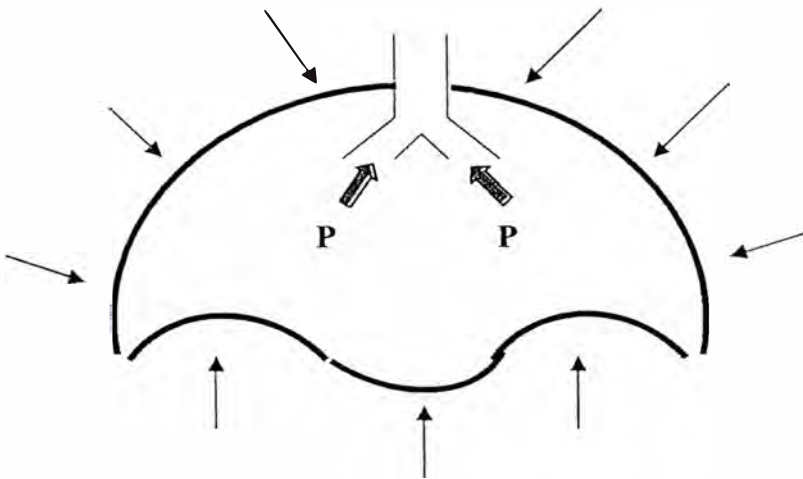
## FASE INSPIRATORIA



$$P < P_{atm}$$

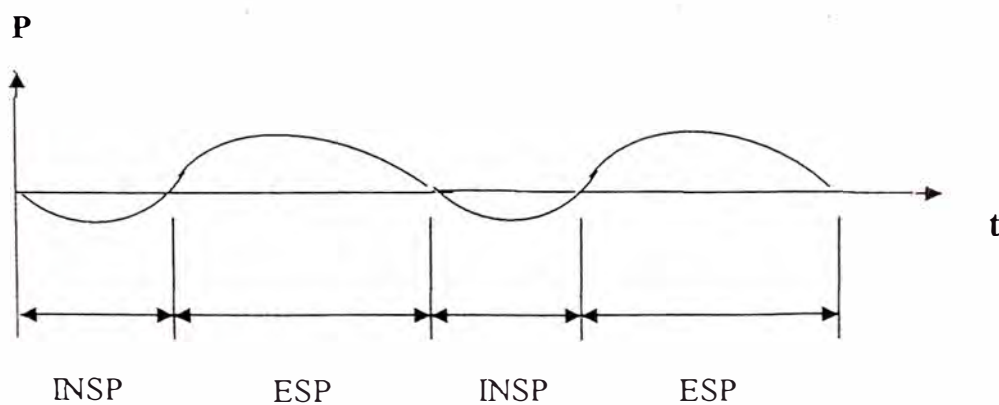
EL DIAFRAGMA Y LOS MUSCULOS RESPIRATORIOS EXPANDEN EL TORAX

## FASE ESPIRATORIA



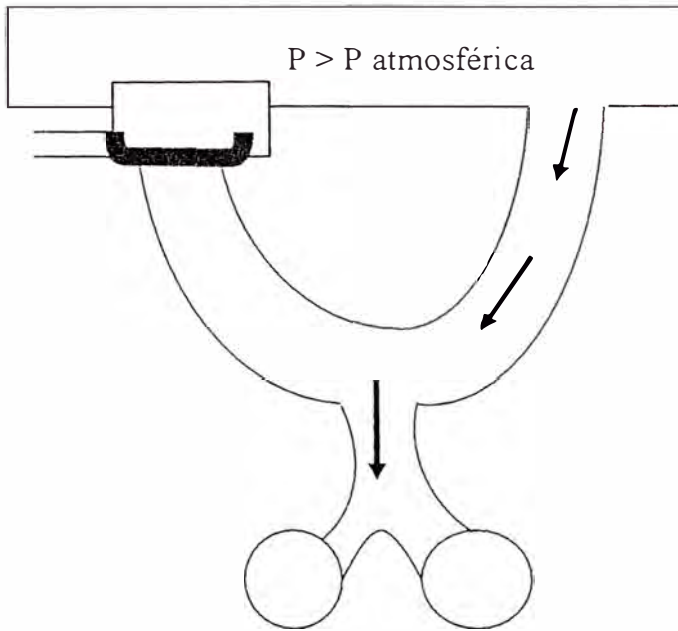
$$P > P_{atm}$$

EL DIAFRAGMA Y LOS MUSCULOS RESPIRATORIOS COMPRIMEN ELÁSTICAMENTE EL TORAX



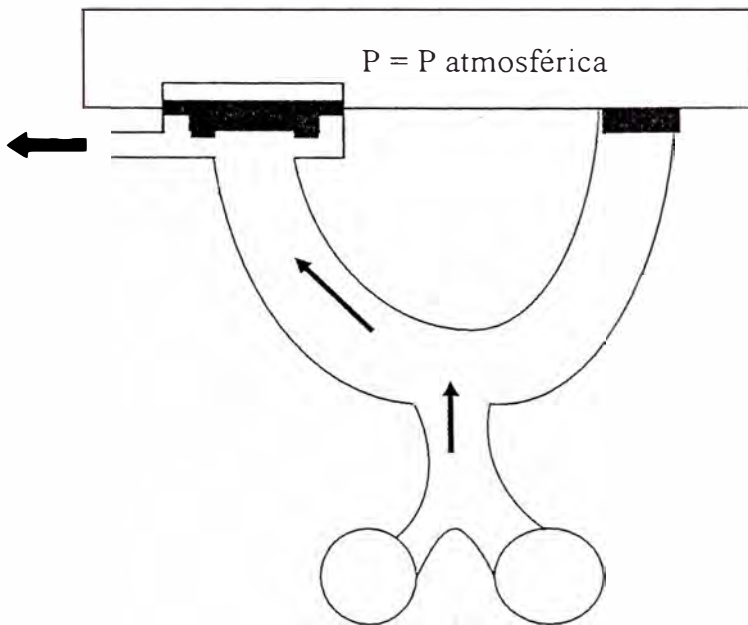
# VENTILACION MECANICA

## FASE INSPIRATORIA

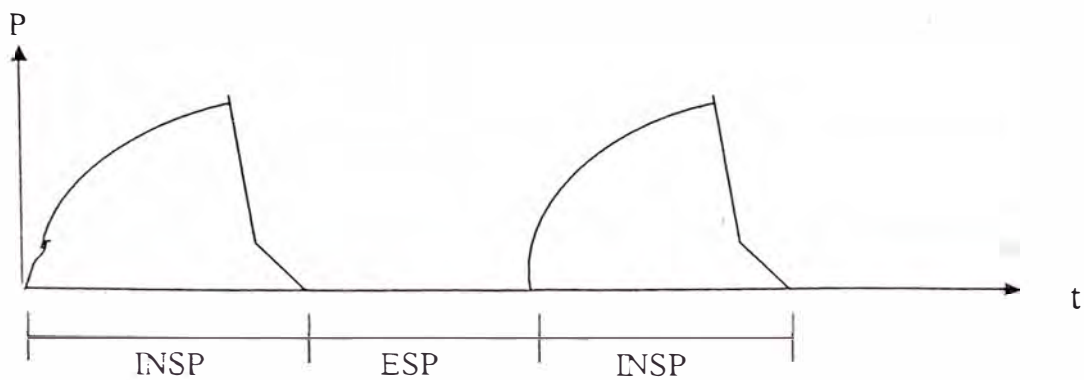


Se establece en su interior una presión superior a la atmosférica para que se introduzcan los gases

## FASE ESPIRATORIA



Se retira la presión superior a la atmosférica creada durante la inspiración para la expulsión de los gases



### **3.2 ACCESORIOS REQUERIDOS PARA SU INSTALACION**

Para la instalación del sistema de oxigenación en la maquina de anestesia se requiere determinar el tipo de ventilador y los accesorios complementarios, los cuales se detallan a continuación:

