

UNIVERSIDAD DON BOSCO  
FACULTAD DE INGENIERIA



TRABAJO DE GRADUACIÓN.

***“DISEÑO DE LAS INSTALACIONES PARA LA PRUEBA Y  
CALIBRACIÓN DE VAPORIZADORES PRECALIBRADOS  
DE GASES ANESTÉSICOS”***

PRESENTADO POR:

LUIS MARIO JUÁREZ OSORIO

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

**INGENIERO BIOMÉDICO**

SEPTIEMBRE - 2000

SOYAPANGO, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA.

# **UNIVERSIDAD DON BOSCO**

## **RECTOR**

ING. FEDERICO MIGUEL HUGHET RIVERA

## **SECRETARIO GENERAL**

PBRO. PEDRO JOSÉ GARCÍA CASTRO S.D.B.

## **DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA**

ING. CARLOS GUILLERMO BRAN

## **ASESOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN:**

ING. MAURICIO FABEIRO

## **JURADO EVALUADOR:**

ING. ELMER ULISES SOTO QUINTEROS

ING. WILFREDO ANTONIO DE JESÚS MELARA PINEDA

UNIVERSIDAD DON BOSCO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA BIOMÉDICA

JURADO EVALUADOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN:

**“DISEÑO DE LAS INSTALACIONES PARA LA PRUEBA Y  
CALIBRACIÓN DE VAPORIZADORES PRECALIBRADOS  
DE GASES ANESTÉSICOS”**



---

ING. ELMER SOTO  
JURADO



---

ING. WILFREDO MELARA  
JURADO



---

ING. MAURICIO FABEIRO  
ASESOR

INDICE

INTRODUCCIÓN. ....	8
<b>CAPÍTULO 1 Introducción a la anestesiología .....</b>	<b>10</b>
<i>Anestesiología. Introducción. ....</i>	<i>11</i>
<b>1.1 HISTORIA DE LA ANESTESIOLOGÍA.....</b>	<b>11</b>
<i>1.1.1 Historia Inicial. ....</i>	<i>11</i>
<i>1.1.2 Edad Media. ....</i>	<i>12</i>
<i>1.1.3 América Indígena. ....</i>	<i>12</i>
<i>1.1.3.1 Los Incas.....</i>	<i>12</i>
<i>1.1.3.2 Los mayas .....</i>	<i>14</i>
<i>1.1.3.3 Mesoamérica. ....</i>	<i>14</i>
<i>1.1.3.4 Los Karib. ....</i>	<i>14</i>
<i>1.1.3.5 Otros núcleos de población. ....</i>	<i>15</i>
<i>1.1.4 Colonización Europea. ....</i>	<i>15</i>
<i>1.1.5 Cronología De La Anestesia Inhalatoria.....</i>	<i>16</i>
<i>1.1.6 Cronología De La Anestesia Endovenosa.....</i>	<i>21</i>
<i>1.1.7 Cronología De La Anestesia Regional .....</i>	<i>22</i>
<b>1.2 ANESTESIA, TIPOS Y TÉCNICAS ANESTÉSICAS. ....</b>	<b>24</b>
<i>1.2.1 Gases de transporte y anestésicos más utilizados: .....</i>	<i>29</i>
<b>1.3 PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS Y EFECTOS FARMACOLÓGICOS DE LOS AGENTES INHALATORIOS.....</b>	<b>32</b>
<i>1.3.1 Sistema Respiratorio .....</i>	<i>32</i>
<i>1.3.2 Sistema cardiovascular. ....</i>	<i>33</i>
<i>1.3.3 Sistema nervioso central. ....</i>	<i>35</i>
<i>1.3.4 Anestésicos narcóticos.....</i>	<i>35</i>
<b>CAPÍTULO 2 La máquina de anestesia.....</b>	<b>37</b>
<i>La máquina de Anestesia .Introducción.....</i>	<i>38</i>

<b>2.1 FUNCIONAMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA DE ANESTESIA. ....</b>	<b>38</b>
<b>2.2 COMPONENTES DE LA MÁQUINA DE ANESTESIA.....</b>	<b>52</b>
2.2.1 Cilindros de gas comprimido .....	52
2.2.2 Yugo.....	52
2.2.3 Válvulas de retención .....	55
2.2.4 Flujómetros.....	56
2.2.5 Válvula de flujo continuo de O <sub>2</sub> (válvula flush) .....	58
2.2.6 El Absorbedor de CO <sub>q</sub> .....	58
2.2.7 Vaporizadores.....	60
2.2.8 Circuito respiratorio .....	62
2.2.9 Sistema evacuador de gases .....	64
2.2.10 Sistema circular.....	67
2.2.11 Sistemas semicerrados.....	69
<b>CAPÍTULO 3 Vaporizadores .....</b>	<b>72</b>
Vaporizadores . Introducción.....	73
<b>3.1 VAPORIZACIÓN Y VAPORIZADORES.....</b>	<b>73</b>
<b>3.2 PRINCIPIOS FÍSICOS. ....</b>	<b>73</b>
<b>3.3 VAPORIZACION DE ANESTESICOS.....</b>	<b>77</b>
3.3.1 A goteo. ....	77
3.3.2 Transporte sobre superficie .....	78
3.3.3 Nebulización.....	78
3.3.4 Arriba del punto de ebullición. ....	78
3.3.5 Flujo continuo de gases. ....	78
<b>3.4 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA VAPORIZACIÓN. ....</b>	<b>79</b>
3.4.1 La naturaleza intrínseca del líquido .....	79
3.4.2 Temperatura. ....	79

3.4.3 Superficie de contacto. ....	80
3.4.4 Tiempo de contacto entre las fases líquida y gas. ....	80
3.5 TIPOS DE VAPORIZADORES Y SUS CARACTERÍSTICAS . ....	80
3.5.1 Tipos de vaporizadores. ....	81
3.5.1.1 Vaporizadores fuera del circuito (VFC). ....	84
3.5.1.2 Vaporizadores dentro del circuito (VDC). ....	84
3.5.2 El vaporizador precalibrado ....	84
3.5.3 Características de los vaporizadores ....	88
3.6 CONSUMO DE ANESTÉSICOS Y VELOCIDAD DE FLUJO DE GAS FRESCO .....	89

## **CAPÍTULO 4 Diseño de las instalaciones**

<b>Para calibración</b> .....	<b>92</b>
<b>INTRODUCCIÓN. DISEÑO DEL CENTRO DE CALIBRACION.</b> .....	<b>93</b>
1.1 General .....	94
1.2 Apoyo técnico a obtener de los fabricantes. ....	95
1.3 Procedimiento para el establecimiento del centro de calibración. ....	95
1.4 Requerimientos del centro de calibración. ....	96
2.0 HERRAMIENTAS Y EQUIPO. ....	104
2.1 Equipo y herramientas estándar. ....	104
3.0 Procedimientos para la calibración de vaporizadores de gases Anestésicos. .....	107
3.1.1 Descripción. ....	107
3.1.2 Mecanismo de interbloqueo. ....	107
3.1.3 Dial de control. ....	107
3.1.4 Válvula rotatoria. ....	108
3.1.5 Sistema de llenado. ....	108
3.2 Realización del servicio. ....	109

3.2.1 Introducción: .....	109
3.2.2 Procedimiento de Servicio. ....	109
3.2.3 Empaques y Mecha. ....	118
3.2.4 Prueba táctil .....	122
3.2.5 Prueba de fugas .....	123
3.3. Pruebas de exactitud.....	124
3.3.1 Aplicable para Fluotec 4% y 5% ,Enfluratec 5%, Isotec 4% .....	124
3.3.2 Drenaje y secado. ....	131
3.3.3 Prueba final de fuga.....	131
3.3.4 Limpieza y etiqueta. ....	132
3.4 Ajuste del Termostato. ....	132
3.4.1 Precauciones.....	132
3.4.2 Herramientas y equipos necesario .....	132
3.4.3 Procedimiento de calibración del termostato. ....	133
3.4.4 Ajustes de Calibración del vaporizador .....	137
3.5 Búsqueda de Fallas. ....	138
<b>Conclusiones</b> .....	<b>139</b>
<i>Introducción. Conclusiones</i> .....	<b>140</b>
<i>Análisis Financiero</i> .....	<b>141</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>146</b>
Glosario .....	<b>148</b>
Anexo 1.....	<b>152</b>
Anexo 2.....	<b>165</b>
Anexo 3.....	<b>166</b>
Anexo 4.....	<b>167</b>
Anexo 5.....	<b>168</b>

<b>Anexo 6.....</b>	<b>169</b>
<b>Anexo 7.....</b>	<b>175</b>
<b>Anexo 8.....</b>	<b>181</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>183</b>

Dedico esta tesis primero a Dios, nuestro padre; a María su madre, por que ella lo hace todo entre nosotros; a mis padres Mario Adolfo y Ana Cristina por todo el apoyo que me han brindado pero principalmente por orientar mis fuerzas y guiar mi espíritu en la correcta dirección del trabajo duro y la dedicación para alcanzar mis metas y una vez ahí , seguir adelante para alcanzar las siguientes.

También a mi asesor, el Ing. Mauricio Fabeiro por toda la ayuda y orientación, tanto en el área de desarrollo del trabajo como en otros aspectos, . Al Ing. Ernesto G. Girón, por su apoyo incondicional y quien siempre me ha inculcado la responsabilidad y la sed de saber más . A mis abuelitas Zoila y Cristina por su ánimo y oraciones durante estos meses. A Carolina por su invaluable amistad, apoyo y ayuda en el trabajo realizado.

Gracias por todo el apoyo que me han dado a toda mi familia, este es su trabajo también.

## INTRODUCCIÓN.

Vivimos en una época de grandes avances tecnológicos y nuestra vida gira alrededor de dicha tecnología , el saber humano ha hecho posible grandes mejoras en todos los campos de la vida cotidiana y la realización de sueños imposibles para nuestros ancestros como la conquista del espacio.

Uno de los campos en los que tiene implicaciones muy importantes la tecnología es en la medicina, en el último siglo la esperanza de vida ha aumentado al doble de la edad promedio que era aproximadamente de 40 años , permitiendo no sólo vivir más sino que tener una mejor calidad de vida : productiva y con menos enfermedades. Ahora se pueden detectar muchas enfermedades con suficiente antelación como para ser tratadas satisfactoriamente, algunas incluso se pueden detectar desde la etapa fetal. Existen algunas enfermedades que no pueden ser tratadas con medicamentos sino que por medio de intervenciones quirúrgicas, no solamente enfermedades sino que también embarazos, cirugías plásticas, etc. La medicina moderna permite realizar estos procedimientos de forma rápida y tratando de minimizar en lo posible todas las molestias para el paciente antes, durante y después de la intervención.

Algunos procedimientos requieren que el paciente esté inconsciente para evitarle el sentir el dolor que implica el proceso quirúrgico, para ello existen equipos especiales conocidos como máquinas de anestesia que se encargan de entregar al paciente una mezcla controlada de gases que le inducirán al sueño y lo mantendrán de esa forma durante el tiempo que dure la intervención. Junto a la mezcla de gases se le administra un agente anestésico al paciente que es el que se encargará de llevarlo a la inconsciencia. Actualmente existen agentes anestésicos muy eficaces y de efecto rápido, pero deben de ser administrados con cuidado pues en cantidades inadecuadas pueden provocar daño cerebral al paciente o incluso la muerte. Los anestésicos con administrados por el médico anestesista por medio de un dispositivo de la máquina de anestesia conocido como el vaporizador precalibrado de gases anestésicos, éste se encarga de entregar una concentración precisa de anestésico para así mantener la cantidad de anestésico que se suministra al paciente dentro de los márgenes de seguridad. Debido a lo anterior es de vital importancia que el

vaporizador reciba un mantenimiento cuidadoso verificando que siempre entregue la concentración de anestésico que se desea, no más y no menos. Llega un momento en que el vaporizador ya no funciona adecuadamente y es necesario que se envíe al taller del distribuidor o donde el mismo fabricante para su chequeo y calibración , actualmente este procedimiento de servicio se lleva a cabo en el exterior del país, lo cual implica grandes costos de flete y de servicio, elevando los costos de operación de los hospitales, se hace patente la necesidad de encontrar la manera de disminuir los costos en la calibración de los vaporizadores poniendo ante todo la seguridad del paciente. Una solución es el calibrar los vaporizadores en el país obteniendo el permiso de los fabricantes de éstos para hacerlo, con lo cual se disminuyen costos drásticamente, se pierde menos tiempo, y se puede obtener ganancia al ofrecer el servicio a los demás países del área centroamericana que lo necesiten. De ahí nació la idea de realizar el diseño del centro de calibración de vaporizadores precalibrados de gases anestésicos, donde se dan criterios de diseño, se habla sobre los procedimientos de servicio y se estudia la factibilidad del proyecto desde un punto de vista económico. Al final del documento se presentan las conclusiones a las que se llegaron al finalizar el documento.

# **CAPÍTULO 1**

## **Introducción a la anestesiología.**

## **Anestesiología. Introducción.**

En el presente capítulo se darán nociones sobre la anestesia. Se iniciará con una reseña histórica sobre la evolución de la anestesia, luego se hablará sobre los métodos para anestesiarse a los pacientes, efectos de los anestésicos sobre el organismo, técnicas anestésicas, etc. Con el objetivo de ubicar al lector en el campo de la anestesiología dándole las bases para que comprenda completamente el desarrollo de los siguientes capítulos.

### **1.1 HISTORIA DE LA ANESTESIOLOGÍA**

Por milenios la raza humana y sus antepasados han tenido que sufrir dolor, con todas las consecuencias de miseria, desesperación y terror. Cabe, entonces considerar como eventos importantes en el adelanto de la humanidad y de la medicina, a aquellos sucesos históricos que directa o indirectamente han favorecido el alivio del dolor, ya sea provocado quirúrgicamente u ocasionado por otro tipo de proceso patológico.

La descripción a realizar de tales eventos comprende sólo los más importantes avances mundialmente reconocidos.

#### **1.1.1 Historia Inicial.**

La imaginación prevalece al tratar de concebir los métodos que, desde hace millones de años el hombre prehistórico ha debido usar para obliterar la sensación de dolor. Fuego, frío y presión habrán sido algunos de los recursos utilizados por los habitantes primitivos. Ya en tiempos bíblicos, los derivados del zumo de la amapola, la mandrágora y varios productos de fermentación que contienen alcohol, fueron ingeridos para adormecer el filo del dolor. Posteriormente se aplicaba una esponja impregnada con una solución que produce una forma de anestesia inhalatoria muy superficial, conteniendo opio, beleño y mandrágora, a la cual se le llamó la esponja soporífera. Y que fue aparentemente usada por Hipócrates y Galeno.

Otras pociones adormecientes son mencionadas por los griegos en sus obras literarias. Infusiones de “agua de lirios” o el jujube, jarabe africano supuestamente producían amnesia y sueño.

El Hyoscyamus y la lechuga, en pociones que incluían otros ingredientes como el opio, fueron utilizadas por médicos de Cos y Creta. La cicuta, con su ingrediente, la cicutina, de acción hiposensorial, se ingería como veneno. La asfixia producida por estrangulación fue aplicada por los asirios en niños a los que se le hacía la circuncisión. La pérdida de la conciencia también era obtenida mediante contusión cerebral, al golpear con una tranca un tablón de madera puesto sobre la cabeza del enfermo. La fuerza del golpe para producir la inconsciencia debía ser la necesaria “para abrir una almendra”, dejando el cráneo intacto.

### **1.1.2 Edad Media.**

En la Europa medieval, la ingestión de bebidas alcohólicas hasta producir estupor era el método más común para permitir los rudimentarios procedimientos quirúrgicos practicados en esa época. La compresión directa sobre troncos nerviosos también fue usada como vía para producir un adormecimiento topográfico. Similarmente, se utilizaban varias combinaciones de las pociones ya mencionadas.

### **1.1.3 América Indígena.**

En la América precolombina, los núcleos de población más importantes probablemente emplearon métodos diferentes con ese propósito.

#### **1.1.3.1 Los Incas**

En la región ocupada por el imperio Inca, que incluye Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, partes de Paraguay, Argentina, Chile, Brasil, y Venezuela, una variedad de hongos, cactus y hierbas fueron empleados con el objeto de aliviar el dolor y producir sueño. Sin embargo, de importancia primordial en la cultura inca ha sido – y es- el rol socioterapéutico de la cocaína, que posee efectos sistémicos y locales como anestésico, por lo que merece atención especial.

La evidencia del “coqueo” existe desde las culturas nazca y mochica, que fueron pryncas. También las tribus araucanas cultivaron y usaron la coca; al ser desplazados del territorio de las guyanas, la llevaron a la costa del pacífico,

Los incas le atribuyeron propiedades sedativas, afrodisiacas, y sobrenaturales, rodeándola de misticismo y brujería. El mito suponía que el dios Inti creó la coca para aliviar el hambre y la sed de los incas, que se creían descendientes de los dioses. Preferentemente, era distribuida entre la clase privilegiada, y después a los guerreros, artesanos y cargadores.

Ya desde 1507, Américo Vesputio mencionó el hábito de la coca adicionada con polvo de cal para intensificar sus efectos. Al reconocer los europeos que los nativos podían trabajar largas horas sin comer o beber cuando masticaban coca, se la aprobó como necesaria para el bienestar de los indios en un decreto de Felipe II.

En el siglo XVI, las hojas de coca fueron transportadas a Europa, junto con la de tabaco; sin embargo, como al secarse pierden su potencia, al llegar al viejo continente no fueron aceptadas, a pesar de las descripciones sobre sus efectos cuando se masticaban frescas, entre las cuales la más efusiva es la de Don Felipe Guamán Poma de Ayala, en 1613. Si hubiera descubierto sus efectos, quizás las costumbres de la sociedad europea fueran diferentes.

No fue sino hasta el siglo XIX cuando un químico alemán, Friedrich Gaedecke, separó el alcaloide de la cocaína de las hojas de coca, en 1855. En 1859, Albert Niemann observó que el polvo de la cocaína tenía un sabor amargo y al probarlo notó que se adormecía la lengua. Por separado, en 1862 Morena y Maiz notó la anestesia en los labios y la lengua al masticar hojas de coca con potasa; Vassili Von Anrep la inyectó subcutáneamente, notando que adormecía la piel de uno de sus alumnos; mas tarde Sigmund Freud se interesó en la droga por sus efectos estimulantes. Pero le tocó a Car Köller , en 1884, la distinción de describir sus efectos como anestésico local en la conjuntiva, reconociendo las implicaciones clínicas de su descubrimiento al llevar a cabo observaciones en sí mismo. En el proceso de demostrar su acción bloqueadora sobre los troncos nerviosos, el famoso cirujano William Halstead adquirió su adicción a la cocaína en 1890.

### **1.1.3.2 Los mayas**

La cultura maya, que se extiende desde el sur de México y la península del Yucatán hasta Centroamérica, no obstante que dejó una abundante evidencia de sus adelantos en astronomía, matemáticas y escritura ofrece escasas pruebas de los conocimientos médico, con excepción de que eran ejercidos por sacerdotes. Se han encontrado retablos que enseñan trépanos de cráneo en diferentes sitios.

### **1.1.3.3 Mesoamérica.**

De los aztecas y las otras culturas que habitaron lo que comprende ahora Mesoamérica, se sabe que usaban algunos hongos con propiedades sedantes y alucinógenas, como el teonácatl ( mezcla de varios hongos), el tlápatl y el peyote, ya sea como medicamentos o para permitirles hacer algunas intervenciones y reparar heridas. El tuluache es una planta que contiene atropina e hiosciamina, y que puede producir sueño y alteraciones de la conducta.

La intoxicación alcohólica fue un recurso usado para atenuar el dolor de diversa índole. Una variedad de bebidas se obtenían de la fermentación de tunas, pitahayas, mezquites, saúco y maíz. Quizás la bebida más utilizada y celebrada es el pulque, que se obtiene después de la fermentación de la aguamiel proveniente del árbol de maguey.

Es de destacar que en unos retablos encontrados en la zona arqueológica de monte albán ( Oaxaca), los relieves que al principio se creyeron que representaban danzantes, se han identificado recientemente como retablos anatómicos, que mostraban deformidades congénitas, órganos internos, y hasta una operación cesárea. Tales hallazgos han motivado la elucubración de que en ese sitio entre e siglo IX y XII existió una institución en la que se instruía en las artes curativas, o sea se trataría de la primera escuela de medicina en Mesoamérica.

### **1.1.3.4 Los Karib.**

Distribuidos en las áreas del norte de Venezuela, Colombia, Guayanas, Brasil, así como en las islas del mar Caribe y de América Central, los Karib se asocian al uso de

curare como veneno aplicado a sus flechas. Varios relatos históricos se han escrito al respecto, generalmente atribuyendo a Sir Walter Raleigh la primera descripción de la raíz tupara de la planta *Strychnos toxifera* y su producto el urari, que eventualmente se denominó curare. La obra de Raleigh se tituló *El descubrimiento del grande, rico y bello imperio de Guaiana*, publicada en 1595. Sin embargo a manera de aclaración hay que señalar que fueron los conquistadores españoles los primeros que llevaron al viejo mundo la noticia sobre la preparación y el uso del curare por los indígenas de la Bahía de Urabé.

#### **1.1.3.5 Otros núcleos de población.**

Los Kogi de la sierra nevada, localizada en Colombia, usaron el pororo y la coca. Los Chibchas aplicaban el yoco como "hierba de la adivinación" y el llamado "borrachero", semejante al toluache, que se daba a las esposas y gentes de servicio que se enterraban vivas, a la muerte de un cacique.

En el área del río Amazonas y Orinoco, el yopo (piptaderia peregrina) y el yage (*Banipsteriosis caapi*) se administraban como un rapé que hacía perder la conciencia. Los Cunas hacían una poción que incluían semillas de datura (*Datura Arborea*) junto con chicha, dándosela a menores de edad. El tabaco y el cacao también se mezclaban abundantemente en estas hierbas.

Los guaraníes que habitaban parte de Argentina y Uruguay usaban el urú-katí (*Catasetum ximbriatum*) como agente antiespasmódico; como analgésico, e burucuyá. En la región del Chaco, los guaycurúes usaban el chamico, el palán-palán y el cardo santo como analgésicos, mientras que los omaguacas del Noroeste empleaban el fruto del Cevíl como alucinógeno.

#### **1.1.4 Colonización Europea.**

Durante ésta época, ocurrió una mezcla peculiar entre los métodos de sedación y adormecimiento del dolor prevaletentes en el viejo continente, con la integración de algunas costumbres y remedios autóctonos.

El hielo y las mezclas refrigerantes se empleaban sobre todo en los lugares donde estaban disponibles. Hay también descripciones que refieren que en esa época se aplicó nuevamente la cicuta, el beleño y la belladona.

Posteriormente, y con justa razón, Sánchez Quintanar, de España escribió que antes de 1832 la anestesia no se conocía sino como una enfermedad, ocupando una casilla en la nosología con el nombre de " Parálisis de la sensibilidad", con debates apasionados sobre varios métodos, especialmente el uso de preparaciones opioides, las cuales eran frecuentemente condenadas por sus efectos secundarios, por lo general causados por la falta de metodología en su fabricación, posología e irregularidad de administración. A tal grado llegó la ignominia que se consideró como una doctrina aceptable el sufrimiento del dolor y la tortura soportados por los enfermos que tenían que ser sometidos a cualquier procedimiento operatorio. Sin embargo la necesidad de proveer alivio a estos infelices pacientes era patente. En ésta atmósfera, altamente cargada con los descubrimientos químicos que estaban por culminar, atizada por el sufrimiento constante del dolor, y en continua combustión por los intentos de la investigación experimental y clínica, a mediados del siglo XIX , el foro estaba listo para que la anestesia, como arte y ciencia apareciera en el teatro de la medicina. Los eventos que precedieron y siguieron a la primera demostración de la anestesia Etérea en Boston, el 16 de octubre de 1846, son enlistados cronológicamente a continuación.