- Ventilador mecánico
- Soporte de ventilador para anexar a maquina de anestesia
- Corrugados, cables y conexiones

#### **VENTILADOR MECANICO**

Para determinar el tipo de ventilador requerido se debe tener en consideración lo siguiente:

- Tipo uso del ventilador
- Tiempo de funcionamiento
- Monitorización
- Ambiente
- Tipo de paciente
- Edad

En nuestro caso los requerimientos descritos anteriormente se puede resumir en lo siguiente:

- El tiempo de funcionamiento del ventilador es lo que demore la intervención quirúrgica que como promedio es de 90 minutos y solo se usa como asistencia respiratoria, no requiere ser compleja y que tenga múltiples alarmas debido a que durante la intervención el especialista se encuentra siempre presente.
- La monitorización del paciente durante la operación es constante por el especialista y no se requiere ventiladores complejos que lleven múltiples sensores, alarmas, etc. ya que estos están diseñados para que funcionen las 24 horas del día durante semanas sin necesidad que el especialista se encuentre presente permanentemente.
- El ventilador funcionara conjuntamente con la maquina de anestesia la cual funciona con gases y agentes anestésicos los cuales deben ingresar al ventilador siendo estos inflamables se debe considerar necesariamente el uso de ventiladores del tipo fuelle debido a que el sistema fuelle es el mas apropiado y no existe ningún riesgo de explosión.
- Los pacientes que se intervienen en la sala de operaciones son niños y adultos, las intervenciones a neonatos son derivados a otro Hospital de mayor nivel por lo que no se requiere ventilador ciclados por tiempo y presión que son más complejos.

De acuerdo a las consideraciones descritas se ha determinado que el ventilador apropiado a instalar en la maquina de anestesia de nuestro Hospital es un Ventilador básico controlado por Volumen que debe tener las siguientes características principales:

### **CARACTERÍSTICAS DEL VENTILADOR**

#### **-Volumen tidal (Vt)**

Es el volumen de gas que se debe suministrar a los pulmones del paciente en cada inspiración y el rango requerido es el siguiente:

Adulto: 200 a 1,600 ml

Pediátrico : 50 a 300 ml

#### **- Rate (RPM)**

Es la frecuencia de respiración y se refiere a las respiraciones por minuto que debe realizar el paciente, el rango requerido es de 4 a 60 respiraciones por minuto.

#### **- Ratio (I/E)**

Es la relación entre el tiempo de inspiración respecto al tiempo de espiración que realiza el paciente en cada respiración, el rango requerido es de 1:1.0 a 1:4.0

**- Alarma de bajo suministro de gas**

Se debe activar cuando la presión de suministro del gas cae por debajo de 35 PSI con una alarma visual y audible.

**- Alarma de límite de máxima presión**

El operador establece la presión máxima de trabajo, si la presión esta por encima de dicho valor prefijado debe activarse una alarma visual y audible.

**- Alarma de baja presión en el circuito respiratorio**

Se debe activar una alarma visual y audible cuando al final de la inspiración en el sistema no hay una presión mínima de 5 cm H<sub>2</sub>O que se detecta por un transductor de presión.

**- Alarma de ventilador Inoperativo**

Cuando el ventilador no funciona adecuadamente por falla en uno de sus parámetros o sistemas inmediatamente se debe poner en estado de VENT INOP y se debe activar una alarma visual y audible.

**DESCRIPCION Y OPERACIÓN DEL VENTILADOR**

El ventilador de fuelle de la maquina de anestesia esta compuesto por dos partes principales para su funcionamiento que son el sistema



neumático y el sistema electrónico. El sistema neumático es el que impulsa el fuelle del ventilador en su carrera ascendente y descendente, el sistema electrónico se encarga de controlar por medio de tarjetas electrónicas la fuente de poder, el display, solenoides del motor y los flujos de presión.

Requieren para su operación el suministro de oxígeno gaseoso a una presión controlada que sea mayor de 38 PSI y menor de 100 PSI, asimismo requieren de una conexión eléctrica de 220 V.

El ventilador está compuesto por un módulo donde se encuentran todas las tarjetas electrónicas que controlan los parámetros requeridos por el ventilador los cuales son el volumen tidal, respiraciones, ratio, presión pico y alarmas. En su parte superior se encuentra el fuelle que es de neoprene y está compuesto por dos unidades las cuales son intercambiables de acuerdo al tipo de paciente a intervenir siendo del tipo adulto y pediátrico.

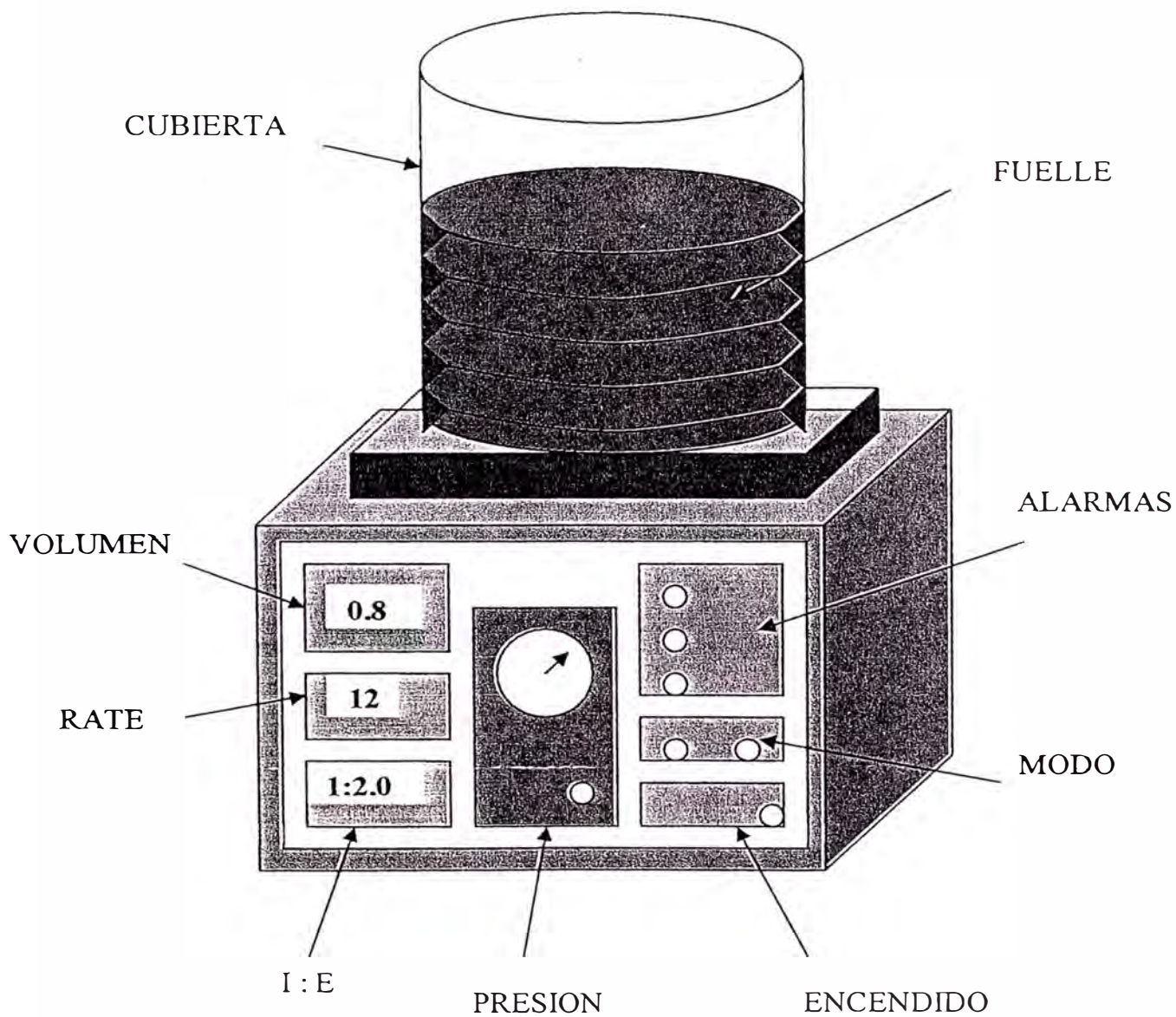
La operación del ventilador se inicia cuando se enciende el botón de POWER, luego el anestesiólogo programará los parámetros de funcionamiento de acuerdo al paciente, normalmente en un paciente adulto se puede usar un  $V_t = 0.6 \text{ L}$ ,  $\text{RATE} = 12$  y  $\text{RATIO} = 1 : 2.0$  luego del cual el fuelle del ventilador sube y baja de acuerdo a los ciclos de

ventilación que se usan para proporcionar una ventilación controlada las cuales son las siguientes:

- Inicio de la fase de inspiración
- Final de la fase de inspiración
- Inicio de la fase de expiración
- Final de la fase de expiración

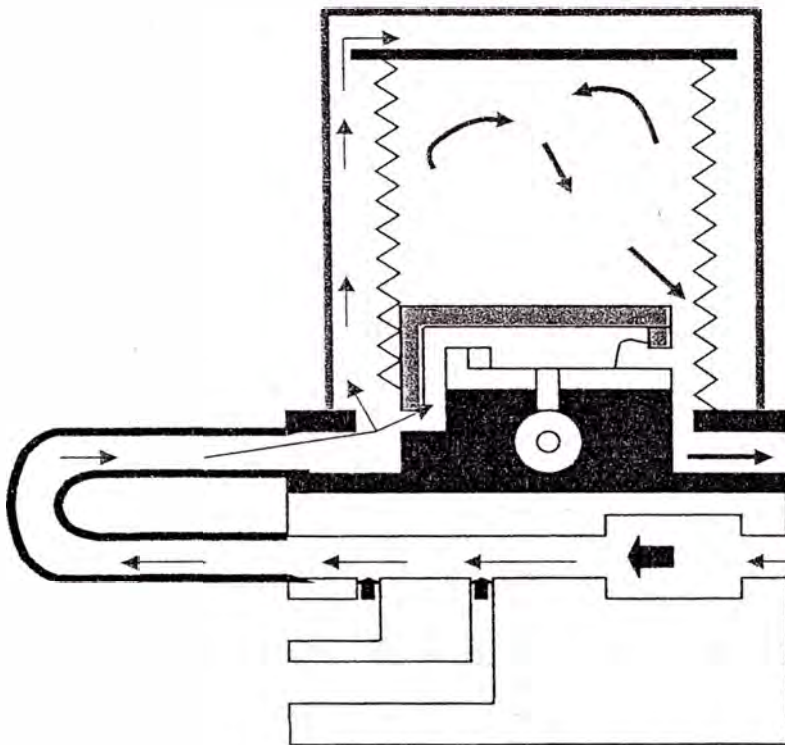
La descripción de cada uno de los ciclos que realiza el fuelle del ventilador de la maquina de anestesia se describe gráficamente y textualmente a continuación.

# VENTILADOR DE MAQUINA DE ANESTESIA



# CICLOS DE VENTILACION

## 1.- INICIO DE LA FASE DE INSPIRACION

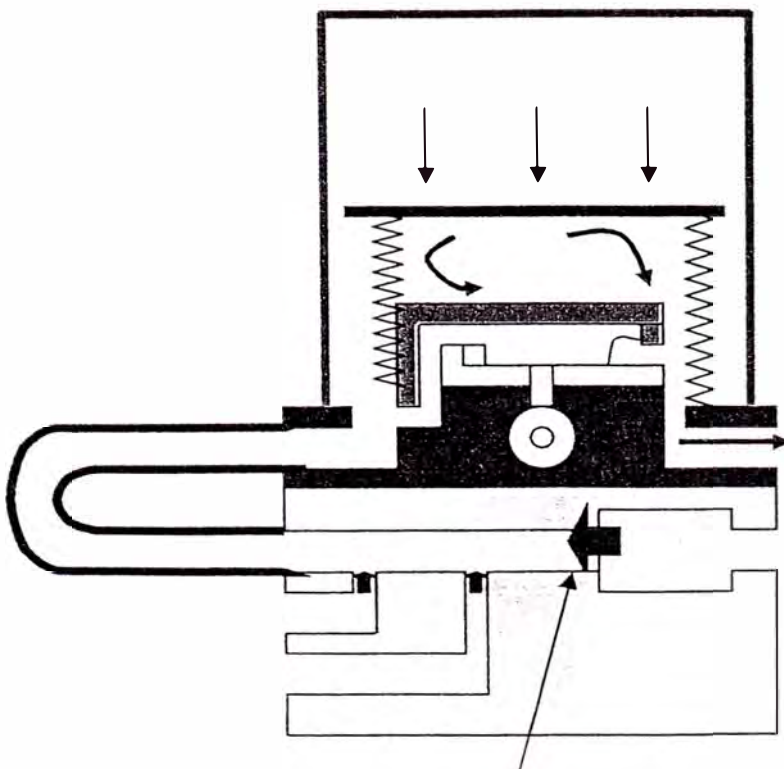


EL INGRESO DE GAS A PRESION DESPLAZA EL FUELLE HACIA ABAJO FORZANDO LA SALIDA DEL GAS AL PACIENTE PARA SU RESPIRACION.

SALIDA DE GAS A PACIENTE

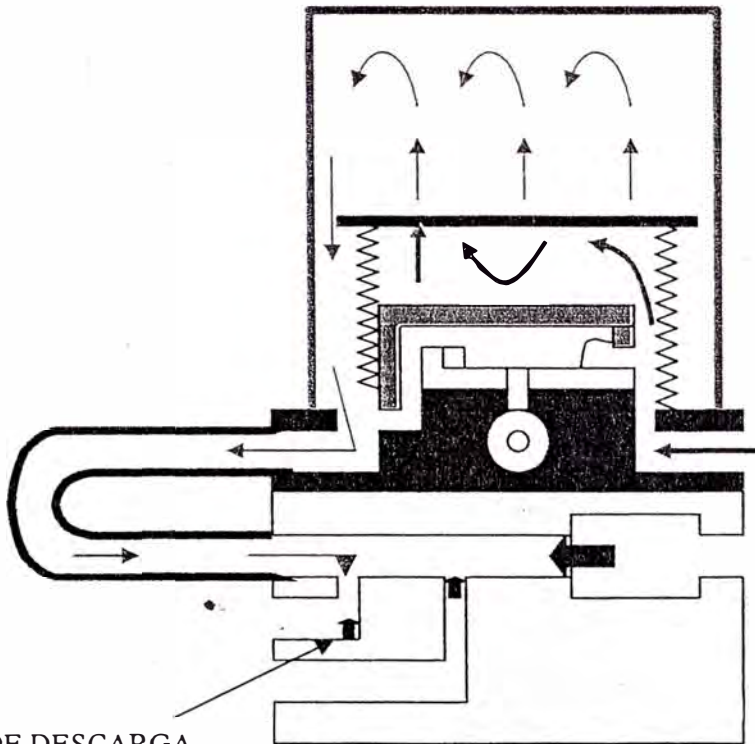
INGRESO DE GAS

## 2.- FINAL DE LA FASE DE INSPIRACION



SE CIERRA LA VÁLVULA DE INGRESO DE GAS PARA DETENER EL DESPLAZAMIENTO DEL FUELLE.

### 3.- INICIO DE LA FASE DE EXPIRACION

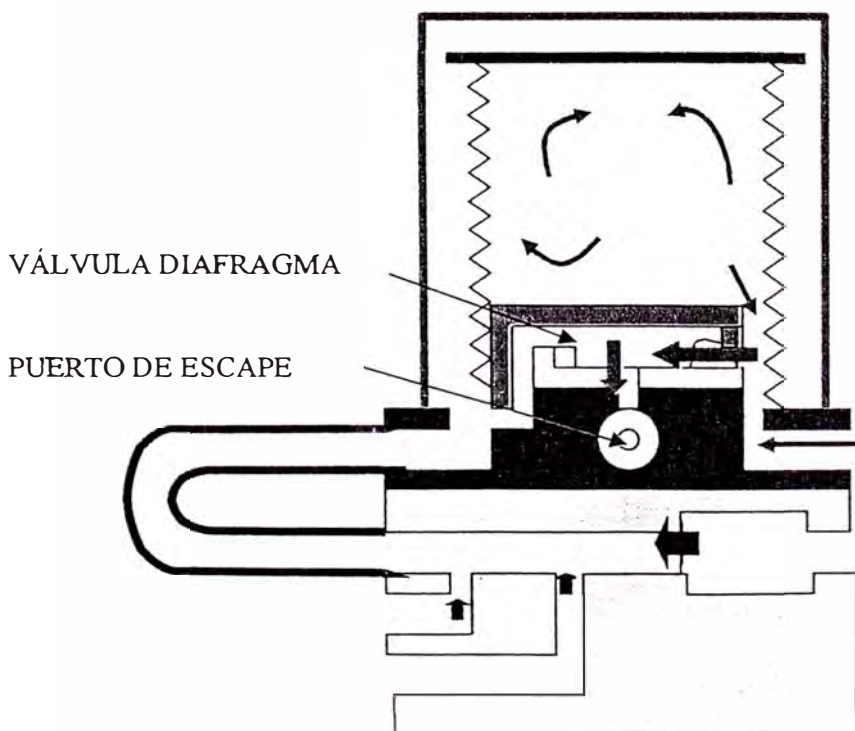


VÁLVULA DE DESCARGA

LA VÁLVULA DE DESCARGA SE ABRE Y EL GAS ENCIMA DEL FUELLE ESCAPA A LA ATMÓSFERA.

LA SUBIDA DEL FUELLE PERMITE QUE LOS GASES EXHALADOS INGRESEN AL FUELLE.

### 4.- FINAL DE LA FASE DE EXPIRACION

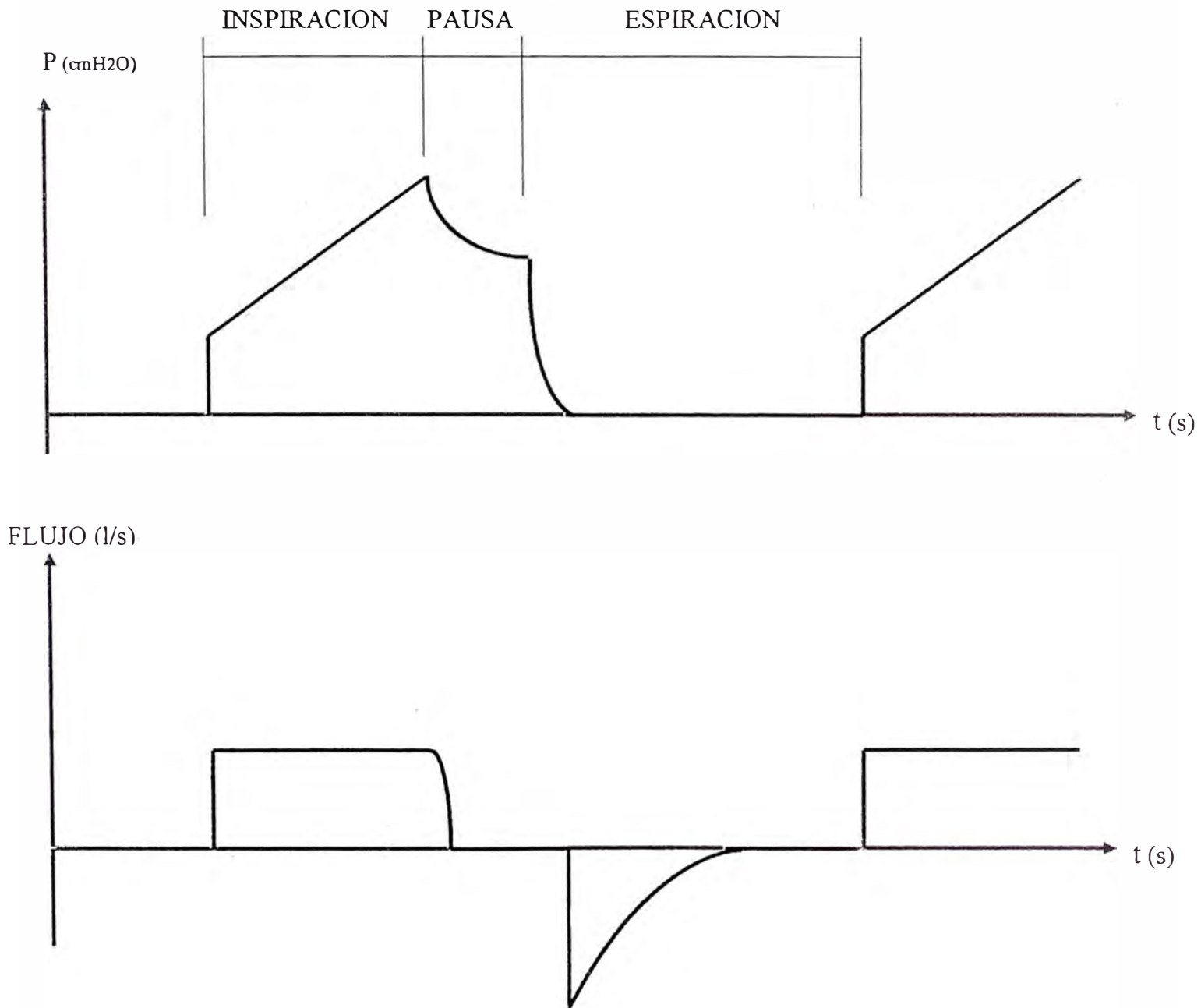


VÁLVULA DIAFRAGMA

PUERTO DE ESCAPE

LA VÁLVULA DE DIAFRAGMA SE ABRE CUANDO EL FUELLE ALCANZA LA CIMA DE LA CAMARA EN LA EXHALACIÓN Y SE DESCARGA EN EL PUERTO DE ESCAPE GASES.

# CURVAS DE PRESION Y FLUJO



**INSPIRACION** .- EL GAS CIRCULA HASTA LOS PULMONES A UN FLUJO CONSTANTE CUANTO MAS SE LLENAN LOS PULMONES, TANTO MAS AUMENTA LA PRESION DE LAS VIAS RESPIRATORIAS. LA PRESION LLEGA A SER MÁXIMA AL FINAL DE LA INSPIRACIÓN.

**PAUSA** .- LAS VÁLVULAS DE INSPIRACION Y ESPIRACION ESTAN CERRADAS. EL GAS SE DISTRIBUYE POR TODAS LAS REGIONES DE LOS PULMONES.

**ESPIRACION** .- LA VÁLVULA DE ESPIRACION ESTA ABIERTA, EL FLUJO DE GAS ESPIRADO ES GRANDE AL PRINCIPIO, PUESTO QUE LA PRESION ES ENTONCES MÁXIMA EL FLUJO DISMINUYE PAULATINAMENTE Y ES IGUAL A 0 AL FINAL. LA PRESION POSITIVA REINANTE EN LOS PULMONES DESCIENDE CON RAPIDEZ A 0.

## **SOPORTE METALICO PARA VENTILADOR**

El ventilador puede ser instalado en un modulo independiente cerca de la maquina de anestesia, pero lo más recomendable es instalarlo en la misma estructura de la maquina de anestesia para formar un solo conjunto y facilitar su desplazamiento dentro del lugar de trabajo u otro sitio sin necesidad de estar desconectando las mangueras de conexión entre el ventilador y la maquina de anestesia.