### 1.1.5 Cronología De La Anestesia Inhalatoria

1540 Descubrimiento del éter sulfúrico por Valerius Cordus

1669 Bécker describió el Etileno; Igenhouz lo preparó en 1779. En 1923 Luckhardt, después de estudiar los efectos en plantas y animales, se anestesió a sí mismo con etileno y después persuadió a Isabella Herb para que lo usara en pacientes quirúrgicos.

1800. Después de encontrar métodos para purificar el óxido Nitroso Humphry Davy señala por primera vez que su mezcla con aire permite una inhalación más prolongada y previene que sus efectos al prevenir el dolor físico podrían ser utilizados en operaciones quirúrgicas.

1818. Michael Faraday asemeja los efectos hipnóticos del éter por los producidos por el  $N_2O$ .
1831. Casi simultáneamente, Samuel Guthrie, Eugene Souberrain y Justus Voisier descubrieron el clorofolmo.
1846. La primera demostración pública y premeditada con anestesia fue hecha por William Morton en el Hospital General de Massachusetts de Boston. Se anestesió a Gilbert Abbott para extraerle un tumor del cuello. La operación fue un éxito, publicada el 18 de octubre y transmitida al mundo.
1847. La primera administración de un anestésico por inhalación en un conflicto bélico fue en la guerra México- americana en la ciudad de Veracruz, donde el cirujano John Porter de las fuerzas de Winfield Scott, reportó el caso de un soldado herido en la pierna por una bala de cañón que tuvo una amputación de la misma. El efecto del éter sulfúrico resultó en vómitos, hemotipsis, palidez, lividez y pulso lento. Se le dio aire fresco y se le echó agua fría en la cara y después se recuperó.
1847. James y Simpson, Jefe de obstetricia en Edimburgo, introdujo el éter con anestesia en su especialidad, no obstante la gran oposición de conservadores y religiosos, que favorecían el dolor del parto como mandato divino.
1849. La controversia sobre la aplicación anestésica del éter tomó un matiz sombrío cuando Morton trató de obtener una patente. El químico Charles J. Jackson quien había sido consultado por Morton y le sugirió usar el éter sulfúrico disputó la originalidad del descubrimiento a este último. Crawford W. Long también intervino en la contienda, restándole brillo a la anestesia como avance de la medicina y beneficio de la humanidad.

1882. El ciclopropano fue preparado por Freund. En 1928 Lucas anestesió a gatos y, después de haberlo sugerido a Henderson, R.M. Waters y Rovenstine hicieron las primeras observaciones clínicas en 1930.
1887. La importancia del efecto de concentración y su relación con la profundidad de la anestesia, fue investigada por Paul Bert, un alumno de Claude Bernard, quien hizo notar la necesidad de mezclar oxígeno con óxido nitroso.
1889. Para favorecer la vaporización del éter Antonio Morales Pérez de España ideó un aparato para calentar continuamente el recipiente del mismo.
1908. Ombrédanne diseñó un aparato para vaporizar éter y otros anestésicos volátiles, que fue usado en casi toda Latinoamérica durante casi medio siglo.
1914. La absorción de  $\text{CO}_2$  por la cal sodada es propuesta y demostrada por Dennis E. Jackson, abriendo así el camino para que en 1923 Ralph Waters lo aplicara en anestesia clínica, primero en el sistema to-and-fro, y después en el circuito cerrado.
1934. José Delorme probablemente presentó el primer aparato de anestesia fabricado en América Latina (Argentina) capaz de vaporizar éter, cloroformo y cloruro de etilo con conexiones para  $\text{O}_2$  y  $\text{CO}_2$ .
1940. La fluorinización de hidrocarburos se inició por los estudios de B.H. Robbins; posteriormente Krantz, trabajaron en el fluoroxeno en 1953. Simultáneamente en Inglaterra, Ravenstos y Suckling lo hacían con el Halotano. El metoxiflurano fue investigado por Artusio, que también trabajó en el teflurano, el cual al igual del halopropano fue descartado por ser arritmogénico.

1952. La vaporización precisa de anestésicos volátiles es posible gracias al uso del vaporizador en marmita de cobre (Copper Kettle) , diseñado por Lucien Morris.
1961. Se introduce el concepto de concentración alveolar mínima(MAC) como base de la dosis comparativa que se requiere para producir anestesia quirúrgica.
1962. Se sintetiza el enflurano .
1965. Se sintetiza el isómero Isoflurano.
1966. G. Corssen y E. F. Domino, y R. W. Virtue produjeron anestesia disociativa en humanos con ketamina.
1966. Primer uso clínico del enflurano.
1966. J. Antonio Aldrete midió por primera vez la presión arterial canulando una arteria radial.
1967. José Usubiaga, Lilia Usubiaga y Jaime Wikinski, de Buenos Aires, trataron efectivamente la cefalea postpunción dural con 60 ml de solución salina, cuantificaron el paso de anestésicos locales a través de la placenta y del espacio epidural al intratecal y determinaron la acción de este tipo de drogas sobre la placa neuromuscular. Además, Usubiaga llevó a cabo la revisión más completa de su tiempo de las complicaciones neurológicas de los bloqueos raquídeos y peridurales (publicada después de su fallecimiento en 1971).
1967. La anestesia transcutánea de la laringe (inyectando anestésico local a través de la membrana cricotiroidea y bloqueando bilateralmente el nervio laríngeo superior) fue descrita por J. A. Aldrete.
1967. Schulman y Sandoval realizan estudios sobre el norflurano.

1968. Se funda la Sociedad Académica de Presidentes de Anestesia.
1968. Takman sintetiza la etidocaína.
1969. Usando pruebas intradérmicas, J. A. Aldrete describió el primer caso de alergia al metilparabeno, usado en los anestésicos locales como preservativo y responsable de la mayoría de las reacciones alérgicas atribuidas a ellos.
1970. J. A. Aldrete y S. Kublick propusieron la escala de recuperación postanestésica que eventualmente llegó a ser el criterio internacional de evaluación del paciente postquirúrgico.
1971. J. A. Aldrete combina diazepam y pentazocina, como suplemento de la anestesia regional.
1972. Se utiliza en clínica el enflurano.
1973. Se publica por primera vez la revista Critical Care Medicine.
1975. El Dr. Francisco García López, en México, usa macrodosis de fentanyl para anestesia pediátrica.
1976. El Dr. Vicente García Olivera funda la primera Clínica de Dolor en el Hospital General de México.
1980. Se crea la carrera de tecnología en Anestesiología en la Universidad de El Salvador.
1980. La FDA aprueba el uso en los Estados Unidos del isoflurano. Los estudios clínicos de este halogenado habían iniciado desde 1970, pero tardó en salir al mercado por los reportes de carcinogénesis que se habían obtenido de él.

1981. Se utiliza en clínica el isoflurano.
1981. Los efectos protectores de la fenilhidantoína contra la hipoxia cerebral fue demostrada en animales y humanos por J. A. Aldrete, F. Romo Salas y VDB Mazzia en 1981.
1985. Se establece la Fundación de Seguridad Anestésica para el Paciente.
1986. Se establece la Fundación para la Educación y la Investigación en Anestesia.
1989. Se utiliza en clínica el propofol.
1989. J. Barrios-Alarcon, de Sao Paulo, y J. A. Aldrete demostraron en 1989 que el dextranso 40 por vía peridural alivia la cefalea postpunción dural.
1990. El Dr. Ricardo Plancarte popularizó el bloqueo del ganglio hipogástrico superior para el tratamiento del dolor pélvico. En 1991, describió el bloqueo del ganglio impar o de Wharton.
1992. Se utiliza en clínica el desflurano.
1997. se crea la carrera de Licenciatura en anestesiología en la Universidad de El Salvador

#### **1.1.6 Cronología De La Anestesia Endovenosa.**

1903. Se descubre el ácido dietilbarbitúrico y en 1911 se descubre el primer barbitúrico anestésico endovenoso.
1905. Krakov, en Rusia Inyectó henodal por vía intravenosa y, en 1909, Brurckhardt popularizó la aplicación de éter y cloroformo por la misma ruta.

1911. Se propone el concepto de la *anociasociación* que incluía dosis pequeñas de varias drogas para evitar sus efectos secundarios, combinado con anestesia local; se creó así un método precursor para la anestesia balanceada.
1928. Se anestesia al primer paciente por vía intravenosa usando alcohol. La academia Mexicana de medicina critica y condena el método, por la supuesta incidencia de flebitis y algunas lesiones renales.
1929. Kirschner describió el tribrometanoI como anestésico endovenoso.  
Se usa el amirbarbital como anestésico intravenoso.
1934. Se introduce el tiopental en la anestesia clínica .
1942. J. Lundy describe el uso de la procaína por vía endovenosa como coadyuvante para la anestesia general.
1950. Se propone el término narcosis-relajación analgesia como técnica anestésica.
1952. Laborit introduce el método de combinar un anestésico fuerte con dos tranquilizantes ( Coctel lítico ), con el propósito de producir la hibernación artificial.
1957. Se administra por primera vez a un paciente metohexital.
1963. Se sintetiza la Ketamina.

### 1.1.7 Cronología De La Anestesia Regional

1866. Pacífico Pereira reportó que con anestesia local, aplicando éter sobre la mucosa oral podía hacer operaciones pequeñas.

1885. Se produce anestesia epidural al inyectar cocaína entre las apófisis espinosas de las vértebras dorsales.
1900. Se practica la alcoholización de nervios periféricos para eliminar el dolor.
1904. Se sintetiza la procaína.
1908. Se introduce la anestesia regional endovenosa usando procaína.
1911. Se investiga la aplicación de anestésicos opiáceos por vía arterial, notando que era menos tóxico cuando se aplicaba por vía arterial que por vía venosa.
1943. Un nuevo grupo de compuestos , menos tóxicos, con acción anestésica local, fue iniciado con la introducción de la lidocaína .
1950. Se usó la lidocaína para revertir la fibrilación ventricular en el laboratorio de cateterismos.
1973. Se demuestra la existencia y función de receptores específicos a los opiáceos fue demostrada por Snyder; eventualmente, tal concepto llevó al uso de narcóticos en los espacios epidural y subaracnoideo.
1975. La Dra. Estela Melman Sztein y colaboradores presentaron su extensa experiencia con la anestesia caudal en recién nacidos e infantes, una técnica que hoy en día es utilizada universalmente.
1975. Se inicia la evaluación en anestesiología durante el adiestramiento. Se funda la Sociedad Estadounidense de Anestesia Regional (American Society of Regional Anesthesia).
1976. Se publica por primera vez la revista Regional Anesthesia.

## 1.2 ANESTESIA, TIPOS Y TÉCNICAS ANESTÉSICAS.

Anestesia es el estado de ausencia de dolor y puede abarcar todo el cuerpo o sólo una parte.

En el sentido biológico narcosis significa depresión de la actividad del protoplasma celular y se refiere a células de todos los tipos. En el sentido clínico, el término significa depresión de la actividad neuronal, caracterizada por hipnosis profunda o por anestesia.

Sin embargo, el diccionario define la palabra narcosis como un estado de estupor producido por ciertos agentes químicos y físicos, y el mismo define la palabra anestesia como la pérdida total o parcial de la sensibilidad, con o sin pérdida del conocimiento, debida a una lesión o enfermedad, o producida por la administración de una o más drogas. Sobre la base de las definiciones señaladas, narcosis y anestesia se emplean como términos intercambiables.

La principal característica de las drogas anestésicas es la reversibilidad de su acción; es decir: las células regresan a su estado normal cuando el anestésico abandona o sale de la célula.

La Analgesia es un objetivo de gran importancia en aquellos casos en que el paciente presenta dolor en el período preoperatorio. Es importante recordar que el dolor aumenta el metabolismo, impide que el paciente tenga un sueño tranquilo y exagera la ansiedad.

Cuando el paciente está totalmente anestesiado y permanece inconsciente se dice que se encuentra bajo anestesia general, la cual puede inducirse por una inyección intravenosa o con la inhalación de un gas o vapor.

Cuando algunos procesos quirúrgicos así lo requieren se utilizan ciertos medicamentos conocidos como relajantes musculares, los músculos deben estar relajados de tal modo que el cirujano pueda operar libremente, pero éstos relajantes también paralizan el músculo respiratorio, es por ello que se requiere ventilación mecánica.

La anestesia inhalatoria se puede aplicar por intubación o por mascarilla, depende del tiempo que lleve el procedimiento, si dura poco se usa mascarilla. Obviamente cuando se utiliza anestesia por mascarilla no se pueden usar relajantes musculares.

La definición de anestesia regional es: *la abolición de los impulsos dolorosos de una región del organismo, producida por la interrupción reversible de la conducción nerviosa, mediante la inyección de una solución anestésica o la acción de agentes físicos como el frío o la presión.*

Cuando sólo una parte del cuerpo se adormece se trata de anestesia regional, de la cual hay muchas variedades: local, raquídea, epidural y bloqueos intravenosos. A menudo se combinan ambas y se conoce con el nombre de Anestesia Balanceada.

De acuerdo a la zona topográfica donde se deposita el anestésico local, la anestesia regional se clasifica en:

Central y Periférica. En ésta no hay pérdida de la conciencia. Un principio de la local es que mientras más cerca es inyectado el anestésico a la salida del nervio del cordón espinal, más grande es la extensión bloqueada.

Los anestésicos locales son drogas que tienen la propiedad de producir una pérdida de la sensibilidad en un área específica del cuerpo, por inhibición de los procesos de conducción en los tejidos nerviosos periféricos. La forma en que lo hace no es modificando los potenciales de reposo de las células, ni el umbral de excitación, sino que lo único que produce es una disminución en la velocidad de despolarización de la célula (impidiendo la entrada de sodio a la célula, es decir interfiriendo con la bomba sodio potasio que es la que hace a la célula despolarizarse al dejar entrar sodio y salir potasio), la cual impide a que la célula llegue al umbral de excitación; por lo tanto la célula no se despolariza, no se produce el potencial de acción y no se transmite el impulso nervioso.

En términos generales, en la práctica clínica sólo se utilizan aquellas sustancias que producen un estado transitorio pero completamente reversible de anestesia, aunque en ocasiones se administran agentes neurolíticos, como el alcohol o el fenol, cuando se desea un estado de anestesia permanente.

**Anestesia Espinal o Raquídea:** El agente es inyectado directamente en el fluido cerebro-espinal el cual circunda el cordón espinal, normalmente se utiliza un agente hipertónico es decir más denso que el fluido.

**Anestesia Peridural:** Este es otro método de bloqueo central. La anestesia peridural es una anestesia conductiva , producida por la inyección simple o continua de un anestésico local directamente en el espacio peridural o la vía intraespinal lumbar, torácica, o cervical, produciéndose principalmente bloqueo segmentario de las fibras nerviosas sensitivas raquídeas y simpáticas, con bloqueo parcial de las fibras motoras. Esta definición excluye el bloqueo caudal, sacro o transacro, los cuales también son inducidos por la inyección peridural de un agente anestésico local. Pero no por la vía interespinal. Actualmente existen varios términos que son sinónimos para designar este tipo de anestesia ( peridural, epidural, supradural, extradural), creados mediante una mezcla de palabras latinas y griegas. La duramadre es una membrana que rodea a la médula espinal. Los dos términos más usados son epidural y peridural. Epi y Peri son prefijos griegos que significan *encima de* y *alrededor* respectivamente.

**Infiltración local:** Mediante la inyección de un anestésico local directamente en la zona operatoria.

**Bloqueo de campo:** El campo operatorio se circunscribe con una barrera de anestésico local. Las fibras que inervan la región operatoria quedan bloqueadas al atravesar ésta barrera, y , por consiguiente, el área queda insensible.

**Bloqueo nervioso periférico:** Se realiza depositando un anestésico local en las proximidades de troncos nerviosos grandes. El bloqueo puede hacerse , tanto en un nervio periférico, como en el nervio femoral o en un plexo como el braquial.

Anestesia regional intravenosa: Se realiza mediante la inyección por vía endovenosa de un volumen considerable de solución anestésica diluida, en una extremidad que previamente se ha exsanguinado. Dicha solución queda aprisionada en la extremidad, mediante la colocación previa de un torniquete en la región proximal del miembro.

La duración de la anestesia es variable, los especialistas pueden hacer que se prolongue desde algunos minutos hasta muchas horas, de acuerdo a la extensión y tipo de cirugía. En la actualidad hay gran cantidad de drogas anestésicas útiles. Ninguna es menos segura que la otra, cada una tiene propiedades especiales que las hacen más adecuadas para una operación en particular o en determinados pacientes. Cuando el paciente se ha dormido, un agente analgésico le es dado en diferentes modos:

- Administrando una mezcla de  $O_2$  y  $N_2O$ .
- Administrando una mezcla con un agente volátil inhalatorio.
- Por medio de un agente dado intravenosamente.

Concentración alveolar mínima: La mínima concentración que un agente anestésico necesita para producir los efectos deseados (MAC).

MAC			
Anestésico	Halotane	Enflurane	isoflurano
100% de $O_2$	0.75	1.7	1.3
70% $N_2O$ 30% $O_2$	0.29	0.57	0.5

El paciente necesita someterse a varias pruebas antes de la operación. Estas pueden ser de laboratorio, de gases sanguíneos, de rayos X, etc. Asimismo, se le pueden administrar medicinas, colocar enemas, etc. También se efectúa el rasurado y lavado especial de la zona de operación como preparación preoperatoria de la región. Es probable que el enfermo reciba una inyección u otro medicamento antes de entrar a la sala de operaciones, lo que lo hará perder el miedo y sentirse tranquilo. Con

frecuencia, los fármacos le harán sentir la boca seca y también olvidar los eventos de las horas siguientes.

En las horas siguientes a la operación, los pacientes necesitan con frecuencia cuidados especiales, que son proporcionados en la sala de recuperación. Esa unidad cuenta con personal especializadas ( enfermeras especializadas en el cuidado de pacientes postoperatorios) y equipos de rehabilitación. Un paciente que no está debidamente recuperado del proceso de la anestesia no es recibido en la sala de recuperación, es decir que el anestesista después de la operación tiene que asegurarse que el paciente se encuentre en su estado consciente, antes de ser llevado a la recuperación.

La inconsciencia que provoca la anestesia termina poco después de la operación. Es probable que la persona no recuerde nada de la intervención y tengan que transcurrir varias horas para darse cuenta de que la operación concluyó. Ese período de amnesia es producido por los anestésicos y las drogas que se administraron antes y después de la cirugía a fin de evitar la aprensión y el dolor.

Los pacientes que serán intervenidos quirúrgicamente y obstétricos reciben ciertas medicinas y drogas durante su estadía en el hospital, algunas de las cuales causan náuseas y vómitos . Las drogas anestésicas también producen esas molestias en algunos pacientes. Sin embargo el organismo elimina en poco tiempo la mayoría de anestésicos y, por tanto, las náuseas y vómitos que ocasionan son temporales.

Hay diversas formas para administrar la anestesia, pasando un tubo a través de la nariz y la garganta hasta el estómago, donde permanece por algunas horas o días. En otras, durante la anestesia es necesario que el especialista inserte un tubo por la garganta , mediante el cual el paciente puede respirar con facilidad durante la operación.

Para que la anestesia sea más efectiva hay algunas recomendaciones:

1. El paciente no debe comer ni beber nada cuando menos ocho horas antes de la operación.

2. Que no tenga nada en la boca que pueda ser removible. Esto incluye dentaduras completas o parciales, goma de mascar, tabaco, etc.
3. Dejar todas las joyas invisibles para el cabello, peinetas, y otros accesorios con sus familiares o la enfermera.
4. Que no use lápiz labial, barniz de uñas, ni otros cosméticos al ir a la sala de operaciones.
5. Dar la mayor información posible, explicando los procesos para generar confianza.

### 1.2.1 Gases de transporte y anestésicos más utilizados:

**OXIDO NITROSO:** A causa de su baja solubilidad produce analgesia muy rápidamente, pero generalmente se necesitan altas concentraciones. Usando óxido nitroso como un gas de transporte con un agente volátil la concentración del agente puede ser mantenida baja. Tiene efecto despreciable sobre el corazón y la circulación.

El óxido nitroso es eliminado a través de los pulmones.

Dosis: La dosis de  $N_2O$  y  $O_2$  es variable. La concentración del  $O_2$  de tal muestra no debe ser inferior al 25-30%, dando una concentración del  $N_2O$  del 75 al 70%. Cuando el  $N_2O$  es usado como transporte las concentraciones frecuentemente usadas son de 40% de oxígeno y 60% de óxido nitroso. MAC en 100 % de  $O_2$  es de 1.1.

**HALOTANE:** Es un potente agente hipnótico( induce rápidamente al sueño) , pero tiene un débil efecto anestésico, por ello se usa más con  $O_2$  y  $N_2O$ . La anestesia es caracterizada por la caída de la presión arterial y tiende a la bradicardia, pudiendo aparecer algunas arritmias. Del 15 al 20% del anestésico es metabolizado por el hígado y eliminado en la orina en forma de ion fluoruro (alcanzando un 17.7% en ésta). El resto es eliminado por los pulmones.

Dosis: Durante la inducción debe de ser dado en pequeños incrementos y la concentración puede ser del 0% al 3%.

Las dosis de mantenimiento son:0.5 al 1.5%

ENFLURANE: Sus efectos son similares al Halotane, éste es menos soluble que el Halotane. Además tiene menos tendencias a las arritmias, es metabolizado en menor grado que el Halotane, un 2.4% es eliminado en la orina ( hígado) y el resto por los pulmones. Produce cambios no epilépticos en el EEG.

Dosis: Dado en pequeños incrementos en la inducción y varía de 0-3% en mezcla de O<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O al 40 y 60% respectivamente.

DESFLURANE: La eliminación se realiza por vía Pulmonar, hepática y renal. La naturaleza química del desflurano brinda estabilidad biológica, y sólo se puede recuperar en forma de productos metabólicos el 0.02% de una dosis inhalada (fluoroacetato). La biotransformación es de una décima parte de la del isoflurano.

La administración de concentraciones precisas (ml/min, no en porcentaje) se logra mediante empleo de un vaporizador calentado especial (eléctricamente calentado y bajo presurización) para generar vapor puro. Es menos potente que el isoflurano con un MAC en O<sub>2</sub> de 6% atm y de 2.8% atm con N<sub>2</sub>O. Posee baja solubilidad en sangre lo que lo hace rápido para la inducción de la anestesia.

Dosis : En adultos, algunos de los cuales habían recibido una medicación previa con opioides, se utilizó frecuentemente una concentración inicial de 3% de desflurane, aumentándola por incrementos de 0.5 a 1% cada 2 o 3 respiraciones. Concentraciones inhaladas de 4 a 11% inducen la anestesia quirúrgica en un plazo de 2 a 4 minutos. En los estudios clínicos se han utilizado dosis más altas, de hasta 15%. Dichas concentraciones de desflurane pueden provocar eventos indeseables en las vías respiratorias superiores. Después de la inducción en adultos con algún medicamento intravenoso como tiopental o propofol, la administración de desflurane puede iniciarse con aproximadamente 0.5-1 CAM, independientemente de que el gas portador sea oxígeno o una mezcla de óxido nitroso y oxígeno. El desflurane no se recomienda para inducir la anestesia general con una máscara en niños debido a la alta incidencia de laringoespasma, aumento de las secreciones, retención de la respiración y tos.