Para instalarlo en la estructura de la maquina de anestesia se requiere la confección de un soporte con un brazo movable donde se montara el ventilador, los materiales requeridos para su confección deberán ser de material de acero inoxidable y estará constituido por lo siguiente:

- Tubería diámetro de 2" x 1.0 m (parante)
- Tubería diámetro de 2" x 0.2 m (soporte)
- Tee y codo de 2" (conector)
- Tubería diámetro de 2" x 0.4 m (brazo)
- Plataforma de 30 cm x 30 cm (base)

## **CORRUGADOS Y CONEXIONES**

Las conexiones que se requieren para el suministro de oxigeno y gases anestésicos al ventilador se requiere lo siguiente:

OXIGENO (maquina de anestesia – ventilador)

- 2 m. Manguera de alta presión de ¼”
- 30 cm. Corrugado de 16 mm de diámetro

GASES ANESTESICOS (maquina de anestesia – ventilador)

- 2 m. Corrugado de 22 mm de diámetro
- 1 m. Corrugado de 30 mm de diámetro

### **3.3 UBICACIÓN FISICA EN LA MAQUINA DE ANESTESIA**

El ventilador será instalado en la estructura de la maquina de anestesia para conformar un solo equipo, debe ser instalado en un lugar seguro de preferencia el montaje debe ser permanente y en un lugar de la estructura que sea fuerte y accesible.

Debe estar debidamente protegido contra cualquier accidente que pueda desconectar las mangueras del equipo ya sea por movimiento del equipo o por el transito del personal en dicha zona.

Para la ubicación dentro de la maquina de anestesia se debe tener las siguientes consideraciones:

- Lugar seguro y fuerte
- Fácil acceso del panel por el usuario
- Visibilidad del trabajo del ventilador por el usuario



- Protección de mangueras por desconexión

De acuerdo a lo descrito se ha visto conveniente que el ventilador debería ser instalado en la parte izquierda de la maquina de anestesia por encima del deposito de canister y a una altura que tenga la adecuada visibilidad por parte del usuario.

#### **3.4 INSTALACION EN LA MAQUINA DE ANESTESIA**

Para la instalación del ventilador en la maquina de anestesia se seguirán los siguientes pasos:

- Instalación del soporte de acero inoxidable anexándolo a la estructura de la maquina de anestesia, debiendo colocar la Tee en la estructura de la maquina de anestesia asegurándolo adecuadamente, luego se colocaran los soportes y brazo movable.
- Montaje del ventilador en el soporte asegurándolo con sus respectivos pernos de anclaje.
- Instalación de las conexiones de mangueras y corrugados entre la maquina de anestesia y el ventilador.
- Conexión de la parte eléctrica al supresor de picos que tiene instalado la maquina de anestesia en su estructura.

- Conexiones y ajustes que requieran los diferentes sistemas instalados entre el ventilador y la maquina de anestesia.

### 3.5 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Una vez instalado el ventilador se debe proceder a realizar las pruebas de funcionamiento del equipo de acuerdo a lo siguiente:

- Verificar que todas las conexiones se encuentren en el lugar correcto y debidamente instalado.
- Revisar la conexión eléctrica del equipo
- Encender el equipo y verificar el funcionamiento de las teclas y luces del equipo.
- Setear los parámetros del equipo con los siguientes valores:
  - volumen tidal = 1 lt
  - frecuencia 10 bpm
  - I/E = 1: 2.0
- Verificar el funcionamiento del ventilador con los valores prefijados en alojamiento del fuelle del ventilador, debiendo observarse la carrera ascendente y descendente del mismo en el valor prefijado.
- Verificar el estado de la alarma de falta de oxigeno desconectando el suministro de oxigeno.

- Verificar el estado de la alarma de máxima presión disminuyendo el valor de seteo de la presión para forzar a que se active la alarma por alta presión.
- Verificar el estado de la alarma de mínima presión desconectando el corrugado del circuito respiratorio que automáticamente deberá activar la alarma por baja presión.
- Instalar en la salida del circuito de paciente un pulmón de prueba el cual deberá insuflarse de acuerdo a los parámetros seteados del ventilador.
- Una vez verificado el correcto funcionamiento de todos los parámetros, el equipo se encuentra listo para su funcionamiento.

## **CAPITULO IV**

### **PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA MAQUINA DE ANESTECIA**

#### **4.1 REVISION, LIMPIEZA Y LUBRICACIÓN DE ACCESORIOS**

El personal usuario de la maquina de anestesia deberá proceder diariamente a la inspección, revisión y limpieza de los accesorios de la maquina de anestesia y verificar que todos los accesorios estén apropiadamente instalados.

Deberá asegurarse que no exista ningún daño en:

- yugo del cilindro de oxigeno y nitrógeno
- vaporizador
- Manómetros
- Medidores de flujo y válvulas
- Tuberías
- Canister
- Ventilador

- Circuito paciente
- Conexiones

La limpieza de las superficies externas se deberá realizar con un paño húmedo y usar de ser necesario detergente enzimático, usar la menor cantidad posible de líquido ya que un exceso de líquido puede filtrarse en las conexiones o componentes eléctricos.

La lubricación de las partes móviles, válvulas, yugos, etc. Deberán ser ejecutados por personal técnico especializado usando un lubricante aprobado para el manejo con oxígeno, normalmente se utiliza el producto llamado "Bacon".

No deberá usarse para realizar la limpieza o lubricación de los accesorios de la máquina de anestesia por ningún motivo grasas o aceites comunes, ya que el oxígeno explota espontáneamente en presencia de estos compuestos.

#### **4.2 PRUEBA DE FUGAS EN EL SISTEMA**

El Anestesiólogo antes de la operación deberá verificar el estado de la máquina de anestesia y verificar que no haya fugas en el sistema, para lo cual usará el pulmón de prueba el cual se coloca a la salida del circuito

respiratorio debiendo encenderse el equipo y para los diferentes modos de ventilación que tenga el equipo deberá observar y verificar que el pulmón de prueba esta funcionando y ciclando en función al tiempo de acuerdo aproximadamente a los valores ajustados, así mismo fugas mayores se detectan por los olores e inhalación de gases anestésicos en el ambiente.

En forma trimestral un técnico especialista realizara las pruebas de fuga en el sistema instalando un probador de fugas (bombilla, conector y manómetro) tapando la salida de gases y llenando de gas al sistema deberá marcar el manómetro 60 cmH<sub>2</sub>O aproximadamente, en dicha presión se cierra el suministro de gas y la presión en el sistema se debe mantener por lo menos 30 segundos, si durante dicho lapso la presión baja existe una fuga inadmisible y deberá repararse antes de poner nuevamente en funcionamiento el equipo.

#### **4.3 DESINFECCION DE ACCESORIOS DEL CIRCUITO RESPIRATORIO**

Después de usar el equipo en una intervención quirúrgica se deberá primeramente limpiar los componentes del circuito respiratorio que comprende los siguientes accesorios:

- tubos respiratorios (corrugados)

- bolsa respiratoria
- válvula respiratoria
- mascarilla
- conectores en codo
- conector en Y

Para la limpieza se sumergirán dichos componentes en un recipiente con detergente enzimático con agua tibia durante aproximadamente treinta minutos, luego realice el enjuague con agua tibia y dejar secar al medio ambiente o con aire comprimido.

Para la desinfección se deberá esterilizar usando oxido de etileno y no autoclave, luego del cual se dejara que se ventilen apropiadamente para la disipación de los gases.