Dosis de mantenimiento de la anestesia: Es posible mantener niveles quirúrgicos de anestesia con concentraciones de 2 a 6% de desflurane, empleando óxido nitroso en forma concomitante. Puede ser necesario administrar este inhalado al 2.5%-8.5% cuando se utiliza con oxígeno o aire enriquecido con oxígeno. Aunque se han administrado concentraciones de desflurano de hasta el 18% durante períodos cortos, si se usan altas concentraciones con N<sub>2</sub>O, es importante asegurarse de que la mezcla inspirada contenga un mínimo de oxígeno del 25%. Si se necesita una mayor relajación, pueden utilizarse dosis adicionales de miorelajantes.

## METOXIFLURANO

La inducción y la recuperación de la anestesia son muy prolongados, por la alta solubilidad del metoxiflurano en la sangre y grasas. Posee potente acción analgésica. El metoxiflurano es similar al halotano en su acción cardiovascular, sin embargo no produce la liberación de catecolaminas circulantes, es decir, no sensibiliza al corazón a los efectos disríticos de la adrenalina. Se han registrado algunos casos de necrosis hepática por su uso. Hay pruebas de función renal alterada en el hombre con anestesia por este inhalado. Un hecho destacable es la oxaluria, que se supone deriva de la transformación metabólica del metoxiflurano. Propiedades anestésicas: La inducción es lenta y resulta esencial administrar de 2-3% de vapor de metoxiflurano unos minutos antes de la pérdida de la conciencia. La relajación muscular que produce es muy incompleta, por lo que hay que administrar relajantes musculares no despolarizantes. Uno de los principales inconvenientes del metoxiflurano es el lento tiempo de recuperación, que a menudo se asocia con amnesia, analgesia y vértigo. También produce náusea y vómito.

### 1.3 PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS Y EFECTOS FARMACOLÓGICOS DE LOS AGENTES INHALATORIOS.

#### 1.3.1 Sistema Respiratorio

Todos los agentes inhalatorios deprimen la ventilación pulmonar de manera dosis-dependiente. Lo que se traduce por la elevación excesiva de  $\text{PaCO}_2$  durante la respiración espontánea, en reposo. El halotano, el isoflurano y el enflurano son los depresores más potentes; el óxido nítrico y el éter etílico son los menos potentes, situándose el metoxiflurano en una posición intermedia.

Los agentes inhalatorios deprimen también de manera dosis-dependiente, la respuesta ventilatoria de la hipercapnia. El halotano, el enflurano y el óxido nítrico son los que más deprimen esta respuesta. Asimismo, la respuesta ventilatoria a la hipoxemia es deprimida por los agentes inhalatorios, siendo el halotano, el isoflurano, y el enflurano los depresores más potentes; el óxido nítrico es el menos potente y el éter etílico y el metoxiflurano ocupan una posición intermedia. Se debe señalar que el halotano disminuye la respuesta ventilatoria a la hipoxemia, inclusive en concentraciones extremadamente bajas, del orden de 0.05 al 0.10 MAC, en el aire al final de la espiración. Las concentraciones de ésta magnitud ocurren con frecuencia en el periodo postoperatorio inmediato en las salas de recuperación, lo que da una dimensión de la importancia del efecto farmacológico del halotano sobre la respiración. Así, después de una anestesia de larga duración con halotano, la porción de éste agente captada por los tejidos vuelve a la circulación y puede mantener niveles sanguíneos ( y alveolares) capaces de deprimir la ventilación.

Los individuos anestesiados con enflurano y mantenidos bajo respiración espontánea presentan valores de  $\text{PaCO}_2$  particularmente elevados: 61 torr a 1.0 MAC, 71 torr a 1.5 MAC, apnea a 2.0 MAC. A medida que transcurre la anestesia, se desarrolla algún mecanismo de adaptación, dado que con 5 a 6 horas de anestesia con enflurano ( 1.0 MAC ) , la  $\text{PaCO}_2$  baja hasta un nivel de 47torr.

Wahba analizó la depresión ventilatoria por el enflurano y concluyó que ella se debe básicamente a la reducción de la presión de oclusión intratraqueal y, consecuentemente, del flujo inspiratorio. No observó variación de la frecuencia

respiratoria, lo que sugiere un mecanismo periférico para la reducción de la ventilación: La fuerza de la musculatura de respiratoria estaría disminuída, lo que es acorde con el efecto curariforme ya demostrado por éste agente.

El enflurano, el halotano y el metoxiflurano, en concentraciones elevadas, son capaces de revertir la broncoconstricción inducida por la hipocapnia; este efecto persiste inclusive en bajas concentraciones para el halotano, pero no para los otros dos anestésicos. Por otro lado Hirscham y Bergman demostraron que el enflurano y el halotano son igualmente eficaces en la reducción del broncoespasmo en un modelo de asma experimental.

La disminución de la  $PaO_2$  en áreas localizadas del pulmón (hipoventilación regional) provoca vasoconstricción en el territorio de la circulación pulmonar correspondiente, lo que tiende a redistribuir el flujo sanguíneo hacia regiones normoventiladas, previniendo así el desarrollo de hipoxemia arterial. Este reflejo de vasoconstricción pulmonar a la hipoxia es deprimido por agentes inhalatorios como el halotano, el éter etílico y el óxido nítrico, en las condiciones clínicas usuales lo que puede contribuir al aumento del porcentaje del cortocircuito intrapulmonar durante la anestesia. En cambio, el metoxiflurano parece preservar el reflejo de vasoconstricción pulmonar a la hipoxia.

### 1.3.2 Sistema cardiovascular.

Los efectos farmacológicos de los anestésicos inhalatorios sobre el sistema cardiovascular son de máxima importancia, ya que puede alterar el equilibrio entre el consumo de oxígeno del miocardio ( $MVO_2$ ) y el aporte de oxígeno a éste órgano. Se sabe que el  $MVO_2$  depende fundamentalmente de 3 factores:

1. Tensión en la pared del miocardio;
2. Estado contráctil del miocardio;
3. Frecuencia cardíaca. La tensión en la pared del miocardio ( postcarga) a su vez es directamente proporcional al radio del ventrículo en el final de la diástole, a la presión aórtica y diastólica y al grosor de la pared ventricular.

El aporte de oxígeno al miocardio depende de los siguientes factores.

1. Flujo sanguíneo coronario.
2. Contenido de oxígeno en la sangre arterial y
3. Presión intramural del ventrículo.

Cada una de estas variables puede ser afectada de manera diversa por los anestésicos inhalatorios, de lo que resultan diferentes características para el balance entre la demanda y la oferta del oxígeno al miocardio.

Todos los anestésicos inhalatorios deprimen la función miocárdica a partir de alguna concentración inspirada, y de manera dosis-dependiente. Los anestésicos inhalatorios de mayor potencia como el halotano y el enflurano, son frecuentemente administrados en combinación con el óxido nitroso.

Con algunos anestésicos, como el éter etílico, el metoxiflurano, el isoflurano y el enflurano, la depresión de la función ventricular es contrabalanceada por la elevación de la frecuencia cardíaca, manteniendo el débito cardíaco dentro de los límites de la normalidad. A medida aumenta la dosis anestésica, esta compensación puede desaparecer.

El halotano, el enflurano, el isoflurano, y el metoxiflurano disminuyen la presión arterial media a manera dosis-dependiente. El éter etílico y el ciclopropano prácticamente no la alteran, inclusive en concentraciones elevadas.

Con la mayoría de anestésicos inhalatorios, la variación del débito cardíaco acompaña la alteración de la presión arterial. Así el halotano, el enflurano y el metoxiflurano deprimen el débito cardíaco, mientras el éter etílico y el ciclopropano no lo alteran. El isoflurano hace excepción a la regla, pues, a pesar de reducir la presión arterial, prácticamente no altera el débito cardíaco.

El enflurano y el isoflurano reducen la resistencia vascular sistémica de manera dosis-dependiente, siendo uno de los mecanismos que explican la vasodilatación de la musculatura esquelética. El éter etílico y el halotano prácticamente no alteran la resistencia vascular sistémica. El ciclopropano es el único agente inhalatorio que aumenta la resistencia vascular sistémica.

### 1.3.3 Sistema nervioso central.

Como puede desprender de la propia definición de concentración alveolar mínima(MAC) los anestésicos inhalatorios administrados a la concentración de 1.0 MAC producen esencialmente el bloqueo de la respuesta motora-refleja medular del dolor, asociado a la pérdida de conciencia. Sin embargo, la intensidad de la analgesia obtenida no se correlaciona de manera perfecta con la MAC. Así, anestésicos como el óxido nitroso, el éter etílico y el metoxiflurano, con efecto primario sobre la corteza sensorial y la transmisión sensorial en la médula, producen analgesia en dosis inferiores a 1.0 MAC y pueden, por tanto, ser utilizados como analgésicos en concentraciones subanestésicas.

En cambio, el halotano, el isoflurano, y el enflurano, fármacos esencialmente hipnóticos y sin acción primaria sobre las áreas sensoriales, sólo bloquean la percepción dolorosa en concentraciones superiores a 1.0 MAC, las cuales producen una desorganización universal y progresiva del SNC (Sistema Nervioso Central):

Abolición de la conciencia, analgesia, bloqueo de la percepción sensorial, hiporreflexia, disminución progresiva de la actividad motora y depresión de los mecanismos de control de las funciones vegetativas al nivel del sistema activador reticular.

### 1.3.4 Anestésicos narcóticos

Siendo la analgesia uno de los componentes fundamentales del acto anestésico, se han ensayado y utilizado a lo largo de los tiempos muy diversas drogas, administradas por diferentes vías, para conseguir y garantizar al paciente el nivel de analgesia necesario para que el dolor consciente o inconscientemente integrado a nivel del sistema nervioso central, fuese totalmente eliminado, bloqueándolo a uno u otro nivel del organismo por los instrumentos y maniobras de cirugía.

Preconizando la utilización preferencial de la vía intravenosa para alcanzar de forma rápida, eficaz y duradera la profundidad analgésica necesaria para impedir la puesta en marcha de la respuesta neuroendocrina a la agresión quirúrgica, se han utilizado

también drogas con actividad protectora neurovegetativa. Se han reunido en los siguientes grupos:

1. Derivados del opio o analgésicos narcóticos:
  - a. naturales.
  - b. Semisintéticos
  - c. Sintéticos.
  
2. Analgésicos antitérmicos o analgésicos no narcóticos.
  
3. Analgésicos no incluidos dentro de los grupos anteriores.

# **CAPÍTULO 2**

## **La máquina de anestesia**

## **La máquina de Anestesia .Introducción.**

En éste capítulo se hablará acerca de la máquina de anestesia, su funcionamiento y las partes más importantes que la componen. Para efectos didácticos se estudiará y se analizará una máquina con 2 gases (  $O_2$  y  $N_2O$  ).

La máquina de anestesia se puede definir como un equipo programado para dispensar y distribuir gases analgésicos y vapores en el sistema de aspiración, creando con esto un estado de inconsciencia en el que hay ausencia de la sensación de dolor.

Como todos los agentes anestésicos pueden ser considerados como sustancias tóxicas, es necesario el uso de un equipo que proporcione gradual y programadamente estos agentes y así administrar lo estrictamente necesario.

### **2.1 FUNCIONAMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA DE ANESTESIA.**

Básicamente una máquina de anestesia está compuesta por un sistema de válvulas neumáticas a la entrada del sistema tanto para oxígeno y óxido nitroso, el oxígeno como el oxido son las principales fuerzas motriz de la máquina , un juego de flujómetros, de oxígeno y óxido nitroso, vaporizadores calibrados, sistema de válvulas de seguridad, sistema absorbedor y un gabinete. Como accesorio la máquina puede contar con monitoreo y ventilación mecánica.

Una máquina de anestesia básica de dos gases (oxígeno y óxido nitroso), es realmente una estructura compleja que tiene más de 700 partes individuales , integradas precisamente para actuar como una sola unidad. Está construida y configurada para obedecer a las leyes físicas, químicas y mecánicas, mientras provee a cada componente o grupo de partes especializadas la cantidad correcta de gas al tiempo preciso y a la presión adecuada, es así como una mezcla de anestésicos puede ser administrada.

### 2.1.1 Diagrama de una máquina de anestesia de un modelo básico de enseñanza a dos gases.

A continuación se tiene el diagrama de una máquina de anestesia con sus partes más importantes rotuladas, así como una codificación de colores para identificar el gas o la mezcla de éstos que pasa por cada sección.

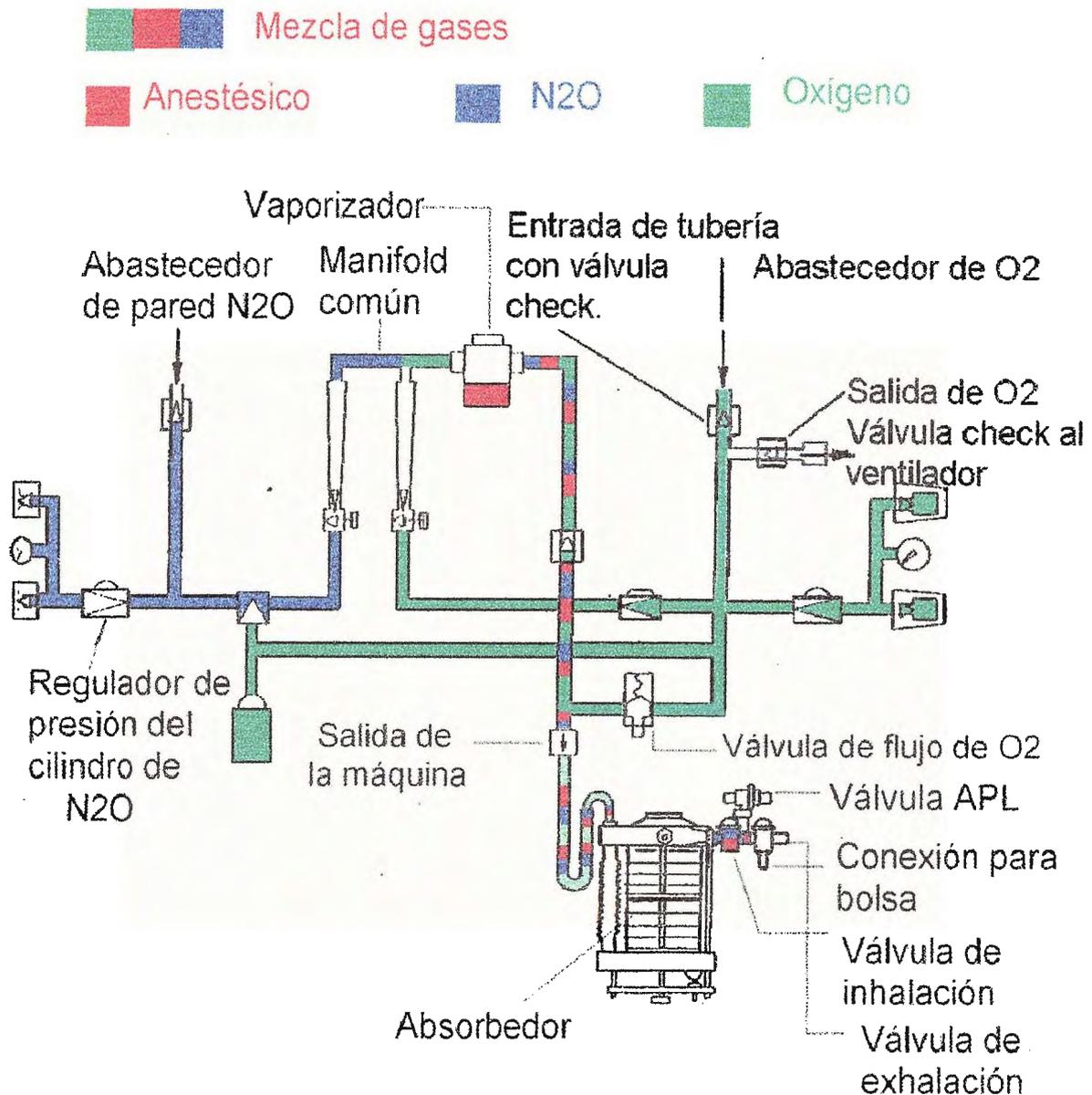


Figura 2-1

Una manera razonable de estudiar estos principios y caminos es imaginar que una legión de moléculas de oxígeno entran a la máquina de anestesia por el conducto entrada de una válvula check. Si se observa la figura 2-2 se verán las líneas aerodinámicas del sistema de conductos en un modelo básico de enseñanza a dos gases. Note en el diagrama los lugares donde los gases pueden entrar a la máquina o ventilador.

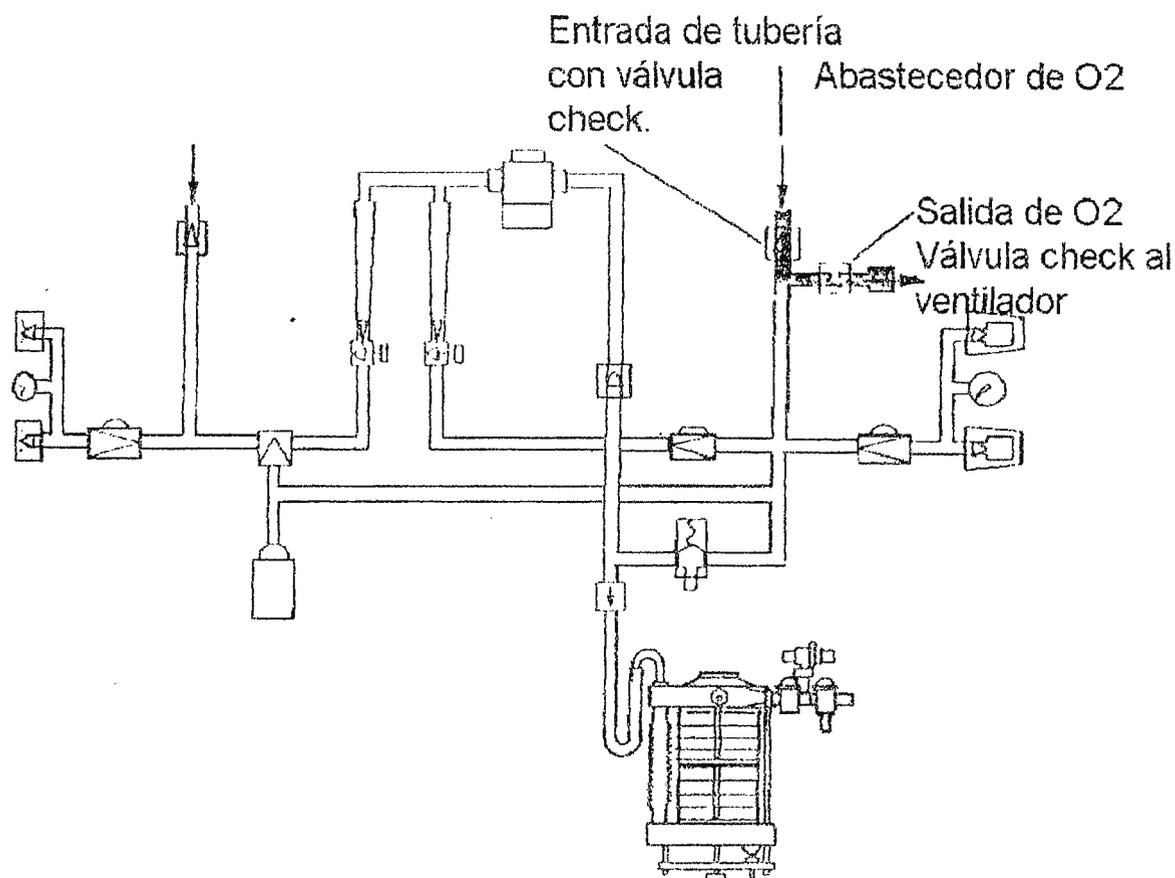
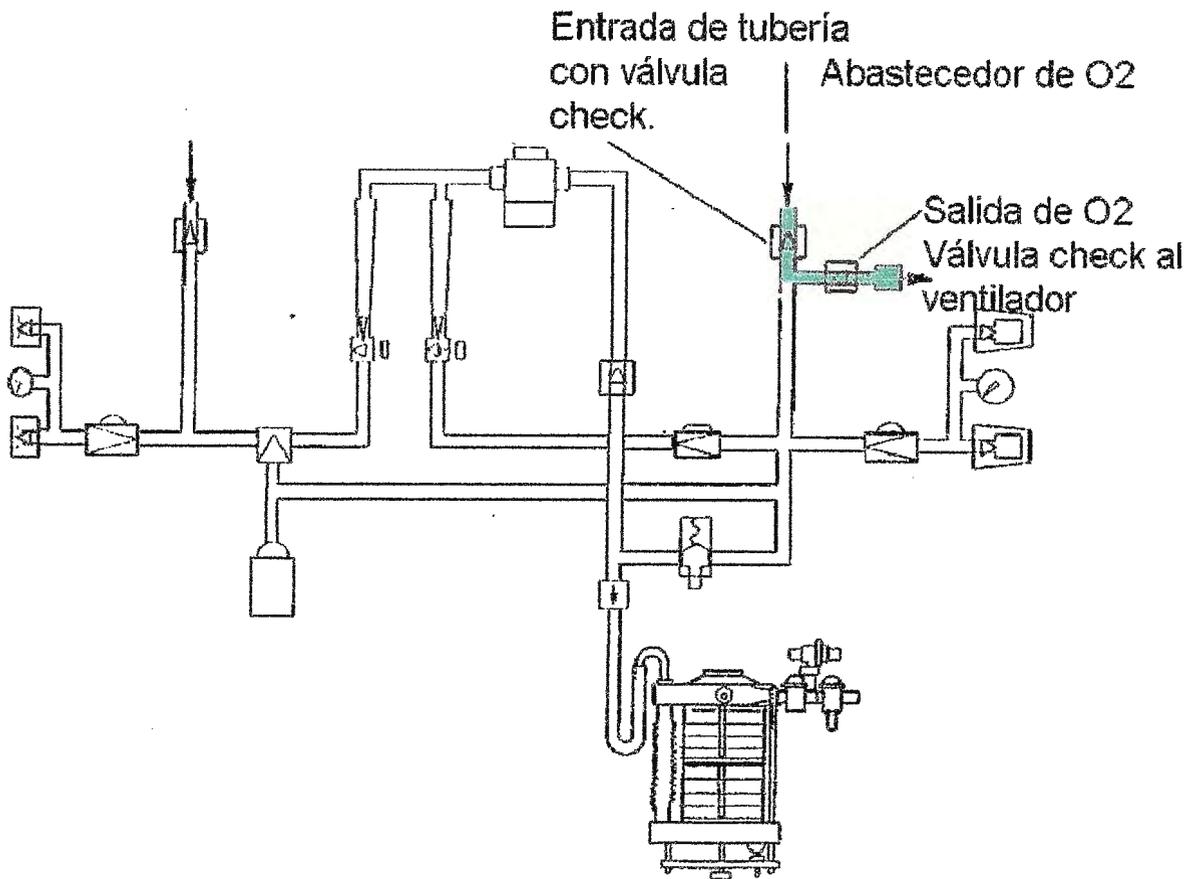


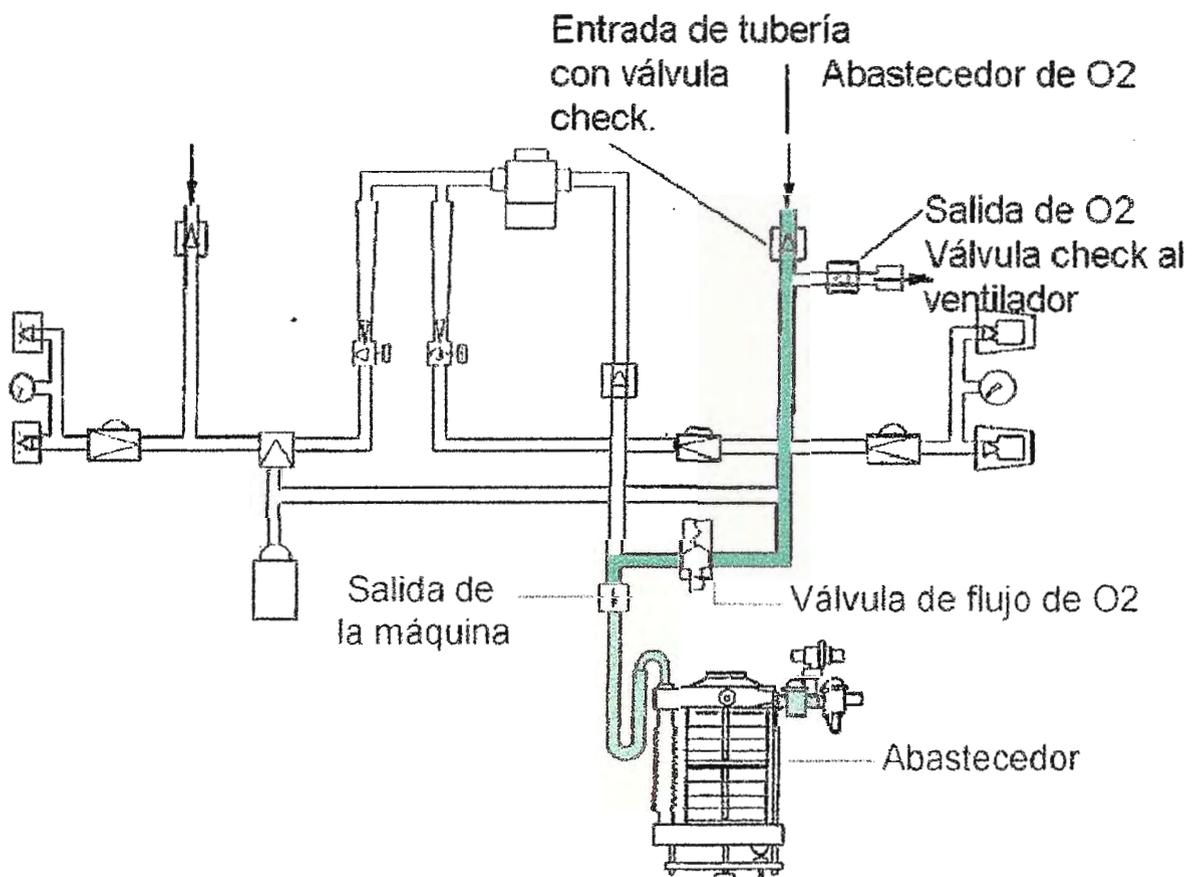
Figura 2-2  
Entrada de oxígeno a la máquina

Las moléculas de oxígeno ( el paso verde) llegan por la entrada de la máquina que viene del abastecimiento del hospital a una presión aproximada de 50psi. Una vez dentro estas moléculas tienen cinco funciones inmediatas. Su primer trabajo es dar presión al accesorio de poder de salida (opcional) , el lugar donde el ventilador debe ser conectado. Esto es mostrado en la figura 2-3 . Aquí estas moléculas esperan listas a la presión de 50psi de tal manera que cuando el ventilador es conectado, el poder neumático para operar el ventilador está disponible.



**Figura 2-3**  
**Conexión a accesorio**

Al mismo tiempo esta presión de oxígeno viaja a la entrada de la máquina para proveer presión a la válvula de flujo de oxígeno. Esto significa que tan pronto el oxígeno sea conectado a la máquina, uno puede presionar la válvula de flujo de oxígeno y dar oxígeno al circuito del paciente, pasando en su curso hacia la salida de la máquina. El flujo proporcionado cuando la válvula es abierta manualmente, está en el rango de 35-37 litros por minuto. Como se muestra en la figura 2-4.



**Figura 2-4**

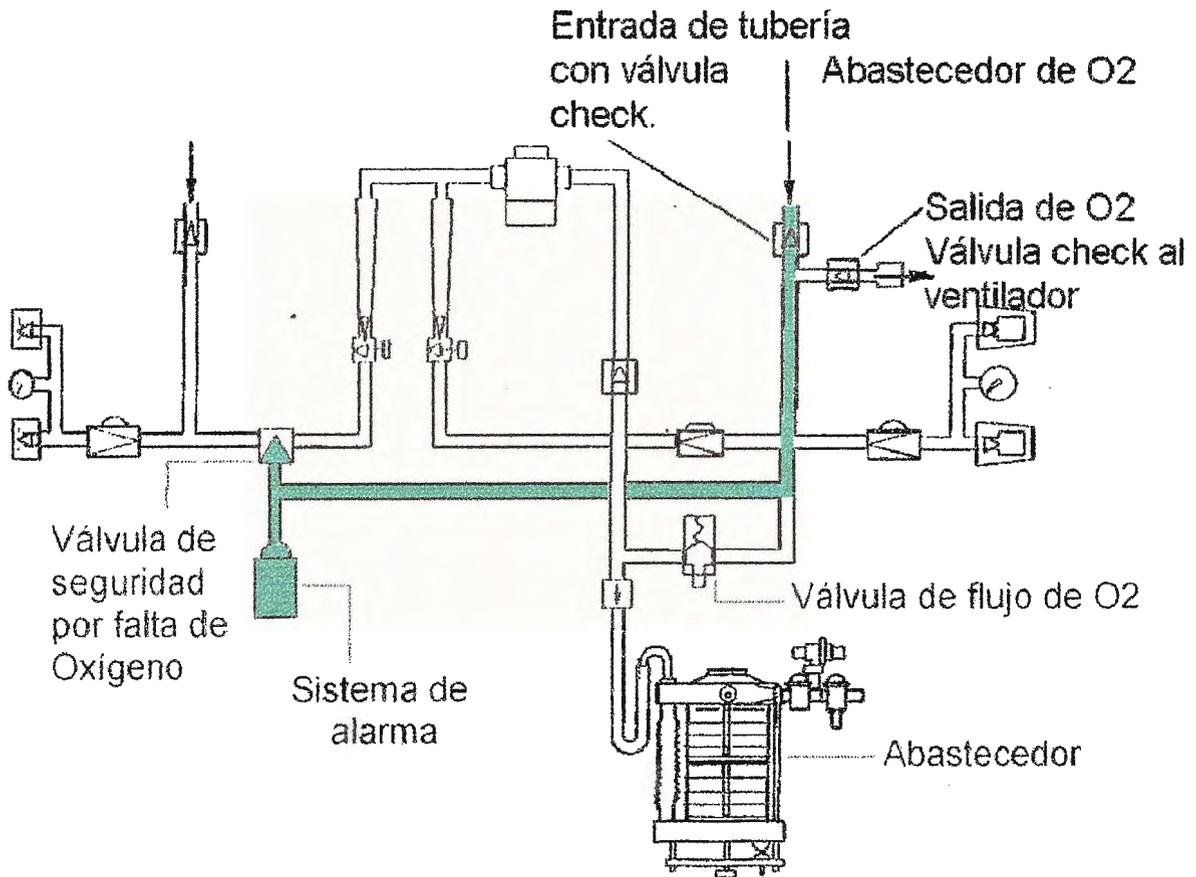
Válvula Flush

A parte de dar presión al poder de salida y a la válvula de flujo, esta presión de moléculas también sirve para abrir la válvula sensora de presión de cierre de  $O_2$ , como es mostrada en la figura 2-5.

Este es el lugar en el diagrama (y en el sistema de la máquina) donde una clase particular de protección es proveída: Un mecanismo sensor de presión de oxígeno. Esta válvula sensora se ubica en línea entre el abastecedor de óxido nitroso. Cuando el oxígeno es enviado a la máquina a 50psi, esta válvula sensora de la ausencia de oxígeno se mantiene abierta para permitir que el óxido nitroso sea conducido al flujómetro. Esta válvula permanecerá abierta, mientras la presión del oxígeno se mantenga arriba de los 25psi; si la presión del oxígeno cae por debajo de éste valor, la válvula de apagado se cierra y detiene el flujo de óxido nitroso. Aun si ésta válvula es esencial, no hay manera de advertir al anestesista que ha sido apagado el flujo de óxido nitroso, excepto por una observación visual que el flujo de óxido nitroso cae en el flujómetro. Sin embargo, si está presente en la máquina una alarma de falla del suministro de oxígeno, lo que provee una advertencia.

Este sistema de alarma está adyacente a la válvula de apagado y también es mostrado en la figura 2-5. Contiene una reserva que es llenada con oxígeno a presión de 50psi; cuando la presión del oxígeno cae por debajo de un valor predeterminado (28psi), esta alarma es activada. Suena una fuerte señal o un sonido para avisar al anestesista que la presión de oxígeno en la máquina está decreciendo.

Ya sea que el sonido sea prolongado o momentáneo es un indicador de la necesidad de restablecer un adecuado abastecedor de oxígeno. La puesta de la alarma es tal que el sonido empezará antes que la presión del oxígeno haya caído a 25psi, que es la presión a la cual el flujo de óxido nitroso cesará.



**Figura 2-5**  
Sistema de alarma

De los 5 caminos inmediatos que las moléculas de oxígeno siguen, uno sirve para que éste activen la máquina, la última es la segunda etapa reguladora. Una vez que el oxígeno ha pasado la segunda etapa reguladora, su presión es reducida a 16psi. En la figura 2-6 se muestra el curso desde la fuente de suministro de gases hasta la etapa reguladora, y en la válvula de control de flujo, al flujómetro.

Es importante notar que la presión de oxígeno llevada desde el suministro de la pared está usualmente a 50 psi, pero no siempre es así pues existen fluctuaciones basadas en la demanda del hospital en particular: No se consume la misma cantidad de oxígeno a las 5 a.m. que a las 12 del mediodía.

En una máquina de anestesia que no tiene una etapa reguladora, el flujómetro reflejará las fluctuaciones del suministro de la pared, y el anestesista requerirá reajustar el control de la válvula de flujo en cualquier momento que la presión cambia. El segundo regulador elimina este efecto al mantener una presión constante de 16psi. Esto asegura que el oxígeno que va al paciente es el último flujo de gas en cesar si una falla de éste tipo ocurre.

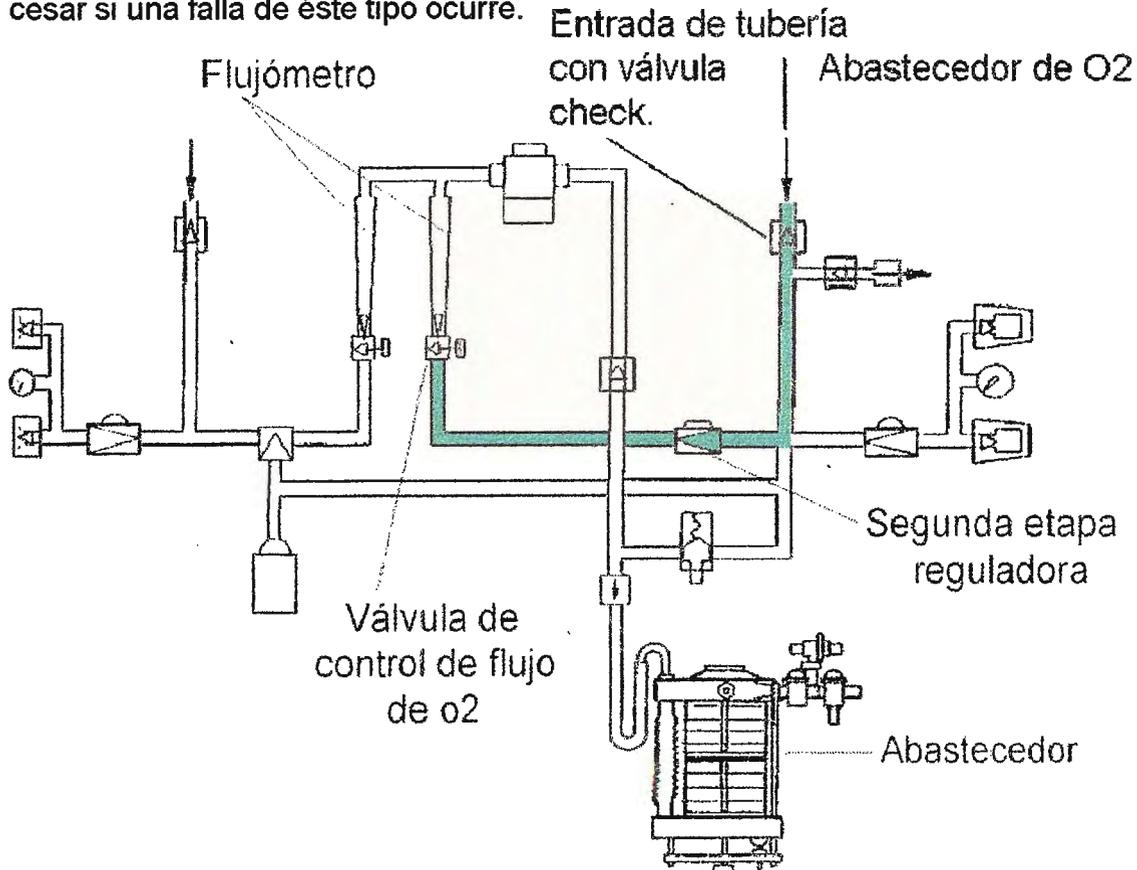
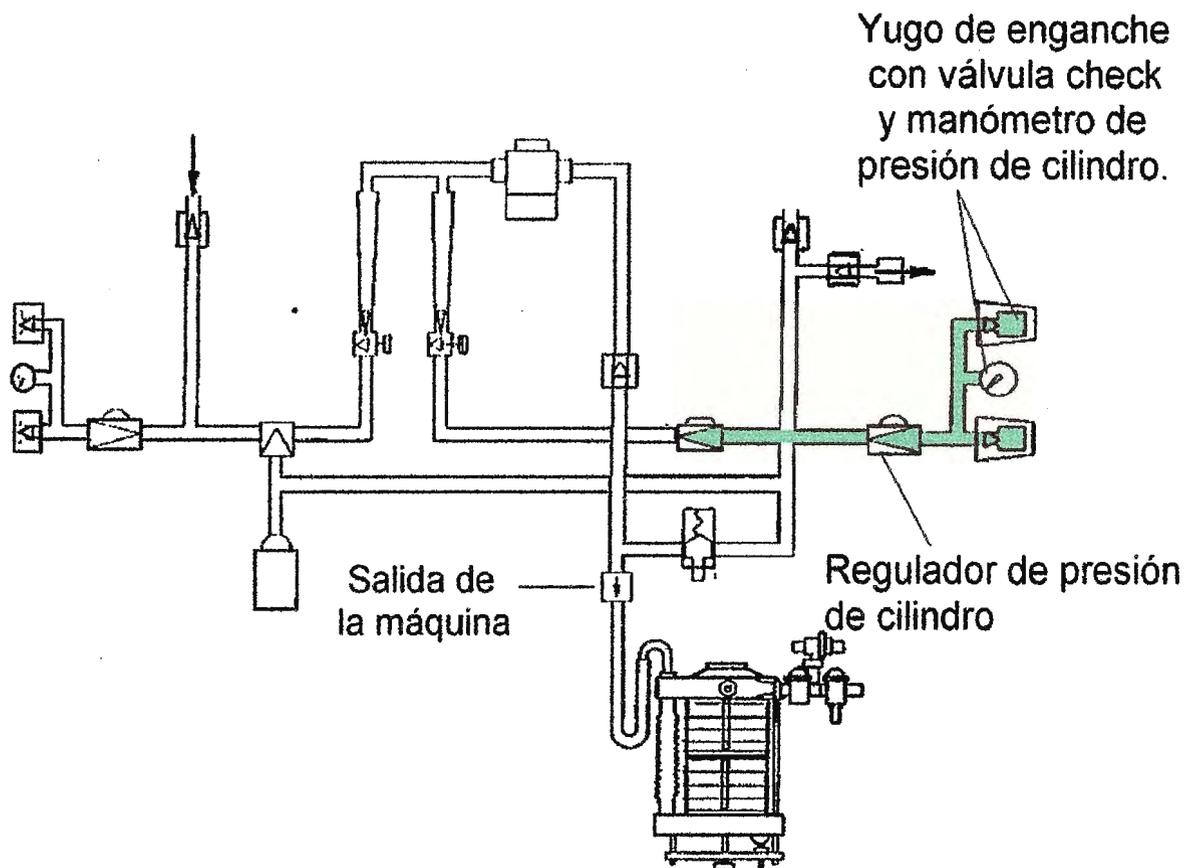


Figura 2-6 Curso del oxígeno desde el suministro

Hasta el momento hemos trazado las vías de oxígeno. En la figura 2-7 se observa el curso que las moléculas toman desde el cilindro abastecedor de oxígeno.

Usted observará en el diagrama que el oxígeno pasa a través del yugo de enganche de las válvulas. Dado que la presión aproximada en un cilindro tipo E es de 2200 psi ésta debe ser reducida para que pueda ser controlada por la válvula de control de flujo. Debe ser regulada-reducida a 50psi. Para esto las moléculas pasan a través del regulador de presión y viene al mismo lugar en el patrón de flujo como lo hace el oxígeno que entró del toma de pared. Es importante recordar que ,indiferentemente de dónde provenga el oxígeno , el gas viaja por el mismo curso a partir de éste punto. La única excepción es que el gas del cilindro pasa a través del regulador de presión del cilindro, antes que fluya a la segunda etapa reguladora.

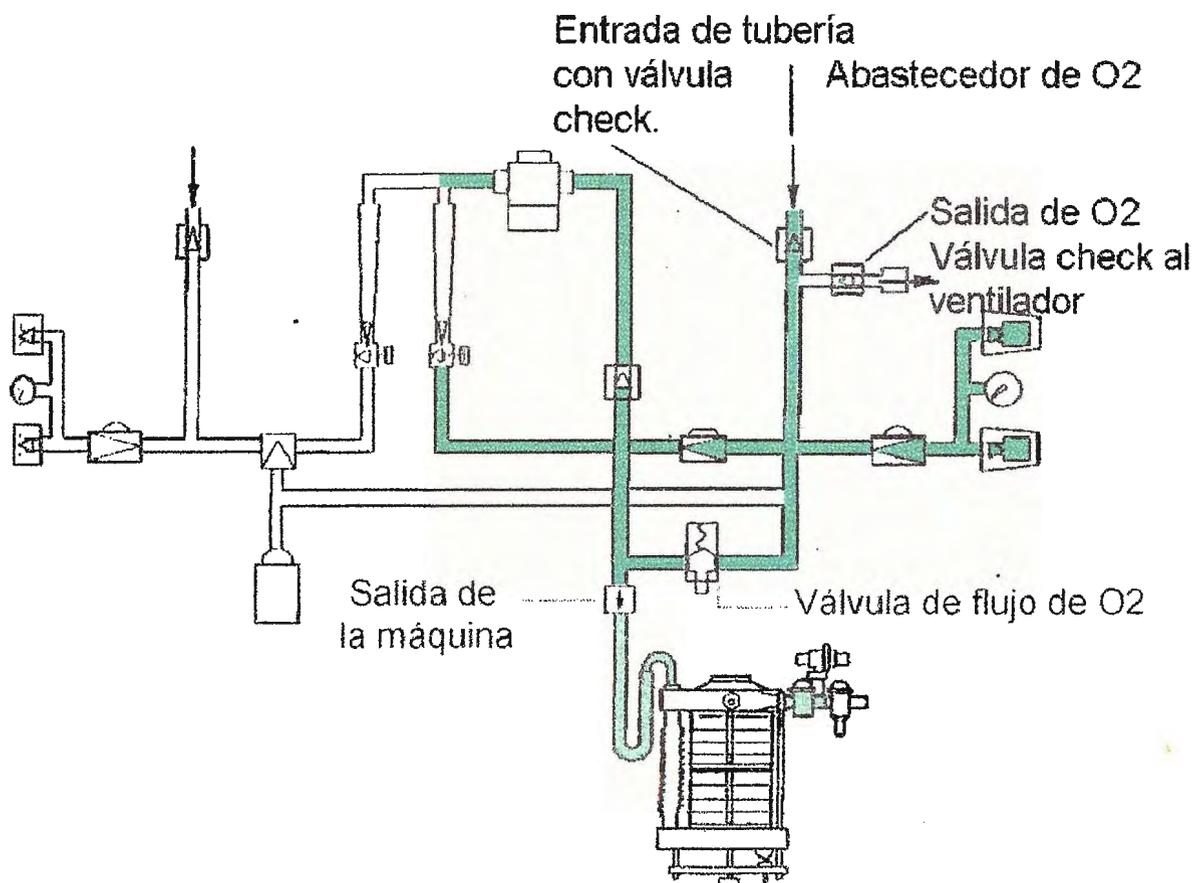


**Figura 2-7**

**Curso del oxígeno desde el cilindro.**

Después de que la presión del oxígeno ha sido reducida , hay un sostén en la válvula de control de flujo y puede fácilmente viajar hacia el absorbedor. Observe la figura 2-8 para ver la ruta del camino final del oxígeno. El paso de oxígeno se incrementa en el flujómetro después de que la válvula de control de flujo ha sido encendida. De aquí pasan al vaporizador y proceden hasta la válvula check de salida. Esta válvula permite al flujo dirigirse en una dirección solamente y asegura que los gases y vapores circulen en sentido inverso.