#### **4.4 REVISION DEL SISTEMA DE OXIGENO Y NITRÓGENO**

En forma trimestral un técnico especializado deberá proceder a revisar, limpiar, ajustar y lubricar las partes necesarias de los sistemas de oxigeno y nitrógeno que comprenden los siguientes accesorios:

- Reguladores de presión
- Manómetros

- Flujómetros
- Rotámetros
- Válvulas de sobre presión
- Tuberías y conexiones

La limpieza de las partes externas de los accesorios serán con paños húmedos en cantidades suficientes de detergente enzimático

La lubricación de las partes móviles, válvulas, yugos, etc. será usando un lubricante aprobado para el manejo con oxígeno, normalmente se utiliza el producto llamado "Bacon".

Verificar que los manómetros con la válvula del cilindro cerrado tengan una presión de cero, luego cerrando todos los controles de flujo y abriendo la válvula del cilindro los medidores deben registrar una presión adecuada de acuerdo a la capacidad del mismo.

Para determinar alguna fuga inadmisibles en el sistema de alta presión se deberá cerrar todas las válvulas de los cilindros y tomar nota del valor de la presión en cada cilindro. Los manómetros deben reportar menos de 100 PSI de pérdidas en el lapso de cinco minutos, si la pérdida en presión supera este límite se debe revisar la válvula del cilindro, el



regulador de presión y sus conexiones hasta el sistema de baja presión para determinar la fuga existente.

#### **4.5 VERIFICACION DEL ESTADO Y FUNCIONAMIENTO DE ALARMAS**

En forma trimestral un técnico especializado deberá proceder a verificar y ajustar las alarmas siguientes:

- Alarma por falla de suministro de oxígeno.- cerrar el suministro de oxígeno y se debe escuchar una alarma audible por baja presión del oxígeno.
- Alarma por falta de energía en la red.- desconectar el suministro de energía al ventilador y se debe escuchar una alarma audible por falta de energía eléctrica.
- Alarma de parámetros del ventilador.- al simular una baja presión en el circuito respiratorio del paciente deberá sonar una alarma audible de baja presión en el sistema.

#### **4.6 PURGA DEL SISTEMA DE TUBERÍAS**

El personal usuario del equipo una vez concluida la intervención quirúrgica deberá purgar el sistema de tuberías que contiene en su interior los gases anestésicos de la intervención para lo cual deberá seguir los siguientes pasos:

- poner un caudal mínimo de oxígeno en los flujómetros
- cerrar los vaporizadores en uso
- dejar evacuar los gases del sistema
- cerrar la alimentación de oxígeno
- desconectar la energía eléctrica del sistema
- verificar la purga del sistema
- cerrar el caudal del flujómetro
- equipo listo para usar nuevamente.

#### 4.7 AJUSTE Y LIMPIEZA DEL CANISTER

En forma trimestral un técnico especializado deberá proceder a revisar, limpiar y ajustar los accesorios del canister que son los siguientes:

- **Frasco del canister** .- verificar el estado de los granos de cal sodada y cambiar de ser necesario los granos del primer compartimiento cuando los granos del segundo compartimiento están cambiando de color lo cual indica que los granos del primer compartimiento ya están saturados y no pueden remover más CO<sub>2</sub>.
- **Tapas y válvulas**.- verificar el estado de las tapas de los compartimientos y el estado de las válvulas de inspiración y

espiración que deben tener poca resistencia al paso de los gases para que puedan funcionar adecuadamente.

- **Empaquetaduras**.- verificar el estado de los O´ring y cambiar de ser necesario para tener una hermeticidad adecuada.

Utilizar en todos los casos un paño húmedo con agua y de ser el caso detergente enzimático.

#### **4.8 CHEQUEO DE CONTROLES DEL SISTEMA DE OXIGENACION**

En forma trimestral un técnico especializado deberá proceder a revisar, limpiar y ajustar los accesorios que forma parte del sistema de ventilación mecánica:

- Panel principal
- parámetros del volumen
- parámetros de flujo
- parámetros de la relación I/E

Se deberá verificar en general el estado de las teclas del panel, los rangos mínimos y máximos de los parámetros del ventilador ajustar de ser necesario con su prueba de funcionamiento respectivo.

#### **4.9 REVISION DE MANGUERAS DEL SISTEMA DE OXIGENACION**

En forma trimestral un técnico especializado deberá proceder a revisar, limpiar y ajustar las mangueras del sistema de ventilación mecánica:

- **Corrugados.**- verificar que los corrugados de ingreso y salida del ventilador se encuentren en buen estado y no presenten ningún tipo de agujero, verificando la presión del sistema, si la presión nos es la suficiente para insuflar el pulmón de prueba cambiar los corrugados.
  
- **Conexiones de mangueras** .- verificar el estado de las conexiones de las mangueras de ingreso y salida del ventilador, ajustar las conexiones de ser necesario para una adecuada hermeticidad.

#### **4.10 REVISION Y LIMPIEZA DE FUELLE Y EMPAQUES DEL SISTEMA DE OXIGENACION**

En forma trimestral un técnico especializado deberá proceder a revisar, limpiar y ajustar los accesorios del sistema de ventilación:

- Cubierta del ventilador
- Fuelles
- Empaques

**Limpieza.**- sumergir la cubierta del ventilador, diafragma en un recipiente con detergente enzimático con agua tibia durante 30

minutos, luego enjuagar con agua tibia y realizar el secado correspondiente.

**Esterilización.-** la cubierta y diafragma del ventilador pueden ser introducidas en una autoclave a una temperatura de 134oC por un tiempo de 10 minutos.

El fuelle, O`ring y empaques deben ser cubiertos con talco con la finalidad de evitar que se peguen.

## CAPITULO V

### COSTOS

#### 5.1 COSTO DE INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE OXIGENACION

El costo para la instalación de un ventilador mecánico a la maquina de anestesia de acuerdo a los accesorios requeridos se resume en el cuadro de costeo siguiente:

##### COSTOS DIRECTOS

Ventilador	\$	6,000.00
Soporte		300.00
Corrugados		250.00
Mano de obra directa		500.00

### **COSTOS INDIRECTOS**

Herramientas	150.00	
Equipos Calibración	300.00	
	-----	
SUB TOTAL	7,500.00	
GASTOS GENERALES (15% )	1,125.00	
UTILIDAD (15 % Costos y GG)	1,293.75	
	-----	
TOTAL	9,918.75	dólares

### **7.2 COSTO DEL MANTENIMIENTO GENERAL**

El costo para realizar un mantenimiento general a la maquina de anestesia del presente informe de acuerdo a los repuestos requeridos se resume en el cuadro de costeo siguiente:

#### **COSTOS DIRECTOS**

Kit mantenimiento maquina anestesia	\$	510.00
Kit mantenimiento Absorbedor		410.00
Kit mantenimiento Vaporizador		500.00
Mano de obra directa		230.00

### **COSTOS INDIRECTOS**

Herramientas	150.00
Equipos Calibración	<u>300.00</u>
<b>SUB TOTAL</b>	<b>2,100.00</b>

<b>GASTOS GENERALES (15% )</b>	315.00
UTILIDAD (15 % Costos y GG)	<u>362.25</u>
<b>TOTAL (dólares)</b>	<b>2,777.25</b>

### **5.3 TIEMPO DE RECUPERACION DE LA INVERSION**

Se considera para el cálculo correspondiente los costos y tasas referenciales del mercado.