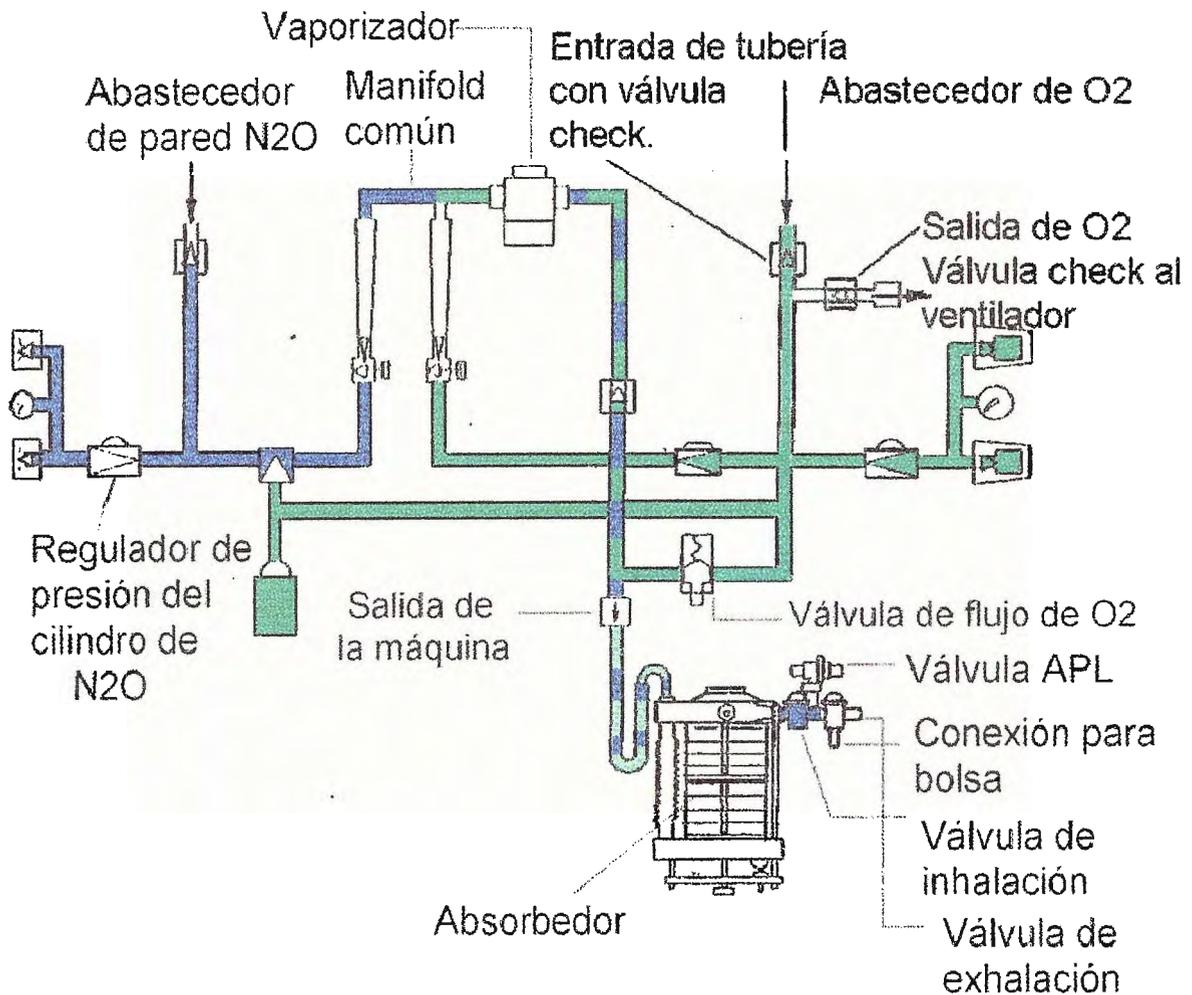
Esta mezcla o enlace continúa de la salida de la máquina y es canalizada hacia la válvula de inhalación del absorbedor , y luego en dirección del paciente. Los gases exhalados pasan a través de la válvula check de exhalación y entran a la bolsa de respiración. Cuando los gases exhalados han llenado la bolsa, el gas en exceso fluirá a través de la válvula ajustable limitadora de presión (APL) y dentro del sistema de limpieza que remueve los sobrantes de gas. En la próxima inspiración, parte del gas en la bolsa pasa hacia el absorbedor de  $\text{CO}_2$  para refrescar el aire de la máquina en su camino al paciente. Este modelo de fluido de gas está típicamente descrito como un "sistema semi-cerrado de respiración" o un sistema circular de absorción. Los sistemas cerrados de respiración tienen el mismo modelo de circulación, pero la válvula APL no está abierta (o ajustada) como en el semicerrado . " Un sistema de no reaspiración" no usa un absorbedor y requiere el adapte de un circuito específico de no reaspiración a la salida común de gas. Los 3 tipos de sistemas de aspiración pueden ser usados con una máquina básica de anestesia, usualmente con mínima adaptación.



**Figura 2-8**  
**Ruta seguida por el oxígeno**

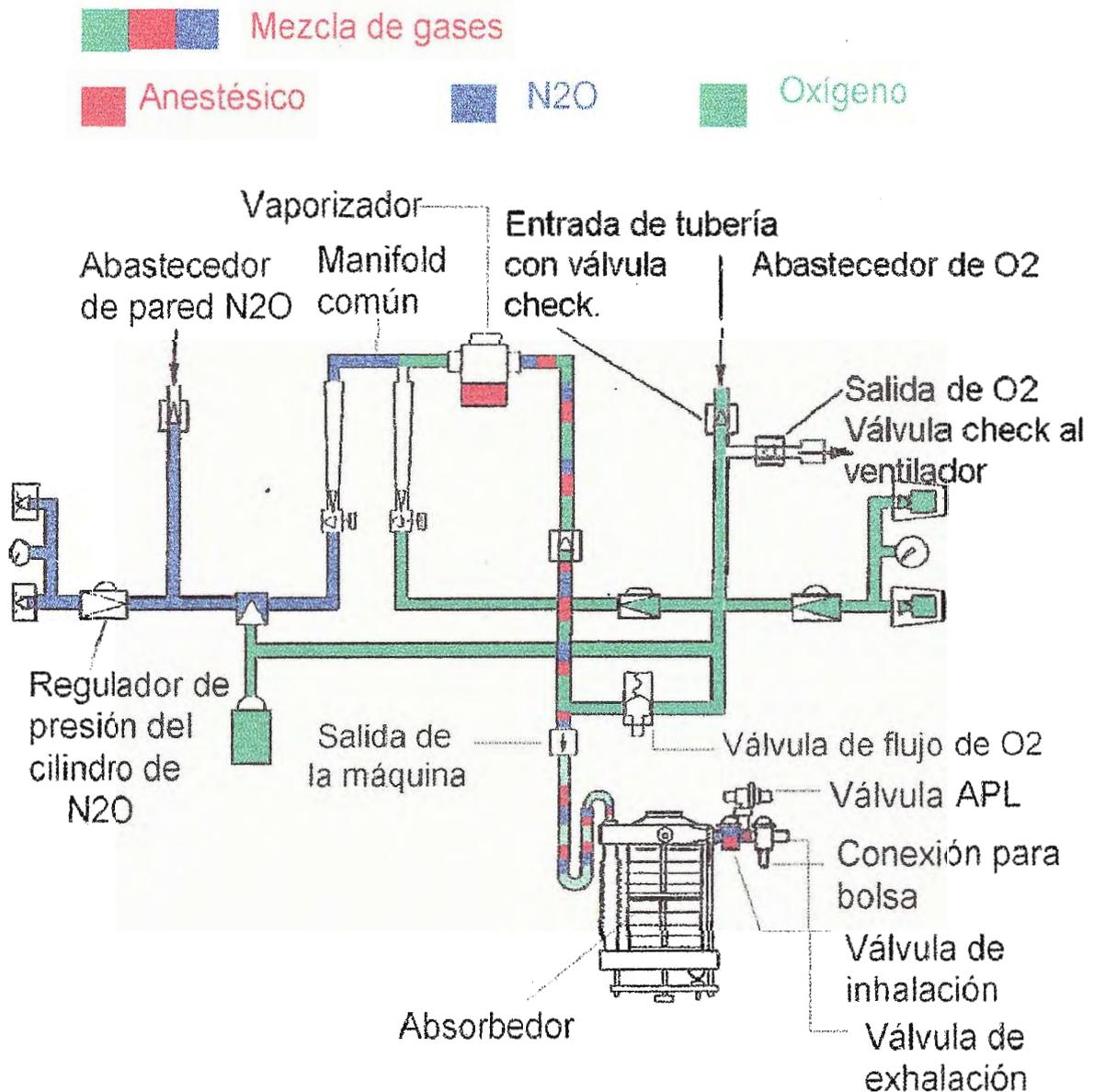
Ahora que se ha estudiado la máquina siguiendo el modelo del fluido de oxígeno se observa que muchas cosas parecen ocurrir automáticamente sólo al conectar la máquina al suministro de oxígeno de la pared o abrir los cilindros. Para completar esta visión obsérvese la figura 2-9. Ahora se puede ver dónde el óxido nitroso entra a la máquina siguiendo los caminos de color azul, y note que el óxido nitroso puede también venir del abastecedor de la pared o de los cilindros. La presión de la pared es usualmente de 50psi y la presión del cilindro es del 750psi. La presión del cilindro es reducida aproximadamente a 50psi, antes de que pase a la válvula sensora de presión de apagado. (Esta válvula se mantiene abierta por la presión de oxígeno, y de aquí el óxido nitroso puede fluir a su válvula de control de flujo)

Una vez la válvula de control de flujo está abierta o encendida, el óxido nitroso eleva el flujómetro al espacio llamado punto o múltiple común. Aquí se mezcla con oxígeno a través del vaporizador y la válvula check de salida en su camino hacia la salida de la máquina y al absorbedor. El absorbedor, además de remover el bióxido de carbono, canaliza la dirección de los gases durante la inspiración y espiración. Esto promueve una eficiente remoción del bióxido de carbono.



**Figura 2-9**  
**Curso del óxido nítrico**

Es aparente que es mucho lo que sucede dentro de la máquina de anestesia y también que es el oxígeno el verdadero corazón de esta operación. Todas las funciones dependen de la presión del oxígeno. Cada sección específica de flujo de gas ha sido identificada independientemente, en consecuencia una red representativa puede ser conceptualizada. En la figura 2-10 se puede ver el diagrama de flujo con sus mayores componentes nivelados y los caminos de las fases y los efectos demostrados en segmentos correspondientemente coloreados.



**Figura 2-10 Mezcla de los gases con el anestésico**

Familiarizarse con el aparato de anestesia para el anesthesiólogo es una de sus labores básicas, para lo que requiere no sólo saber su funcionamiento, sino que las características básicas de que sus componentes estén de acuerdo con los estándares de seguridad publicados por el American National Standard Institute en la norma Z 79.8<sup>1</sup>, siendo la principal área laboral del anesthesiólogo y que a la vez le permite elegir y combinar gases medidos, vaporizar cantidades exactas de gases anestésicos y por lo tanto administrar concentraciones controladas de mezcla de anestésicos a través de las vías respiratorias.

## **2.2 COMPONENTES DE LA MÁQUINA DE ANESTESIA**

### **2.2.1 Cilindros de gas comprimido**

Se define como cualquier material o aleación que tenga en el recipiente una presión absoluta mayor de 40 libras por pulgada cuadrada a 21.1 °C o una presión absoluta que excede de 140 libras por pulgada cuadrada a 54.5 °C o cualquier líquido o material inflamable que tenga una presión de vapor que excede de 40 libras por pulgada cuadrada a 37.7 °C.

Los cilindros se fabrican según las normas del Department of Transportation (DOT); son de tamaño que van de la letra A que es el más pequeño a la letra G, contruidos completamente de acero con paredes de grosor mínimo de 3/8 de pulgada, aunque algunos cilindros se fabrican con aleación de molibdeno y pesan menos que los de acero; deben contar con una elasticidad no superior al 10%, sometiéndose a prueba por presión hidrostática cuando menos una vez cada cinco años; tienen una válvula para sellar su contenido, la cual proporciona una entrada para llenar el cilindro y para poder controlar la salida de su contenido. Para los gases médicos se suele indicar el contenido de los cilindros llenos en términos de galones a 21.1 °C y a una presión atmosférica; los gases licuados en cilindros se expresan en término de peso.

### **2.2.2 Yugo.**

Se emplea para fijar los cilindros de gas a la máquina de anestesia o al regulador; tiene forma circular o rectangular de metal con cremallera ajustable; en su parte

---

<sup>1</sup> Norma ANSI 79.8.

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 Safety System o PISS). (ver fig 2-11)

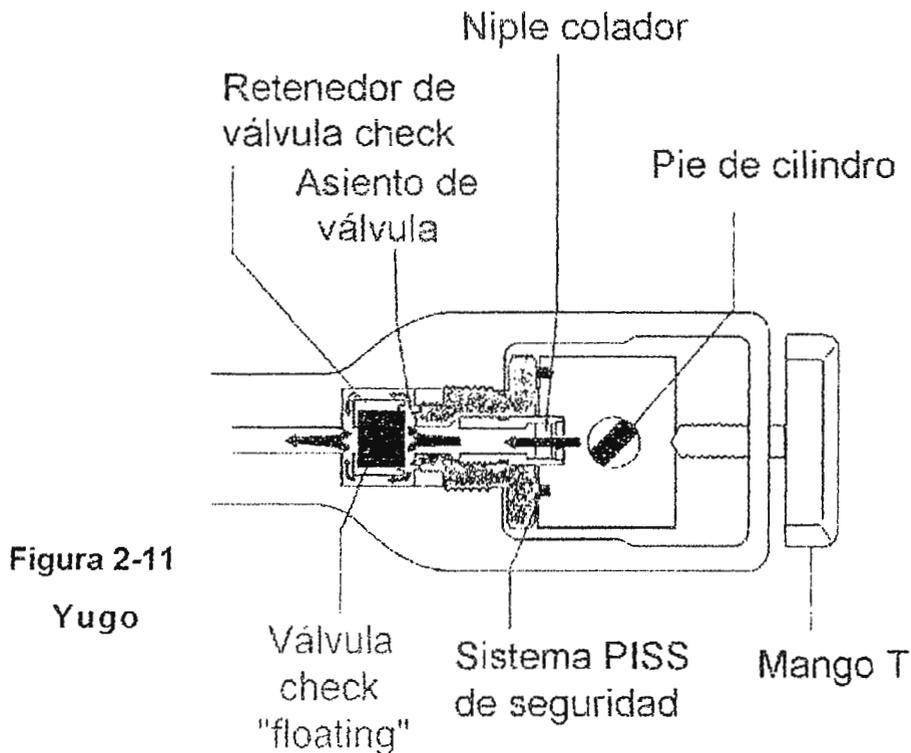


Figura 2-11

Yugo

Las medidas de seguridad para el manejo de los tanques son simples, tales como no poner en contacto con aceites o grasas a los cilindros, válvulas, reguladores, calibradores, boquillas, manos, o guantes aceitados, especialmente con  $O_2$  u  $N_2O$  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 en los hombros del cilindro, que señala: presión de trabajo, número de serie, propietario, marca de inspectores, tamaño del cilindro, material de elaboración del cilindro, expansión elástica en  $cm^3$  a 3360 psi, fecha de nueva inspección, marca del fabricante y fecha de la prueba original. Y como medidas de seguridad obligatoria **JAMAS** intentar mezclar gases,

rellenar los cilindros, almacenar los gases a temperatura menor a 22.2 °C y mucho menos someterlos a más de 51.6 °C pues su contenido puede ejercer tanta presión como para hacer estallar el cilindro al menor golpe.

El código de color (usado en EEUU) para cilindros de gas anestésico de 11 cm de diámetro por 45 cm de largo o más pequeños empleados en la máquina de anestesia usa el verde para el oxígeno, azul para N<sub>2</sub>O, anaranjado para ciclopropano, gris para el CO<sub>2</sub>, gris y verde para CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> y helio marrón, aplicándose estos colores cuando menos a los hombros, y en caso que no se adhieran con colores en los cilindros cromados se deben usar etiquetas con los colores antes mencionados. Cuando se trata de mezcla de gases, como por ejemplo aire comprimido, la cuarta parte superior del cilindro es pintada con el color del gas en menor cantidad( verde = oxígeno) y las tres cuartas partes inferiores son pintadas con el color del gas en mayor concentración. ( gris = nitrógeno)

El almacenamiento de los tanques debe ser en un sitio específico, seco, frío, ventilado y a prueba de fuego; se separan los gases inflamables de O<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O, así como los llenos de los vacíos, en lugares que no tengan tránsito intenso, con las válvulas siempre cerradas y protegidas por sus capuchones.

Los reguladores de presión se emplean para reducir la presión de una fuente de alta presión a una presión baja de trabajo (35-60 psi, la presión usada es de 55 ±5 psi) permitiendo la expansión del gas comprimido a presión baja y a velocidad constante para satisfacer las demandas dentro de su capacidad.

Reguladores y manómetros es un accesorio o instrumento que sirve para medir la tensión de fluidos airiformes; los cilindros suelen tener dos manómetros; el más cercano al cilindro mide la presión del gas en el interior en libras por pulgadas cuadradas (psi) y el otro la presión reducida o de trabajo. Con una presión más baja se tiene la ventaja que reduce las posibilidades de tubos, mangueras y correcciones que se puedan romper, y por otro permite ajustes más finos y más constantes en los medidores de flujos lo que no sería posible si la presión fuese más alta; básicamente un regulador trata de lograr un equilibrio entre fuerzas cambiantes, que por un lado están las fuerzas del gas del interior del cilindro y por el otro lado están las fuerzas mecánicas que ejercen los resortes. 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; ésta 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 recíproca, ambos reducen la presión de suministro alta hasta la presión atmosférica.

### 2.2.3 Válvulas de retención

Son dispositivos para evitar flujo retrógrado, impidiendo el paso de un cilindro a otro parcialmente vacío; también se aplican en los vaporizadores de derivación los cuales evitan que los cambios de presión debidos al ciclo respiratorio causen una ventilación retrógrada del ventilador y cause cambios en la vaporización de los líquidos anestésicos.

Las válvulas de los cilindros se usan para sellar el contenido del cilindro y permitir su liberación controlada cuando se usan. Hay dos tipos; uno para cilindros grandes, con giro de 360° en sentido contrario a las manecillas del reloj. El otro tipo es para tanques pequeños, con una superficie del "tipo flujo rápido" para la salida del cilindro y un manejo desprendible que cuando se gira en sentido contrario a las manecillas del reloj desplaza un diafragma hacia arriba, lo que permite el flujo de gas; las válvulas tienen los índices ("hembras") de alfileres para ajustar a los acopladores específicos.

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 la mezclas de líquidos anestésicos.

Las válvulas con interruptor de flujo rápido, se usan para administrar un flujo de O<sub>2</sub> alto por lo general a 30 L/min o más, directamente del abastecimiento al circuito respiratorio.

### 2.2.4 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  $O_2$  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 de las válvulas de agujas facilitó el control del flujo de los gases. Existen dos tipos de flujómetro.

a) De orificio variable, el más conocido llamado tubo de Thorpe 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 de abajo 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 de 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.

b) Los medidores del flujo constante, se basan en la velocidad de un gas que pasa a través de 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 este principio 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 tiene un tornillo 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 Thorpe el flujo de gas que pasa entre el flotador y las paredes del tubo Thorpe sostiene el mismo flujo del gas; los flujos se leen en la parte superior de las bobinas y en el centro en los flotadores esféricos.

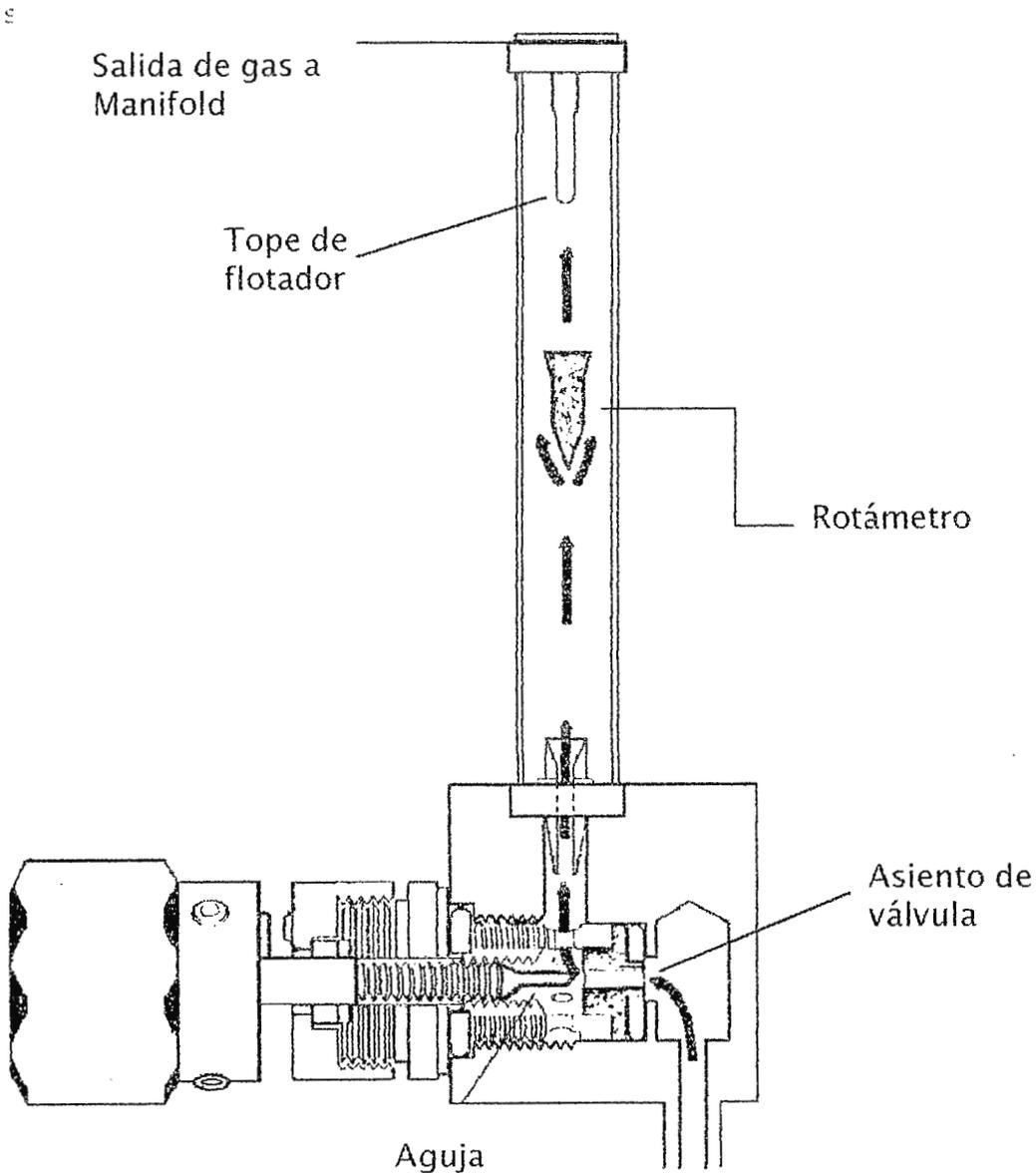


Figura 2-12

Flujómetro

### 2.2.5 Válvula de flujo continuo de O<sub>2</sub> (válvula flush)

Las válvulas de flujo permanecen en la posición cerrada hasta que el operador la abre presionando un botón. La depresión manual en ésta válvula mueve el pin, el cual fuerza a la válvula fuera de su lugar y crea una vía para el flujo inmediato hacia la salida de la máquina. El resorte que retiene a la válvula de bola es la fuerza opuesta que mueve la bola de regreso a su lugar una vez que la presión manual es removida, éste resorte sirve para cerrar la válvula inmediatamente. La figura 2-13 muestra la posición de la válvula cuando está cerrada.

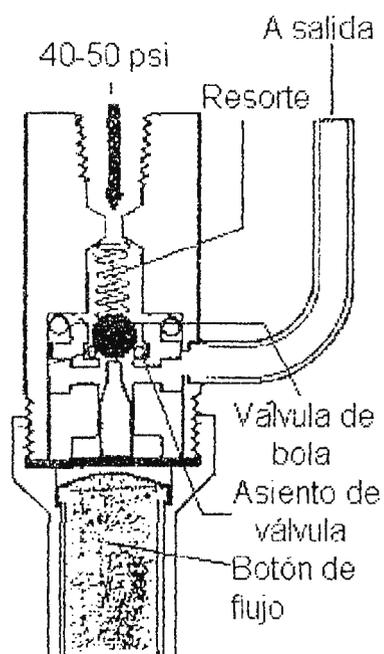


Figura 2-13 Válvula Flush

### 2.2.6 ABSORBEDOR

Hay de dos tipos: de vaivén y el de circuito, siendo este último el que se utiliza en la actualidad y se requieren 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  $\text{CO}_2$  en presencia de agua se hidrata formando ácido carbónico, reaccionando con un 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 está 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  $\text{CO}_2$  con la cal sodada y en presencia de humedad ésta es instantánea formando carbonato y bicarbonato de Na y K, reaccionado con el hidróxido de calcio para formar carbonato y bicarbonato de calcio + agua; la cal sodada absorbe el 19% de su peso de  $\text{CO}_2$ .