C inversión = 9,918.75 dólares

A una tasa de cambio de 3.2 soles tenemos

C inversión = 31,740 soles

Tasa de actualización ( r ) igual a 5%

Tiempo de vida útil del equipo es de 8 años

Beneficio aproximado diario = S/. 40.00

Mensual = S/. 1,040 ( 26 días )

Anual = S/. 12,480



Costo de Mantenimiento anual = S/. 750 soles

Aplicando la formula de VAN ( Valor Actual Neto ) :

$$VAN = \frac{(Bi - Ci)}{(1 + r / 100)^i}$$

Donde:

Bi = Beneficio neto

Ci = costo

r = tasa de actualización

i = años

Se obtienen los siguientes valores:

<b>AÑO</b>	<b>COSTO (soles)</b>	<b>BENEFICIO</b>	<b>VALOR ACTUAL (soles)</b>	<b>VALOR RECUPERADO (soles)</b>
0	31,740.00			
1	750	12480	11,171.43	11,171.43
2	750	12480	10,639.46	21,810.88
3	750	12480	10,132.82	31,943.70
4	750	12480	9,650.30	41,594.00
5	2000	12480	8,211.35	49,805.35
6	750	12480	8,753.11	58,558.46
7	750	12480	8,336.29	66,894.75
8	750	12480	7,939.33	74,834.08
<b>TOTAL</b>			<b>74,834.08</b>	

Entonces del cuadro se concluye:

- \* Siendo el VAN  $> 0$  la inversión es viable
- \* La inversión se recupera cuando el VAN es igual a la inversión, para nuestro caso según el cuadro la inversión se recupera al tercer año de operación del equipo.

## CONCLUSIONES

- En la actualidad por el avance tecnológico no debería existir en los centros de salud maquinas de anestesia que no cuenten con ventilador mecánico incorporado ya que su producción final no es un producto material sino una vida humana.
- Al no contar la maquina de anestesia con un ventilador mecánico no es posible realizar cirugías mayores limitándose solo a realizar procedimientos menores estando siendo sub utilizada dicha maquina de anestesia y toda la sala de operaciones donde se encuentra el equipo.
- La instalación del ventilador en la maquina de anestesia generara un ahorro debido a que se podrá programar todas las operaciones dentro del turno normal del personal asistencial, actualmente por falta de otra maquina de anestesia completa se programan turnos adicionales para cumplir con las operaciones programadas, se debe tener en cuenta que existen tiempos (60 minutos) de preparación y desinfección de la sala de operaciones por cada intervención.

## **RECOMENDACIONES**

- Las intervenciones quirúrgicas de emergencia que siempre se presentan serían atendidas con la urgencia del caso si se contara con otra maquina de anestesia con ventilador mecánico, ya que muchas veces estas se presentan durante las intervenciones de cirugías programadas debiéndose culminar dicha intervención para que ingrese la emergencia.
  
- El mantenimiento preventivo programado para la maquina de anestesia se debe cumplir periódicamente con la finalidad de conservar y garantizar su optimo funcionamiento y evitar el deterioro de algunos componentes básicos.

## BIBLIOGRAFÍA

“Historia Ventilación pulmonar”

Martín L., 1996 – España, 1era Edición

“Fisiología Respiratoria”

William Cristancho G. - 2004, 1era Edición

“Revista de ventilación mecánica”

Alvarado A., Suarez A. 1993 – Costa Rica

“Folleto de Maquina de Anestesia”

Sociedad Venezolana de Anestesiología, 1993.

“Manual de Normas seguridad de Máquina de Anestesia

Sociedad Colombiana de Anestesia y Reanimación

“ Manual de Operación de maquina de Anestesia

Ministerio Salud P. – San salvador, 1996

“ Revista sistema de anestesia y ventilación”

Datex–Ohmeda, 2001

“Guia de Mantenimiento Hospitalario”

Essalud, 2003.

“Manual Mantenimiento Hospitalario”

MINSA, 1197.

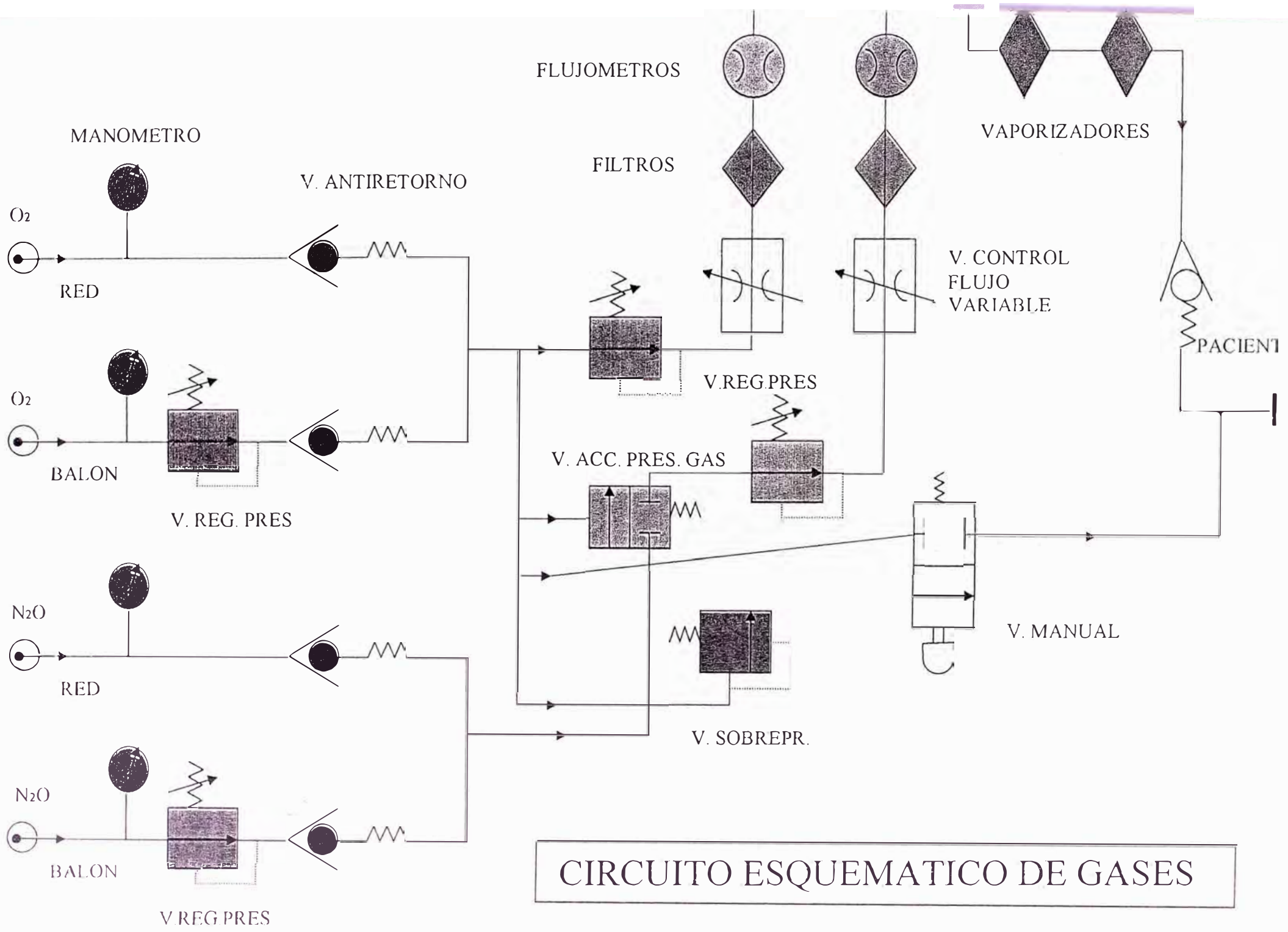
“Revista de símbolos neumáticos”

J. Castillo, 2001 España

“Sistemas neumáticos e hidráulicos”

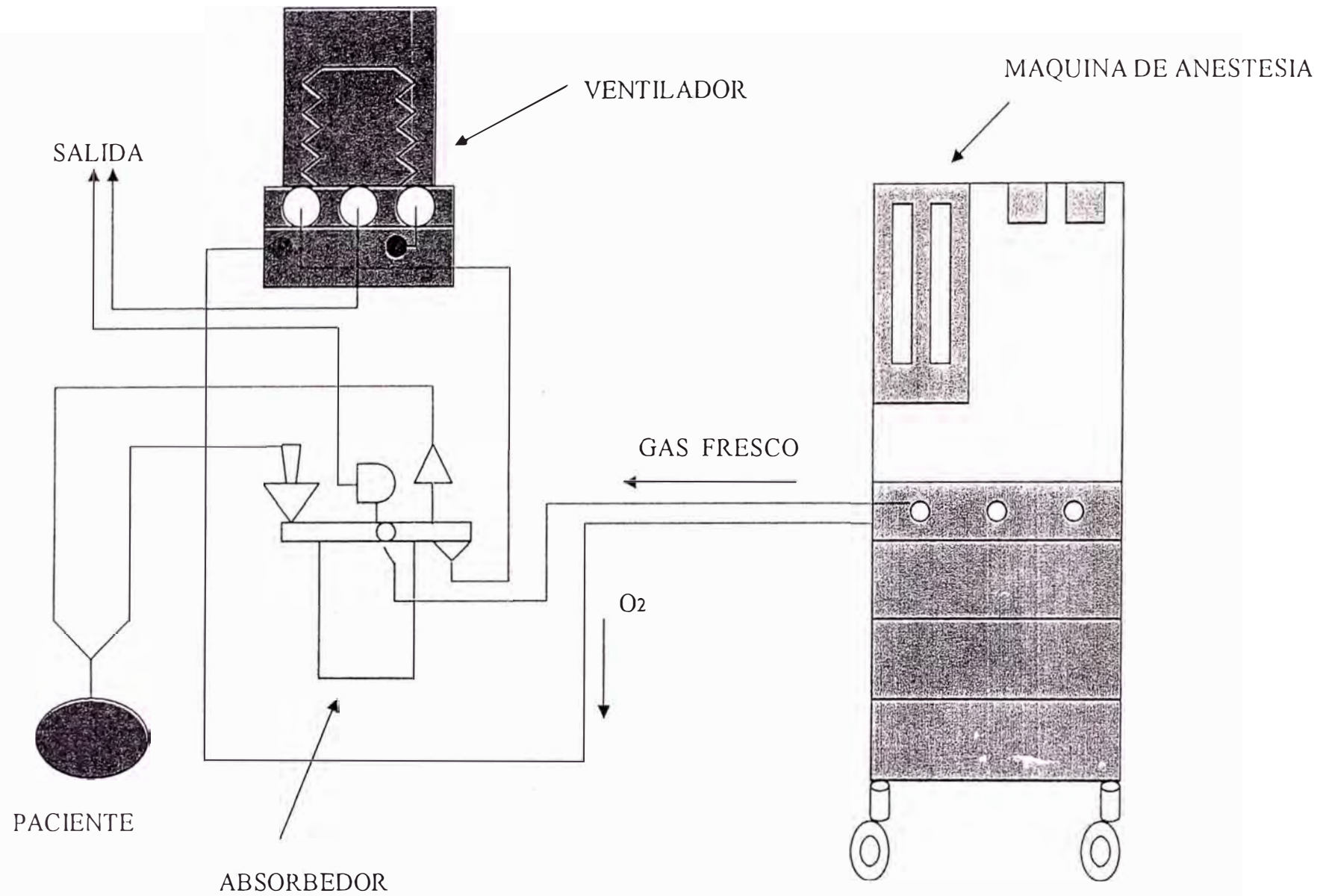
Del Razo, Adolfo -2001 – México , 1era Edición

**PLANOS**



CIRCUITO ESQUEMATICO DE GASES





**CIRCUITO DE CONEXIÓN DEL VENTILADOR**

# **APENDICE**

## ANEXO 1

Calculo de parámetros de ventilación

\* Frecuencia de respiración

$$Fr = 30 \text{ resp / min}$$

\* Volumen Tidal

$$Vt = 10 \text{ ml}$$

\* Razón I / E = 1 / 3

\* Factor de elasticidad del equipo

$$C = 0.5 \text{ ml / cm H2O}$$

CICLO DE RESPIRACION

$$Tt = \frac{1}{Fr} = 2 \text{ seg}$$

## TIEMPO DE INSPIRACION

$$T_i = \frac{(T_t)(I)}{(I + E)} = 0.5 \text{ seg}$$

## TIEMPO DE ESPIRACION

$$T_e = \frac{(T_t)(E)}{(I + E)} = 0.5 \text{ seg}$$

## FLUJO TOTAL

$$F_t = \frac{V_t}{T_i} = 1.2 \text{ L / min}$$

## **ANEXO 2**

### **PRUEBAS ADICIONALES**

#### **PRUEBAS DE SEGURIDAD ELECTRICA**

Se deben realizar las siguientes pruebas de seguridad eléctricas:

#### **PRUEBA DE VOLTAJE EN LA LINEA DE CA**

Esta prueba verifica que el tomacorriente de pared, que alimenta al equipo, haya sido cableado adecuadamente y se encuentre en perfecto estado.

Se debe verificar con un voltímetro que el voltaje entre los dos contactos vivos este en el rango de 210 a 230 VAC, si las mediciones están fuera del rango de manera significativa se requiere su reparación inmediata.

#### **PRUEBAS DE FUGAS**

Las pruebas de fuga son pruebas de seguridad que permiten establecer si el equipo no presenta peligros de electricidad contra la salud.

Se requiere de un medidor de fugas para realizar las pruebas de:

- Cable de tierra – fuga a tierra
- Fuga de chasis a tierra

La corriente de fuga máxima permisible debe ser de 100  $\mu$ A en las dos pruebas mencionadas, si el equipo no pasa la prueba no debe usarse hasta reparar la falla.

## **PRUEBA DE CONTINUIDAD DE TIERRA**

Mediante esta prueba se debe verificar que haya continuidad menor a 100 mOHM de resistencia entre todas las superficies de metal expuestas, las cuales tienen el potencial de energizarse, y la espiga a tierra del cordón de alimentación de corriente AC.

Si las superficies de metal están anodizadas o pintadas raspe un área pequeña, en una zona no conspicua, para que la sonda haga contacto directo con el metal.

Si las mediciones están fuera de rango, revisar si hay grietas en el cordón de alimentación o en las conexiones internas.

## **BIOSEGURIDAD**

Se debe tener en consideración algunas recomendaciones de Bioseguridad al momento de manipular los accesorios del equipo.

- Se debe considerar que el equipo es altamente contaminado y por lo tanto al manipularse debe usarse siempre guantes.
- Después de cada uso debe efectuarse una limpieza y desinfectar con glutaraldehído al 2% (cidex)
- Eliminar el óxido y/o suciedad de las partes metálicas, pintar en unos casos y otros hacer un tratamiento de cromado.
- no use el sistema de anestesia cuando este dañado o en malas condiciones de funcionamiento ya que podría generar lesiones al paciente.

## PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA MAQUINA DE ANESTESIA

Consiste en las comprobaciones pre-operatorias necesarias, para probar el suministro de gas y alimentación eléctrica que va a utilizarse.

- Revise el equipo en cuanto a daños visibles de: cubierta, conectores de gas, flujómetros, válvulas, manómetros, vaporizadores, mangueras, etc.
- Revise las instalaciones de oxígeno, óxido nítrico y vaporizadores para verificar su integridad y correcta instalación, tomar las precauciones respecto a la seguridad del equipo y del usuario.
- Verificación del suministro de oxígeno, evite el apriete excesivo al cerrar las válvulas de control de flujo, ponga los controles de flujo en sus toques mínimos antes de encender el sistema, para evitar dañar al flujómetro debido a la irrupción repentina de gas.
- Verificar que estén cerrados todos los vaporizadores.
- Presionar el botón de inyección flush para verificar el funcionamiento del suministro de oxígeno directo.



- Verifique el funcionamiento de la alarma de baja presión de oxígeno, quitando por un momento el suministro de oxígeno.

- Verificar el funcionamiento del vaporizador

- Verificar la integridad del circuito de baja presión y circuito del paciente, con la finalidad de reducir a un nivel mínimo o evitar que los gases metabólicos del paciente y gases anestésicos fuguen del circuito de ventilación y contaminen el medio ambiente.