Los gránulos de cal sodada cuando están frescos se rompen con facilidad entre los dedos, con sabor amargo por su pH alcalino y cuando están gastados son duros y sin sabor. A la cal sodada se le añade colorante que indica el pH orgánico para proporcionar un control visual de su estado. Se usan violeta de etilo, naranja de etilo y el amarillo tipo arcilla. Los gránulos tiene tamaños de 4 a 8, esto quiere decir que pasan a través de una coladera que tenga de 4 a 8 orificios por pulgada cuadrada, para que su absorción sea máxima con poca resistencia al flujo del gas que pase por ella.

El reservorio contiene dos cámaras para la cal sodada, separadas por una malla de alambre con una capacidad cada uno para almacenar 500 cc de aire. Al usar cámaras seriadas, se saturan las primeras, pudiendo cambiar sólo la primera y se deben colocar en forma invertida, es decir la cal de medio uso y después la renovada, con buenos resultados y adecuada economía. Los recipientes tienen marco metálico para eliminar calor con lados de plástico transparente para poder ver el cambio de color de la cal usada y un reservorio en el fondo para recibir el exceso de vapor de agua de los gases espirados con su válvula de evacuación.

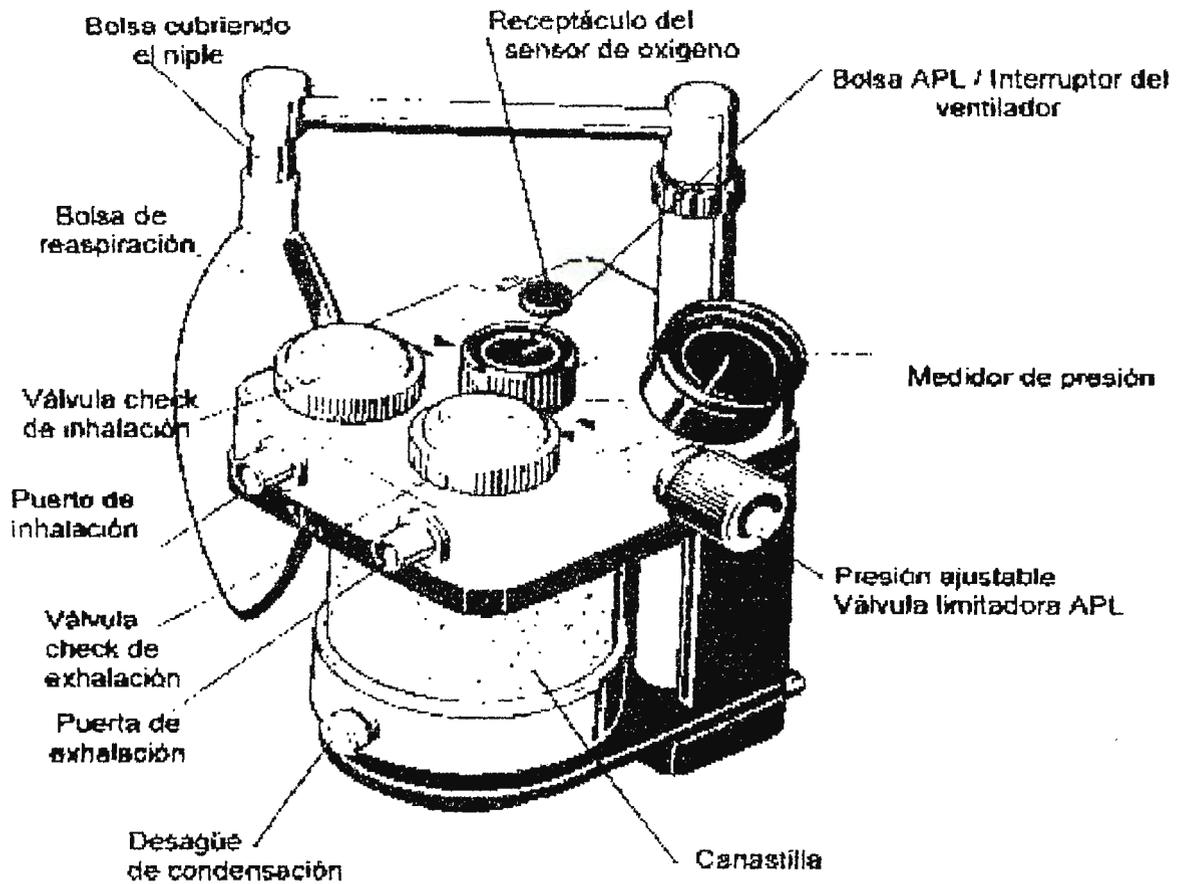


Figura 2-14  
Absorbedor

### 2.2.7 Vaporizadores

Su función en la anestesia es proporcionar vaporización de líquidos volátiles dentro de una concentración regulable. Para la vaporización se requiere conocer algunos principios, como una fuente de calor externa, es decir una sustancia con la que el anestésico entre en contacto, pero al hacerlo se reduce la temperatura del líquido reduciendo su energía cinética, por lo que se requiere para una mejor vaporización un mayor aporte de calor para lo que se necesita aumento de la superficie de evaporación, reducción de la presión de vapor sobre el anestésico, calentamiento directo o una fuente indirecta de calor.

Por lo antes mencionado, un aspecto importante de los vaporizadores es el método por el cual el gas transportador capta el agente volatilizado y desde este punto de vista hay dos tipos de vaporizadores de acuerdo al diseño: de "extracción" cuando el

gas transportador pasa sobre la superficie del líquido y el otro cuando el gas pasa a través del líquido .

Para lo cual se requieren ciertas características como son:

- a) Complejidad. Son obvios los peligros del mal funcionamiento de un dispositivo complicado, por lo que los sencillos suelen ser seguros y más prácticos.
- b) Resistencia al flujo. Suelen tener resistencia baja al flujo de gas para una mayor interfase aire-líquido, por lo que el gas transportador se requiere descomponer en partículas más pequeñas y éstas pasar a través del líquido o de una mecha.
- c) Estabilidad a la temperatura. Para una vaporización uniforme se requiere que los vaporizadores sean construidos como materiales con alta capacitancia y conductancia al calor por lo que una concentración de vapor elegida no debe alterarse por los cambios de temperatura ambiental o del líquido.
- d) Estabilidad del flujo. Con flujos bajos suele ocurrir un equilibrio del gas transportador con el vapor en el momento de su paso y permitir una concentración más alta del anestésico; con flujos más altos puede haber un equilibrio más lento y se vaporizará menor cantidad de anestésico; la construcción de los vaporizadores modernos permite una concentración constante a diferentes flujos.
- e) Precisión. Los vaporizadores deben permitir concentraciones de administración de gases controlables y predecibles.

Por lo anterior podemos efectuar la siguiente clasificación de vaporizadores:

#### 1. Unidades que permiten la obtención de grandes superficies para evaporación. .

Por encima o a través del agente líquido con gran superficie de exposición se hace pasar una porción variable de la corriente de gas anestésico.

- a) Superficie de gasa.
- b) Mechas de algodón.
- c) Artefactos de burbujeo.
- d) Artefactos de "goteo"; goteo de éter líquido en superficies metálicas.

#### 2. Métodos para disminuir la presión de vapor.

Se utiliza el principio de "arrastre" de corrientes de aire o gas. Se usa en unidades de la clase 1.

- a) Se basan en el movimiento de aire que ocasiona la respiración.

- b) Se basa en corriente independiente de aire.
3. Con fuente directa de calor.
- a) Con plancha de calentamiento eléctrico.
  - b) Con riego de agua caliente.
4. Artefactos que proporcionan calor en forma indirecta.
- a) Vaporizador de éter de Edison; el calor de absorción proviene de carbón activado.
  - b) Calor de cristalización; calor químico. Cristales con punto de fusión baja:  $\text{CaCl}_2$  hidratado; paradiclorobenceno.
  - c) Contacto con material con calor y conducción elevados.

### 2.2.8 Circuito respiratorio

El circuito respiratorio del aparato de anestesia, en el cual los gases y vapores mezclados pasan al paciente con resistencia baja a la inspiración y espiración con un esfuerzo ventilatorio mínimo, favoreciendo la absorción de  $\text{CO}_2$ , humectación y eliminación adecuada de los gases de desecho, siendo los componentes principales: tubos respiratorios, válvulas respiratorias, bolsa reservorio, recipiente de absorción de  $\text{CO}_2$ , un sitio para la entrada de flujo de gas fresco, una válvula de chasquido para el exceso de gas, una pieza de Y, codo y mascarilla.

Los tubos respiratorios de casi 1 m de largo con diámetro de 22 mm de diámetro interno, son corrugados, lo que permite flujo turbulento, para la mezcla adecuada de gases y regulación de temperatura de los mismos, construidos en caucho conductivo, aunque en la actualidad no son necesarios; los de plástico desechable, 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  $\text{H}_2\text{O}$  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 aproximado de ventilación y proporcionar ventilación manual en caso necesario. Las bolsas reservorio suelen ser elípticas para más fácil manipulación, de látex o caucho, no resbaladizas; algunas suelen ser conductivas aunque esto último no es necesario y van de 0.5 - 6 L de capacidad, siendo lo óptimo la que conserva un volumen entre la capacidad inspiratoria del paciente y la capacidad vital, por lo que la más adecuada para el promedio de los adultos es la de 3L. 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.

Como menciona Collins en su libro: "El anesthesiólogo es al mismo tiempo médico, científico y artista. Como artista se le juzga por el estado de su equipo".

### 2.2.9 Sistema evacuador de gases

En general un sistema de evacuación de gases incluye una válvula de interface y un sistema para evacuación del hospital, el cual recibe gases anestésicos y vapores de la máquina de anestesia y los desecha. La válvula de interfase es esencialmente un manifold (múltiple común) con cuatro salidas (o puertas) y con válvulas en relieve. La Figura 2-15 muestra el flujo de gases evacuados del circuito de aspiración y cómo entra en las puertas de la válvula de interface.

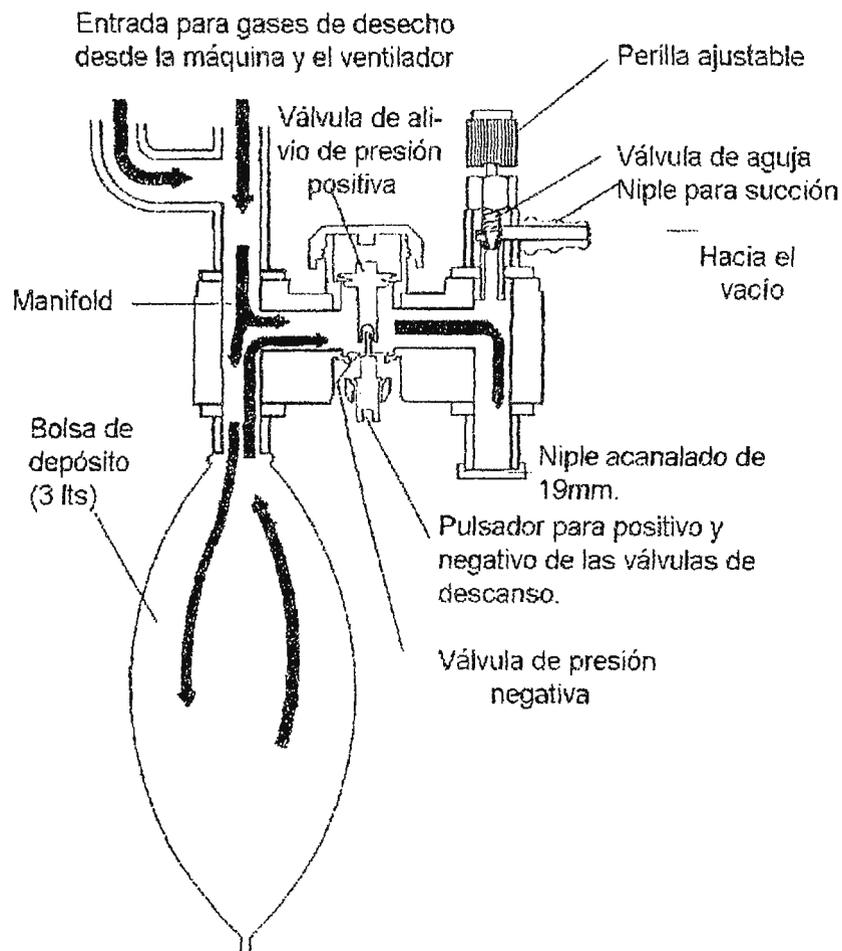


Figura 2-15

Este dibujo representa la operación de ésta válvula en un sistema activo-uno que usa la succión proveniente de la red de succión central del hospital como origen para la evacuación. Una vez el gas es atraído al sistema aspirador del hospital, fluye a través de un pasaje en el manifold y pasa las dos válvulas en relieve. Una de éstas es para presión positiva y la otra para presión negativa. Una bolsa de depósito de 3 litros esta adaptada. Cuando el flujo que está pasando en la válvula es más de lo que el aspirador puede tomar, el gas es temporalmente guardado en la bolsa.

El curso del flujo que es removido de la válvula de aguja de tal manera que la bolsa del depósito no se llene. Idealmente, éste curso de flujo debería mantener el volumen en la bolsa de depósito entre vacía y medio llena. Ajustar la válvula de aguja altera el flujo de los gases desechados en el origen del aspirador. Este ajuste no regula aspiración o succión. Si el flujo es insuficiente y a la bolsa de depósito se permite extenderse, la válvula de relevo (en el manifold de interfase) se abrirá y dejará salir parte de los gases exhalados en el cuarto. Esta situación se corrige simplemente ajustando la válvula de aguja a un incremento de flujo de gases desechados al aspirador. Si el flujo es muy elevado y la bolsa se desploma, la válvula de relevo negativa se abrirá y dejará entrar tanto aire al cuarto como sea necesario.

Estas válvulas son instaladas para proteger al circuito del paciente de presiones extremas. La válvula de presión positiva no será activada si el flujo es adecuadamente ajustado y se observa que el contorno de la bolsa controla su volumen. En sistemas activos de limpieza, cualquier niple no usado debe de ser tapado o si no el aspirador atraerá aire del cuarto y también provocará que los gases desechados se difundan dentro de cuarto.

La Figura 2-16 muestra el modelo del flujo en una medida pasiva. Métodos pasivos de evacuación de gases usan los conductos de ventilación del hospital y envía el gas a través de un sistema de circulación de aire en lugar del sistema aspirador. Estos gases entran al manifold (múltiple) en la misma manera y son influenciados por las válvulas de relevo en la misma forma, pero la válvula de aguja está cerrada y una

manguera acanalada de 19mm. Se conecta entre la válvula de interfase y el conducto de evacuación del sistema de aire acondicionado.

Lo ideal sería que hubiera un sistema de evacuación de gases anestésicos. Siempre es bueno verificar que el sistema está adecuadamente ajustado debido a que es el componente que protege al personal de operación del cuarto a exponerse a gases anestésicos.

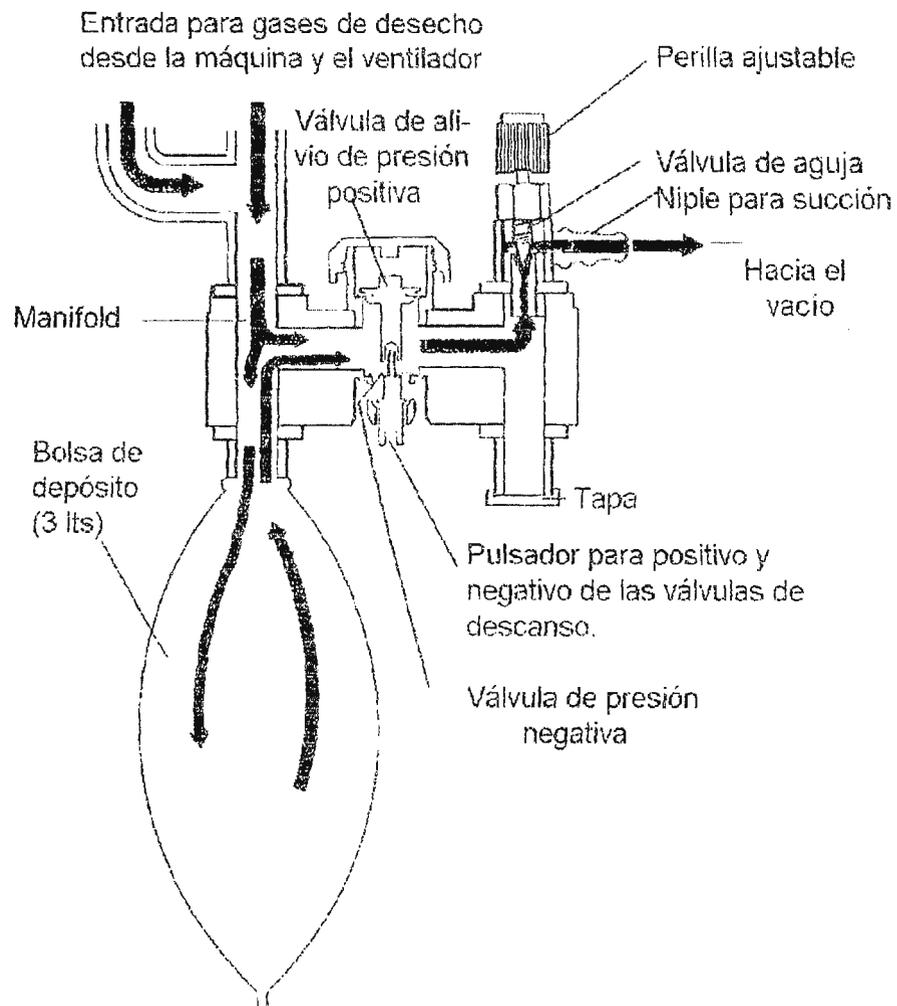


Figura 2-16

### 2.2.10 Sistema circular

La figura 2-17 ilustra los componentes del sistema circular: Un absorbedor de dióxido de carbono, una válvula inspiratoria, una válvula espiratoria, una válvula ajustable limitadora de presión (válvula APL por sus siglas en inglés), una bolsa de reserva, tuberías del circuito, y una entrada para aire fresco. La válvula APL está conectada a un sistema de extracción de gases para evacuar el exceso de gases anestésicos. Una manguera de ventilador reemplaza a la bolsa de reserva cuando se introduce la ventilación controlada.

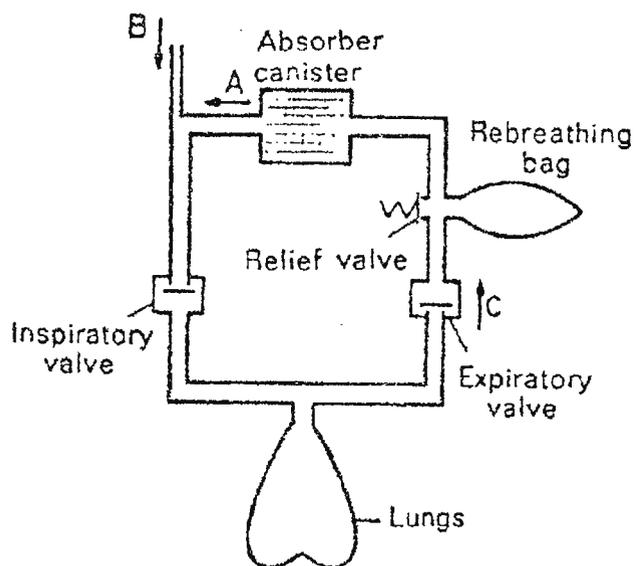


Figura 2-17 Sistema circular

Han surgido diferentes configuraciones del sistema circular, pero el diseño en la figura incorpora la mayoría de los accesorios positivos deseados en sistema circular. La válvula APL está situada entre la válvula de exhalación y el absorbedor para permitir la descarga de gases anestésicos de baja concentración durante la fase de emersión. La evacuación de los gases exhalados justo antes de canister de dióxido de carbono permite conservar una mayor cantidad de gránulos absorbentes de dióxido de carbono.

El gas fresco fluye directamente a través de la válvula de inhalación hacia el paciente, asegurando una ruta directa para los gases anestésicos y una administración de oxígeno de emergencia.

Cambios en las concentraciones de gases anestésicos se reflejan inmediatamente en el extremo inspiratorio del circuito. La localización del absorbedor entre la válvula APL y la entrada de gas fresco ayuda a reducir la resistencia respiratoria en el círculo. La bolsa reservorio puede ser localizada en cualquier parte del circuito, pero es usualmente colocada en la rama espiratoria por conveniencia. En ésta posición la resistencia de la rama espiratoria es ligeramente reducida. Durante una respiración profunda el gas en la bolsa reservorio fluye a través del absorbedor de dióxido de carbono, la válvula inspiratoria y en el pulmón. El retorno de gases es prevenido al controlar el flujo unidireccional por medio de válvulas de inspiración y espiración. Durante la inspiración el paciente inhala una mezcla de gas fresco con uno ya espirado. Durante la espiración, el aliento del paciente se une con la entrada de gas fresco en la unión en T del tubo corrugado.

La máxima eficiencia del sistema circular es conseguida utilizando el sistema cerrado. Los beneficios de la anestesia de circuito cerrado son :

- Humidificación aumentada.
- Decremento en la polución del quirófano.
- Decremento en la pérdida de calor.
- Mejor observación del paciente.
- Mejor entendimiento de la captación y distribución.

Desgraciadamente el sistema cerrado es el más complicado. Muchos accesorios y conexiones pueden tener fugas o desconectarse. En realidad las desconexiones en los sistemas de anestesia son las que producen la mayoría de accidentes serios en anestesia.

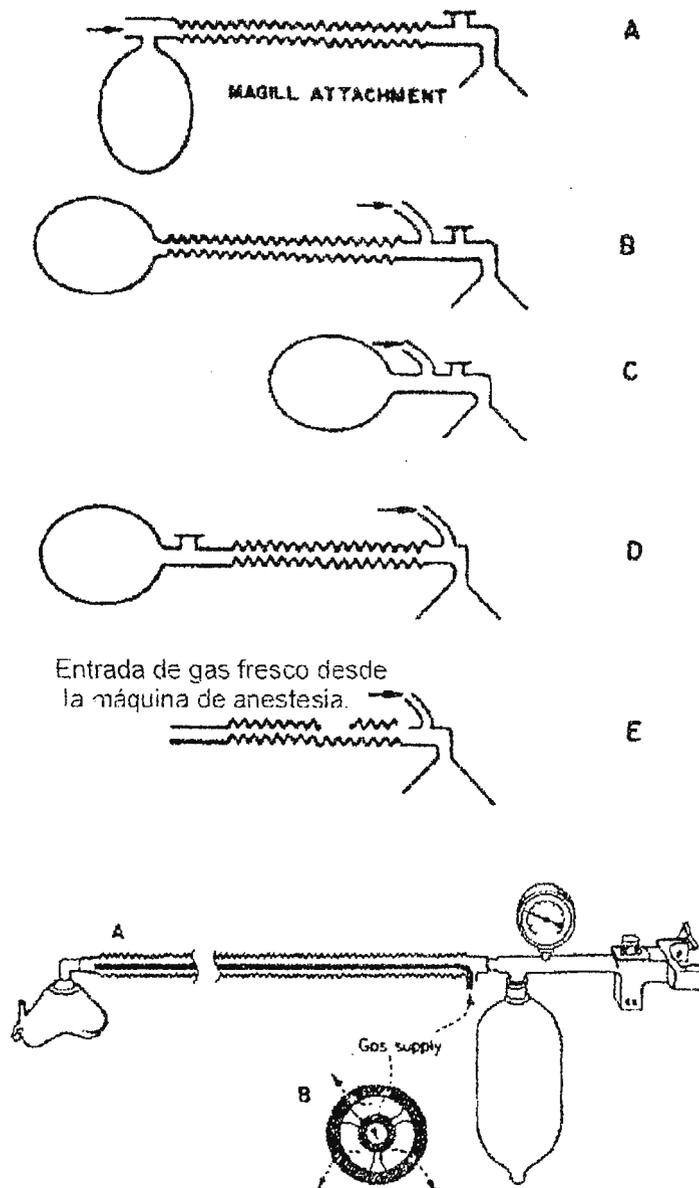
Un sistema circular no es tan versátil como el sistema Bain. Dos tubos corrugados colocados a un absorbedor no son tan flexibles como un tubo delgado y ligero del circuito Bain. Tubos corrugados largos están disponibles para el sistema circular, pero no son tan adaptables como un tubo simple largo.

### 2.2.11 Sistemas semicerrados.

Mapleson clasificó los sistemas semicerrados de anestesia de acuerdo a la posición de la válvula de alivio de presión (APL), la entrada de gas fresco, y la posición y / o presencia de la bolsa reservorio. La configuración más popular y práctica es el sistema Mapleson D. El colocar el tubo de flujo de gas fresco dentro del tubo corrugado del sistema Mapleson D fue realizado por Bain y Spoerel. Sistemas donde no se da ningún reaspiramiento de gases no son prácticos en adultos debido a los excesivos flujos altos requeridos para prevenir la recirculación.

Bain y Spoerel postularon que la anestesia de circuito cerrado fue abandonada pues los anestesiólogos estaban incómodos con la técnica de reaspiración completa y aumentaron los flujos por razones prácticas. También al usar relajantes musculares pues el paciente paralizado requería un sistema perfectamente cerrado y además no se podía determinar la profundidad de la anestesia. El cambiarse a un sistema de reaspiración parcial eliminaba ambos problemas. Los flujos más altos compensan pequeñas fugas en el sistema y no se requieren instrumentos sofisticados para monitorear las concentraciones de anestésico en el circuito.

Bain y Spoerel introdujeron el sistema Bain (Sistema Mapleson D modificado) en 1972. La manguera de gas fresco va dentro del tubo corrugado desde la salida de la máquina hasta el lado del paciente. Como se muestra en la figura 2-18. Una válvula espiratoria y una bolsa reservorio están colocadas convenientemente en la máquina de anestesia. Los gases espiratorios entran al tubo corrugado desde el tubo endotraqueal o la mascarilla y fluyen alrededor de la manguera de gas fresco dentro del tubo corrugado y eventualmente hacia la válvula espiratoria. El gas espiratorio está distribuido en el tubo corrugado del circuito Mapleson D como se muestra en la figura 2-19. Durante la inhalación, el gas fresco es entregado directamente al paciente y mezclado con el gas del tubo corrugado. Todo el gas cerca de la mascarilla ira directamente al paciente. El resto será expulsado por medio de la válvula espiratoria.



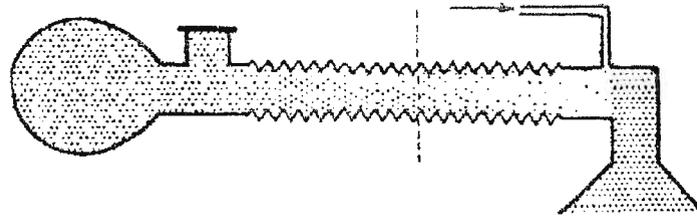
Circuito Mapleson D conectado a un adaptador simple, con un manómetro de presión, válvula APL y una bolsa reservorio

Figura 2-18

Las ventajas del circuito Bain son las siguientes:

- Un solo tubo va al paciente y es liviano.
- Se eliminan todas las válvulas unidireccionales.
- Se puede usar en todos los grupos de edades.
- No se requiere absorción del dióxido de carbono.

- La esterilización del circuito es fácil y es adaptable para cualquier tipo de procedimientos anestésicos.
- Es ideal para procedimientos de cabeza y cuello.



El gas a la derecha de la línea punteada, junto con el gas que entra por la flecha, entrará al paciente durante la próxima inhalación, el gas a la izquierda de la línea punteada saldrá del circuito.

Figura 2-19

El circuito Bain ha sido usado en una gran variedad de técnicas anestésicas y ha probado ser clínicamente seguro y confiable.

Algunas desventajas son:

- Antes el tubo corrugado era de color negro, lo que hacía imposible poder ver el tubo de gas fresco para ver si estaba en buen estado, si no estaba desconectado, y para comprobar su existencia.
- Usar el circuito circular y el circuito Bain en la misma máquina de anestesia puede ser problemático. La utilización del circuito Bain sobre el circular requiere un adaptador. El cual requiere un montaje especial en la máquina de anestesia y cuando el circuito está en uso el mecanismo de seguridad del ventilador excluye a la válvula APL durante la función del ventilador.

# **CAPÍTULO 3**

## **Vaporizadores**

## **Vaporizadores . Introducción**

El presente capítulo se centra en el elemento de la máquina de Anestesia alrededor del cual gira todo el trabajo que se está realizando el cual es el vaporizador del agente anestésico.

Primero se explican al lector los principios físicos en los cuales se basa el funcionamiento del vaporizador, para luego hablar sobre los métodos que existen para realizar la vaporización del agente anestésico.

Se habla también sobre los factores que influyen en la vaporización del agente, tales como temperatura, tiempo, etc.

Se mencionan las características que poseen los vaporizadores y se habla un poco de los tipos más importantes que existen. Al final de éste punto se habla sobre el funcionamiento del vaporizador precalibrado.

### **3.1 VAPORIZACIÓN Y VAPORIZADORES**

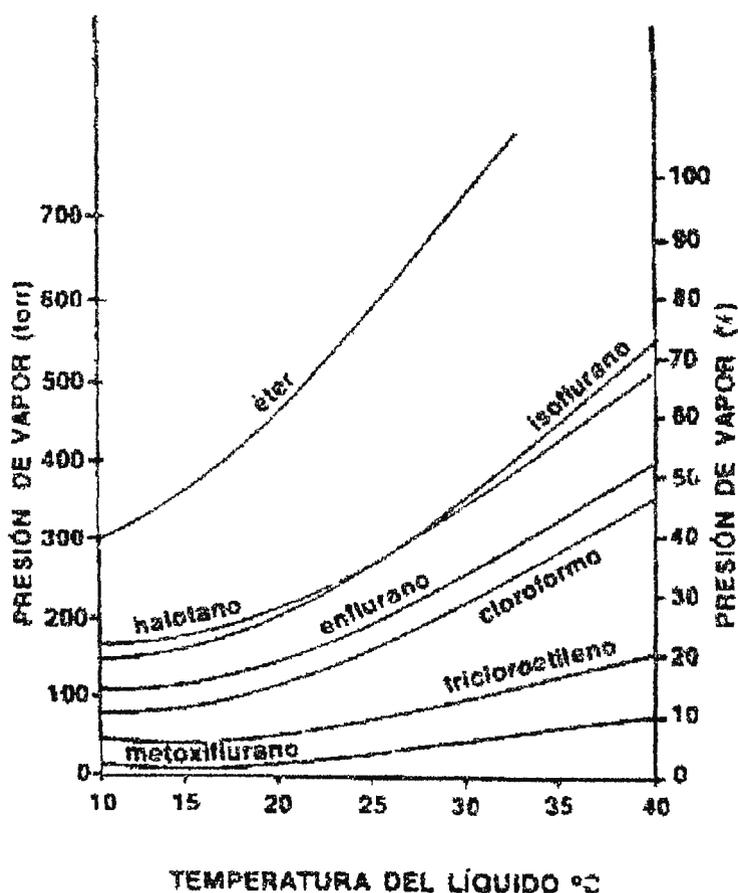
Vaporización es el proceso físico por el cual las moléculas en estado líquido se movilizan hacia el estado gaseoso; dicho proceso se utiliza en la anestesia para acarrear fracciones de anestésicos líquidos, en proporciones exactas, hacia la mezcla gaseosa inhalada por el paciente, con el objeto de alcanzar concentraciones anestésicas.

### **3.2 PRINCIPIOS FÍSICOS.**

Las moléculas de un líquido están en movimiento constante, pero no se desintegran, ni se separan debido a una fuerza de atracción mutua que ejercen entre sí. Sin embargo, en la superficie del líquido, algunas moléculas se mueven con velocidad suficiente, y en la dirección vertical, para vencer la fuerza de atracción, escapando hacia la atmósfera y transformándose así al estado gaseoso en un medio llamado "vapor". Cuanto más alta sea la temperatura del líquido, mayor será el número de moléculas que ascienden hacia la atmósfera dejando el líquido y por consiguiente mayor será la vaporización ocurrida.

Dentro de un recipiente abierto a la atmósfera, la vaporización cesa cuando la concentración de vapor en la mezcla gaseosa situada encima del líquido adquiere un determinado valor a cierta temperatura; cuanto mayor sea esa temperatura, mayor será la concentración final del vapor por encima del líquido, y viceversa. Si un líquido, a determinada temperatura, es contenido en un recipiente cerrado, el número de moléculas que se evaporan es igual al número de moléculas de vapor que regresan al líquido, llegando así eventualmente a un punto de equilibrio que se ha denominado "temperatura de saturación de vapor". Cualquier cantidad mayor de vapor adicional ocasionaría una condensación; es decir regresaría a la forma líquida.

Figura 3-1



Curvas de presión de vapor en relación a la temperatura.

Por otra parte, si se aumenta la temperatura, más moléculas abandonan la superficie líquida y mayor será la concentración de vapor; pero si, por el contrario, la temperatura cae, más moléculas regresan a la fase líquida, resultando en una menor concentración de vapor. Teniendo esto en cuenta, se pueden construir curvas de presión de vapor ( figura 3-1) para cada agente anestésico, relacionando la temperatura con la presión de saturación de vapor de cada líquido.

Si la presión parcial de vapor de un líquido, en comunicación con la atmósfera, se equilibra con la presión atmosférica, entonces el vapor ocupará todo el espacio; es decir: habrá una saturación del 100% por arriba del líquido. A esta presión parcial y temperatura las burbujas que se formarán en el interior del líquido hacen que éste entre en ebullición. Se llama "punto de ebullición" de un líquido determinado a la temperatura a la cual la presión de vapor es igual a la presión atmosférica.

El proceso de evaporación produce un gasto de energía representado por la fuerza que vence la tendencia natural de las moléculas de un líquido a estar en reposo. Durante el paso de una sustancia del estado líquido al gaseoso, la temperatura se mantiene constante y la energía es utilizada en forma de calor, lo que se ha definido como "calor latente de vaporización". Tal energía es obtenida de una fuente externa creadora de calor, o si no del propio líquido; tal fenómeno puede explicarse como el número de calorías necesario para transformar un gramo de líquido en vapor sin modificar su temperatura.

El calor latente de evaporación de un líquido específico varía con su temperatura; es decir; cuanto más frío esté el líquido, mayor será la cantidad de calor necesario para transformarlo en vapor; tales necesidades de calor son menores conforme aumenta la temperatura hasta un punto en que el consumo de energía es nulo; a esto se la ha llamado "Temperatura crítica".

El concepto de temperatura crítica permite entender porqué cualquier gas puede hacerse líquido por un proceso de presurización mientras la temperatura se mantenga por debajo de un determinado nivel; al extremo opuesto, por arriba de su temperatura crítica, ninguna sustancia puede existir en el estado líquido, cualquier

que fuese la presión aplicada. Es importante recalcar que los términos vapor y gas no son necesariamente sinónimos: vapor se refiere al estado gaseoso de una sustancia que, a las condiciones ambientales de temperatura y presión, existe como líquido; es decir, que es una sustancia gaseosa que se encuentra por debajo de su temperatura crítica; por otra parte, gas es un elemento que a temperatura ambiente existe en estado gaseoso siendo su licuefacción imposible pues la temperatura ambiente está por encima de su temperatura crítica.

Cuadro 3-1.

Agente anestésico/ característica	Propiedades físicas en relación a la vaporización de algunos anestésicos volátiles							Agua
	Eter dietílico	Cloroformo	Halotano	Enflurano	Isoflurano	Metoxiflura no	Tricloroetile no	
Peso molecular	74	119	197	184	184	165	131	18
Punto de ebullición°C(760torr)	34.6	61.2	50.2	56.5	48.5	104.6	87	100
Presión de vapor 20°C (torr)	440	160	243	175	239	23	60	17.5
Densidad del líquido g/ml (20°C)	0.71	1.5	1.86	1.51	1.51	1.42	1.47	1.0
Densidad de vapor g/l (20°C)	2.55	4.12	6.9	7.54	7.54	6.68	4.53	
Calor latente de vaporización (cal/g)	87	64	35	42	41	58	58	540
Calor latente de vaporización (cal/ml) 20°C	62	96	65	63	62	83	85	540
Calor específico del líquido (cal/g)	0.52	0.23	0.19	--	--	0.28	0.22	1
Calor específico del líquido (cal/ml)	0.28	0.35	0.35	--	--	0.41	0.32	1

### 3.3 VAPORIZACION DE ANESTESICOS

En la práctica, la vaporización de líquidos con propiedades anestésicas se puede llevar a cabo de varias maneras.

#### 3.3.1 A goteo.

Se ejecuta goteando el líquido sobre una gasa o sobre la columna de flujo de gases que lo acarrea en un circuito. Si se gotea sobre una gasa colocada sobre el marco de una máscara de malla de metal (abierta) o sobre un paño (pañuelo), se distribuye por capilaridad al resto del material, absorbiendo el líquido y permitiendo una amplia superficie para vaporización, a través de la cual pasan los gases durante las dos fases de la respiración. Los gases exhalados proporcionan una mayor vaporización pero también permiten una condensación del agua contenida en el aire espirado húmedo, llegando a veces hasta a formar hielo, cuando la temperatura desciende significativamente; ello retardará la inducción, ya que la vaporización se reduce al caer la temperatura ambiental, produciendo una concentración de anestésicos menor o poco consistente. Antiguamente se usaron vaporizadores de goteo, que se regulaban por una válvula de aguja que permitía la cuantificación del número y tamaño de las gotas del anestésico que entraban a la cámara de vaporización, incorporada al sistema donde pasaban los gases anestésicos; para mantener una vaporización constante, se podía usar el calor generado por la reacción de la cal sodada. Tales vaporizadores permitían administrar una cantidad medida de líquido en un cierto tiempo determinado; la concentración del anestésico vaporizado varía con las propiedades físicas del líquido, así como su volumen contenido en tracto respiratorio. Alternativamente, puede utilizarse una jeringa que inyecta volúmenes determinados de anestésicos a diferentes intervalos.

### **3.3.2 Transporte sobre superficie .**

Ocurre cuando la vaporización se efectúa al pasar el flujo intermitente de los gases respiratorios y anestésicos inhalados, por encima de la superficie del líquido contenido en el vaporizador. En este caso se considera que el vaporizador está contenido dentro del circuito respiratorio; las aberturas de entrada y salida deberán ser suficientemente amplias para no ofrecer resistencia a la respiración. Si se utiliza un sistema de reinhalación, el vaporizador pueda colocarse ya sea en el lado inspiratorio o en el espiratorio del circuito. En esta última posición existe la ventaja de que los gases permanecen en contacto con el líquido por un tiempo más prolongado haciendo una vaporización más uniforme, sin embargo, puede haber una condensación de agua más abundante, la cual se deposita en la cámara de vaporización y puede diluir el anestésico.

### **3.3.3 Nebulización.**

La nebulización ocurre cuando el anestésico líquido es nebulizado por un chorro de gas en micropartículas que se vaporizan de acuerdo con el tamaño de la superficie líquido/gas que se forma. Debido a que es difícil controlar la concentración del líquido, este método es poco utilizado en la actualidad.

### **3.3.4 Arriba del punto de ebullición.**

Este tipo de vaporización sucede al colocar el líquido en un recipiente cerrado herméticamente, térmicamente aislado y colocado en tal posición que fluya vapor puro, saturado, que se regula por un flujómetro propio, agregándose a la mezcla de otros gases frescos.

### **3.3.5 Flujo continuo de gases.**

El flujo continuo de los gases que pasan a través de la cámara de vaporización produce un mayor movimiento molecular en la superficie de contacto, permitiendo así la vaporización continua. Ya que la mayoría de los anestésicos tienen una presión de saturación de vapor por encima de la requerida para obtener un plano anestésico adecuado, se utilizan otros gases acarreadores para diluir así su concentración, por

lo que sólo una fracción del flujo total pasa por la cámara de vaporización, entrando después como flujo adicional a la mezcla de gases y constituyendo así el flujo total. La mayoría de los vaporizadores usados actualmente se basan en este principio, variando su construcción conforme al anestésico utilizado, así como a otros factores que serán descritos después.

### **3.4 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA VAPORIZACIÓN.**

Existen una variedad de factores que modifican el grado de vaporización, los cuales han sido aplicados a la construcción de diferentes modelos de vaporizadores con el objeto de hacerlos más efectivos y seguros, tales son:

#### **3.4.1 La naturaleza intrínseca del líquido**

Este es el factor principal que determina la intensidad de vaporización de un líquido, sobre todo su presión de vapor y su densidad. En condiciones de tensión atmosférica normales, es imposible obtener concentraciones normales como las mostradas en la curva de saturación de vapor (figura 3-1).

#### **3.4.2 Temperatura.**

La cantidad de anestésico vaporizada está en relación directa con la temperatura, tanto la ambiental como la del recipiente del vaporizador. Un volumen de vapor formado por un líquido disminuye  $1/273$  por cada grado centígrado que baje la temperatura (Ley de Charles y Gay-Lussac). La rapidez con que desciende la temperatura dependerá de las características físicas del líquido, del calor latente de vaporización, del flujo de gases con que se pone en contacto y de la capacidad de conducción de calor del recipiente; el cobre, por ejemplo es un conductor excelente del calor. Por eso el cobre es preferido en la construcción de vaporizadores como el diseñado por Morris al que le llamó marmita de cobre (copper-kettle) ya que disminuye la pérdida de la temperatura por un líquido contenido en tal recipiente haciendo la vaporización más uniforme.

### **3.4.3 Superficie de contacto.**

Cuanto mayor sea la superficie de contacto, entre las fases líquida y gaseosa, será mayor la intensidad de vaporización, por lo que se han tratado varios métodos destinados a aumentar la exposición entre las dos fases, tales artificios son:

1. Las mechas de cordón que al ser sumergidas en el líquido aumentan la superficie de contacto, ya que se embeben con el fluido.
2. El burbujeo de los gases al pasar por el líquido también incrementa la superficie de contacto; es en proporción directa al número de burbujas formadas en la unidad de tiempo, para un determinado líquido; eventualmente la temperatura del líquido disminuye y puede reducir la concentración del anestésico saliendo del vaporizador. La formación de microburbujas mediante el uso de la esfera de bronce, o porex como la empleada en la marmita de cobre, facilita el burbujeo.

### **3.4.4 Tiempo de contacto entre las fases líquida y gas.**

Es lógico que, entre más tiempo permanezcan las moléculas de vapor por arriba de la superficie líquida, aproximándose al punto de saturación de vapor del líquido dentro del vaporizador puede influenciar el tiempo de contacto entre ambas fases, lo cual es de importancia en los vaporizadores de burbujas.

## **3.5 TIPOS DE VAPORIZADORES Y SUS CARACTERÍSTICAS .**

El perfeccionamiento técnico de las cámaras de vaporización, así como la necesidad de vaporizar concentraciones precisas de los potentes agentes como halotano, etrano, cloroformo, etc., así como una demanda de su rendimiento máximo en caso de los líquidos volátiles con baja presión de vapor como el metoxiflurano o el tricloroetileno ha llevado a varios diseños.

En contraste, la presión de vapor de los agentes más volátiles (éter) es más alta, lo que hace necesario la dilución con flujos de otros gases como oxígeno y óxido nitroso.

### 3.5.1 Tipos de vaporizadores.

De los vaporizadores que se localizan fuera del circuito, unos, como el Vernitrol con un flujo de oxígeno separado, lo incorporan después, junto con el anestésico ya vaporizado, al resto de la mezcla gaseosa. Otros llamados compensados, tienen la capacidad de compensar automáticamente variaciones de temperatura, manteniendo así la concentración deseada del líquido volátil (Fluotec, Pentec, Vapor, etc.) Se ha notado que, en este tipo de vaporizadores, el óxido nitroso tiene que saturar primero el líquido anestésico contenido dentro de la cámara de vaporización antes de que empiece a salir del vaporizador, por lo que la concentración de ambos es menor en los primeros minutos, exactamente en el momento crítico de la inducción, cuando mayores son necesarias para la captación; se recomienda presaturar el vaporizador con  $N_2O$  antes de inducir al paciente para que así se puedan obtener concentraciones altas de ambos.

Existen dos grupos fundamentales de vaporizadores: los vaporizadores con DIAL, y los de tipo Kettle o de alto rendimiento térmico. Los vaporizadores con DIAL obedecen al esquema general mostrado en la figura 3-2, en donde se muestra el principio de operación de un vaporizador de derivación variable. El flujo de gas fresco ingresa por la boca de entrada del vaporizador y se divide en dos porciones. La primera, que representa menos del 20% del flujo

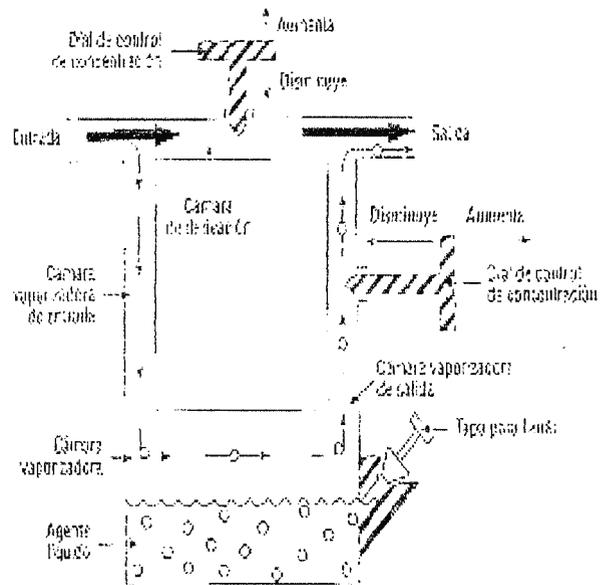
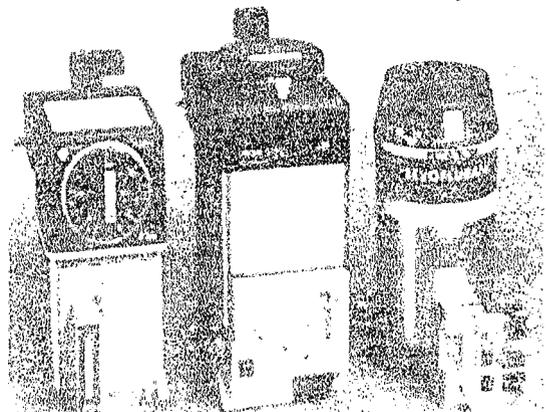


FIG 3-2.

de gas fresco, pasa a través de la cámara de vaporización, donde es enriquecida o saturada con el vapor del líquido del agente anestésico. La segunda porción que representa el 80% o más del flujo de gas fresco, pasa directamente a través de la cámara de derivación. Finalmente, ambos flujos parciales del gas se reúnen en la salida del vaporizador para ser entregados al circuito de respiración. La proporción

de los dos flujos parciales del gas fresco depende de la relación de las resistencias en las dos vías; esto es, la resistencia en la cámara de derivación comparada con la resistencia en la cámara de vaporización. El control del DIAL que selecciona la concentración del anestésico puede estar localizada en la cámara de derivación o en la salida de la cámara de vaporización, como se muestra en la figura 3-2. Un cambio en la concentración seleccionada en el DIAL produce un cambio en la resistencia lo que altera la proporción del flujo del vapor anestésico.

Con el DIAL colocado en la posición de cerrado (off) el flujo de gas fresco pasa directamente a través de la cámara de derivación hacia la salida del vaporizador. Por el contrario, la apertura del DIAL como se menciona anteriormente, direccionaliza el flujo de gases frescos hacia la cámara de vaporización (20%) y hacia la cámara de derivación (80%). Se han diseñado y fabricado varios vaporizadores específicos para halotano, enflurano, isoflurano y sevoflurano que tienen el principio de operación de derivación variable (Figura 3-2); además se les ha adicionado de correcciones compensatorias tales como: termocompensación, flujocompensación y compensación a los cambios de presión en el circuito de respiración (barocompensación). Estas correcciones permiten el buen funcionamiento del vaporizador compensando los cambios de temperatura interna; de igual manera, compensa los flujos elevados de gases frescos que son requeridos en los sistemas abiertos, así como las altas concentraciones anestésicas que se emplean durante el periodo de inducción de la anestesia. La barocompensación permite evitar que las presiones fluctuantes durante la ventilación mecánica sean retransmitidas desde el circuito de respiración hasta el vaporizador. En la figura 3-3, se muestran tres vaporizadores diseñados para el uso de sevoflurano en Estados Unidos de Norteamérica y Canadá modelos: Penlon, Ohmeda Tec 5 y Drager 19.1.



**Figura 3-3**

El grupo de vaporizadores tipo kettle para líquidos anestésicos es el denominado de alto rendimiento térmico, nomenclatura que define sus cualidades. Con estos vaporizadores las concentraciones anestésicas no se controlan mediante un DIAL; en su lugar se encuentra un flujómetro de gran precisión para caudales bajos y que es el paso obligado de los gases que ingresan en la cámara de vaporización. En el interior de la cámara de vaporización la presión de vapor corresponde permanentemente a la de saturación para la temperatura del líquido, la que se conoce a través del termómetro del vaporizador cuyo bulbo se encuentra sumergido en el líquido anestésico.

De la misma forma que en los vaporizadores con DIAL, las concentraciones anestésicas en las cámaras de vaporización de los vaporizadores tipo kettle, son mucho mayores que las de aplicación clínica, motivo por lo que se hace necesaria la dilución de las mismas previo a su entrega en el circuito de anestesia. El flujo de gases frescos de los vaporizadores con DIAL, se reemplaza en los de alto rendimiento térmico por el flujo que pasa a través de los rotámetros directos o generales de la máquina de anestesia. El cálculo de las concentraciones anestésicas con los vaporizadores de alto rendimiento térmico, está basado en el uso de tablas o reglas de cálculo diseñadas específicamente para tal fin. En ella se indica el valor del flujo de oxígeno que debe pasar por la cámara de vaporización para obtener la concentración deseada, tomando en consideración el líquido anestésico a evaporar y su temperatura, así también el flujo total a introducir dentro del circuito de anestesia.

Mapleson analizó las concentraciones volátiles emanando de los vaporizadores conforme a su posición en el aparato de anestesia. Si el vaporizador es empleado en un sistema de no-reinhalación, es decir cuando todo el gas espirado sale hacia la atmósfera, la concentración inhalada por el paciente es semejante a la que sale del vaporizador. En sistemas de reinhalación, dependiendo del volumen del flujo total y la posición del vaporizador, los vaporizadores se pueden dividir en dos categorías, conforme a su localización en el circuito respiratorio:

### **3.5.1.1 Vaporizadores fuera del circuito (VFC).**

Pueden utilizarse con ambos tipos de sistemas, siempre y cuando su posición sea en la línea de gases frescos provenientes de aparato de anestesia.

En las máquinas de anestesia contemporáneas los vaporizadores están colocados fuera del circuito, debido, principalmente, a que los modernos anestésicos volátiles presentan márgenes de seguridad relativamente estrechos entre las concentraciones útiles y las que producen efectos indeseables, lo que obliga a conocer sus concentraciones en forma precisa. De esta manera, los vaporizadores se localizan justo corriente abajo de los flujómetros.

### **3.5.1.2 Vaporizadores dentro del circuito (VDC).**

Usando de preferencia el sistema de reinhalación, los gases del circuito pueden pasar por el vaporizador, durante la inspiración o la espiración. Su rendimiento dependerá del flujo total de gases que llega al paciente y de su posición real dentro del circuito, ya que, si se colocan en el lado espiratorio, la concentración puede ser levemente más elevada, ya que la temperatura de los gases espirados es mayor haciendo más efectivo el rendimiento del vaporizador.

Además, parámetros de otra índole pueden influenciar no sólo las concentraciones que salen de los vaporizadores, sino también la concentración del mismo anestésico con el gas inspirado, así como la concentración alveolar, todo lo cual se discutirá a continuación.

## **3.5.2 El vaporizador precalibrado**

El vaporizador precalibrado es un dispositivo que controla la concentración del agente anestésico volátil distribuido a través de la salida de la máquina de anestesia.

Está destinado a un solo agente anestésico, precisamente calibrado y automáticamente compensado para desempeñar el rango usual de temperaturas y variaciones en el flujo del gas. Por ejemplo, si alguien regula la perilla de control de concentración para distribuir un % del agente anestésico, el vaporizador hará

un ajuste de temperatura y flujo para mantener su salida al  $1\% \pm$  la pequeña variación (tolerancia) especificada por el fabricante. Esta se mantiene constante así como el agente líquido se enfría y se calienta, si el cuarto está frío o caliente y si la medida total de flujo es alta o baja.

La figura 3-4 es un diagrama simplificado de flujo de gas a través de un vaporizador calibrado y es representativo de algunos modelos. El flujo de gas es generalmente dividido en 3 corrientes, una vez entra al vaporizador. La perilla o válvula de control de concentración ha sido movida a un lado de éste esquema con el fin de mostrar claramente el camino del gas. El gas fluye desde el flujómetro a través del múltiple común hacia la entrada del vaporizador, pasa a través de un filtro, y se mueve en dirección de la válvula de retén. Bajo condiciones normales ésta válvula permanece cerrada; se abre sólo cuando la medida del flujo del gas es más grande que la que distribuirá la concentración en la válvula de control de ésta. En ésta situación la válvula de relevo se abre para desviar este gas a la salida del vaporizador en vez de permitir que fluya en la cámara vaporizadora.

Al seguir las flechas que pasan la entrada de vaporizador y el filtro se observa que una porción se mueve hacia arriba y alrededor de la válvula desviadora de compensación de temperatura, y hacia la válvula check. Parece que no todo el gas viaja hasta la profundidad del vaporizador. La proporción de gas que va a través del canal en la válvula de desviación es ajustado de acuerdo a la temperatura. Cambios en la temperatura ambiente y en enfriamientos debido a la vaporización son continuos. Note que la válvula de desvío está conectada al fuelle sensor de temperatura, mostrado en la parte baja del diagrama junto a la cámara vaporizadora. Cuando la energía se pierde en forma de calor durante la vaporización el sensor responde. Se incrementa su nivel cuando el vapor está caliente y empuja la resistencia, lo cual eleva la válvula de desvío incrementando el tamaño de su apertura.

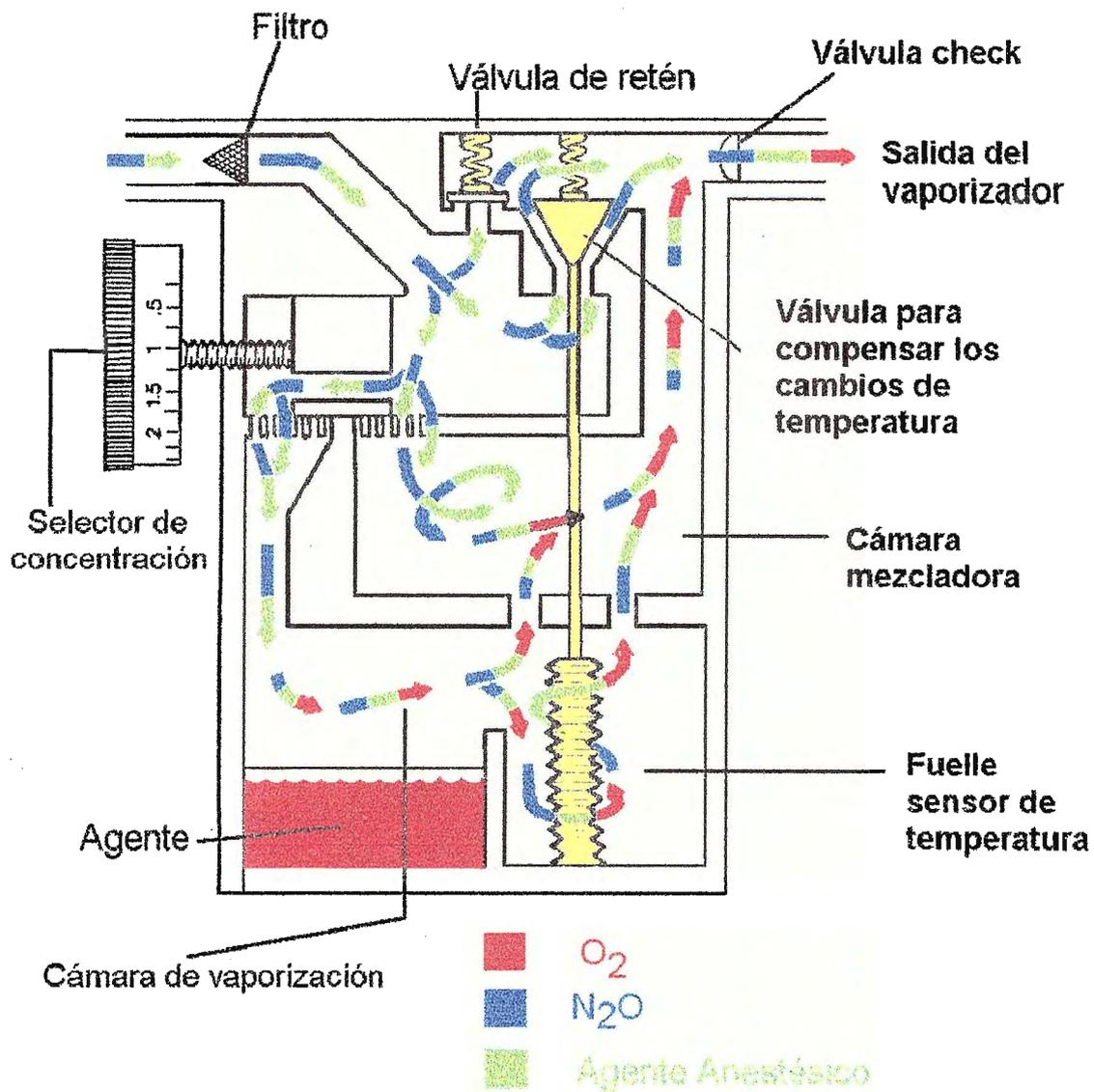


Figura 3-4

Así como este espacio se alarga, una proporción mayor de gas por llegar puede fluir a la salida, reduciendo la cantidad de total de gas disponible a las otras rutas. Cuando el vapor se enfría el fuelle se contrae y la válvula de desvío en forma de embudo se mueve hacia abajo y cierra parcialmente el canal de la válvula de desvío. Esto causa que más gas fluya a través de la válvula de control de concentración, donde el flujo es dividido entre la cámara de mezcla y la cámara vaporización. De ésta manera, el vaporizador compensa continuamente la temperatura, con el fin de mantener la concentración deseada.

El porcentaje deseado de agente se obtiene girando la válvula de concentración. Esta válvula altera la proporción de flujo que pasa a través de la vía calibrada (orificios) y sirve para dividir la corriente de gas entre las 2 cámaras. Cuando una concentración más alta es ajustada, más gas se dirige a la cámara vaporizadora y menos a la cámara de mezcla.

Una vez en la cámara vaporizadora el gas pasa sobre una serie de torceduras para que sean saturadas con agente líquido anestésico. Para lograr altas concentraciones se requieren que más flujo pase sobre el agente, mientras concentraciones bajas requieren menos flujo a través la cámara; el gas saturado deja la cámara vaporizadora y acompaña al gas no saturado en la cámara de mezcla. Desde aquí se mueve hacia arriba a la parte superior del vaporizador, donde se encuentra el gas que fue desviado a través de la válvula de desvío(valga la redundancia).

La mezcla de gas portadora de la concentración deseada de agente anestésico vaporizado pasa a través de la válvula check y fluye hacia la salida del vaporizador en su camino a la salida de la máquina.

La salida de vaporizador está equipada con una válvula check para prevenir un flujo reverso dentro del vaporizador. Esto disminuye los efectos de las fluctuaciones de presión de las corrientes bajas en la concentración del anestésico.

“Corriente baja “ puede significar cualquier lugar entre la válvula check del vaporizador y el paciente. La razón de interesarse por las fluctuaciones de

presión y el riesgo del flujo en dirección opuesta es simple: Esto causaría la paciente recibir un % selecto de agente más el porcentaje que haya sido recogido por el gas que regresó al vaporizador. De éste modo la válvula check de salida protege al paciente de recibir un porcentaje más alto de agente que el regulado en la válvula de control de concentración.

### 3.5.3 Características de los vaporizadores

Una forma precisa de administrar un líquido anestésico volátil es inyectarlo dentro del circuito de anestesia en volúmenes conocidos, teniendo en cuenta su rendimiento de vapor. Este método se utiliza frecuentemente en el campo de la investigación y en la enseñanza de la especialidad. Sin embargo, en la práctica moderna de la anestesia general inhalatoria se emplean vaporizadores especialmente diseñados para evaporar líquidos anestésicos de manera precisa y con un control predecible de su concentración. La existencia de más de una docena de diferentes diseños de vaporizadores sugiere que no se ha encontrado "el vaporizador anestésico ideal".

Las características clínicamente importantes de un vaporizador incluyen los siguientes aspectos:

1. Complejidad. El aumento de la precisión suele acompañarse de un incremento de la complejidad del diseño del vaporizador.

Tal como ocurre con el vaporizador de desflurano, cuyo aspecto exterior, aunque semejante a los vaporizadores convencionales, su funcionamiento interno es distinto y mucho más complejo .

2. Resistencia del flujo. Los vaporizadores con esta característica, suelen tener resistencia más baja al flujo de gas. El principio más sencillo empleado para aumentar la vaporización de anestésicos volátiles consiste en proporcionar una

superficie de contacto libre grande. Para obtener una interface grande entre aire y líquido, como en los vaporizadores de burbujeo a través del líquido, se requiere la descomposición del gas transportado hacia partículas pequeñas y éstas deben forzarse a través de líquido o de un regulador de flujo (tipo mechas).

3. Estabilidad de la temperatura. La vaporización es un proceso endotérmico. A medida que se forma vapor se reduce la energía cinética y el calor del líquido restante. En consecuencia, una concentración de vapor elegida no debe alterarse por cambios de temperatura en el líquido o en el ambiente. Para garantizar una vaporización uniforme, los vaporizadores contemporáneos son contruidos de materiales con una capacitancia y conductividad de calor elevada.

4. Estabilidad del flujo. Los vaporizadores modernos precalibrados que actualmente se utilizan, permiten vaporizar los agentes anestésicos con una gran variedad de flujos sin alterar la concentración entregada al circuito de respiración. Los vaporizadores estándar de derivación variable, permiten concentraciones de los anestésicos halogenados seguras y precisas entre un rango de flujos de 1 litro por minuto y 15 litros por minuto.

5. Precisión. Los anestésicos volátiles son fármacos potentes, que deben ser administrados en forma precisa y controlable a través de un vaporizador específico para cada agente. La concentración deseada del anestésico se obtiene girando el botón de control de concentración o DIAL. Los ajustes de DIAL están calibrados en volúmenes por ciento (v/v%), con lo cual se evita la necesidad de efectuar cálculos complicados. El DIAL debe indicar las concentraciones absolutas de preferencia en divisiones fraccionales

### **3.6 CONSUMO DE ANESTÉSICOS Y VELOCIDAD DE FLUJO DE GAS FRESCO**

El consumo de un líquido anestésico volátil está determinado por los siguientes factores: potencia del agente anestésico (CAM), solubilidad del anestésico en sangre y los tejidos y velocidad del flujo de gas fresco.

Los nuevos agentes anestésicos, desflurano y sevoflurano, son menos potentes que sus análogos clorinados, isoflurano y enflurano. Esta diferencia en la CAM tiene una influencia directa sobre el consumo y el costo del anestésico, porque la baja potencia implica un mayor consumo del agente. Así, el desflurano, con una CAM de 6.0%, tendrá un consumo significativamente mayor que el isoflurano que tiene una CAM de 1.15%. Sin embargo, la potencia no es el único factor; también la solubilidad del agente en la sangre y tejidos representa otro factor adicional importante en el consumo y en el costo del anestésico. La solubilidad en la sangre del desflurano y sevoflurano es tres veces más baja que la del isoflurano y como consecuencia la captación y eliminación de estos nuevos agentes es comparativamente más rápida que con el isoflurano, dando por resultado tiempos de inducción y recuperación de la anestesia significativamente más cortos, con lo cual se obtiene un ahorro sustancial en el consumo del anestésico durante la inducción y recuperación.

La velocidad de flujo de gases frescos es otro factor a considerar en el consumo y costo de la anestesia. El cuadro 3-2, muestra el consumo del desflurano, isoflurano y sevoflurano en una hora, empleando diferentes velocidades de flujo. Se observa claramente un consumo más bajo de los tres anestésicos empleando velocidades de flujo entre 1 y 2 litros por minuto que con flujos medios de 4 L.

CUADRO 3-2. Consumo de líquido anestésico en 1 hora con varias velocidades de flujo a un CAM equivalente

Líquido anestésico consumido en 1 hora			
Velocidad de flujo (L/min)	Desflurano (ml)	Isoflurano (ml)	Sevoflurano (ml)
0.2	10.1	6.3	5.0
1.0	26.1	9.7	10.9
2.0	46.1	13.9	18.3
4.0	86.1	22.4	33.2

Una de las formas más simples para reducir el consumo y los costos en anestesia es el empleo de bajas velocidades de flujo. Diversos estudios han demostrado una reducción de hasta un 50% en el consumo de isoflurano y enflurano utilizando un flujo de 4 L/minuto contra un flujo regular de 6 a 8 L/minuto.

Empleando equipo moderno y analizadores de agentes anestésicos, se pueden reducir de manera fácil y segura los flujos totales de gas frasco a 1 L/minuto. A continuación damos un ejemplo de esta técnica: inicie la inducción de la anestesia con 5 L/minuto durante cinco minutos, posteriormente ajuste a 2.5 L/minuto durante cinco minutos adicionales. Baje después a 1L/minuto de gas frasco. Ajustese el porcentaje del agente en el vaporizador a dos o tres veces la concentración al final de la espiración deseada durante los primeros diez minutos y manténgase el porcentaje del agente en el vaporizador entre 1.5 y 2 veces la concentración final espiratoria durante el resto del caso. Utilice la concentración final espiratoria del anestésico para monitorear el porcentaje real del agente en los alvéolos. Manténgase esta concentración a 0.7-1.0 CAM si se emplea óxido nitroso y a 1.3 CAM si se usa sólo oxígeno, o una mezcla de oxígeno/aire. Al terminar la cirugía cierre el vaporizador y regrésese al índice de flujo entre 2.5 y 5 L/minuto, cuando ya esté listo para despertar al paciente.

Los ahorros con la técnica descrita pueden alcanzar hasta un 75% para óxido nitroso y oxígeno y un 50 a 75 por ciento para los agentes anestésicos halogenados.

# **CAPÍTULO 4**

## **Diseño de las instalaciones para calibración**

## INTRODUCCIÓN. DISEÑO DEL CENTRO DE CALIBRACION.

En el presente capítulo se aborda el centro de calibración y sus requerimientos básicos. Se habla sobre el área física , requerimientos de aire condicionado, personal, tuberías de aire comprimido, herramientas y equipos necesarios, aspectos administrativos tales como selección de personal, forma de obtener la certificación del centro, chequeos y pruebas para dar servicio a los vaporizadores.

Todos los puntos anteriores van siendo mencionados desde lo básico: desde lo que se requiere en área física, herramientas, etc. hasta lo que se debe hacer para dar servicio a los vaporizadores, se aborda un modelo específico de vaporizador para explicar el proceso de servicio y resolución de problemas que puedan presentarse durante la calibración de éste modelo.

## Centro de Calibración

### Pautas operacionales:

#### 1.1 GENERAL

1. Los centros de servicio son unidades autónomas.
2. La administración de un centro de calibración es la principal responsable por:
  - a) La calidad del trabajo realizado y la organización comercial.
  - b) Entrenamiento del personal selección del personal apropiadamente calificado por aptitud, experiencia , educación, etc.
  - c) Proveer las instalaciones adecuadas para realizar el trabajo, las cuales deben de contar con:
    - Temperatura de trabajo adecuada
    - Áreas de trabajo adecuadas.
    - Etiquetas específicas para el centro de calibración.
    - Suministros de gases comprimidos.
    - Ventilación adecuada del área de trabajo y equipos para el manejo de gases de desecho.
    - Herramientas.
3. Los centros de calibración deberán mantener un inventario adecuado de partes de repuesto y prever con anticipación los pedidos debido a los tiempos de entrega para evitar atrasos en el servicio.
4. Los centros de calibración deben de estar siempre listos y cooperar en caso de que alguno de los fabricantes quiera realizar alguna visita de control de calidad.

## 1.2 Apoyo técnico a obtener de los fabricantes.

1. El apoyo técnico es esencialmente el respaldar al centro de calibración lo cual tiene la responsabilidad general de velar por el producto terminado: el vaporizador calibrado.
2. Esto es logrado de la siguiente forma:
  - a) Proveer de instrucciones escritas y en otro medio, manuales, etc. los cuales deben ser actualizados regularmente.
  - b) Provisión de paquetes adecuados de herramientas.
  - c) Entrenamiento inicial del personal.
  - d) Realización de visitas de control de calidad.

## 1.3 Procedimiento para el establecimiento del centro de calibración.

Para poder poner en funcionamiento el centro de calibración es necesario contar con la autorización del fabricante (o los fabricantes) de el o los modelos de vaporizadores a los cuales se les dará el servicio de calibración. Los pasos a seguir son los siguientes.

1. Realizar un contrato con El o los fabricantes.
  2. Realizar los pedidos de :
    - a) Kit de respuestos para cada modelo de vaporizador.
    - b) Equipo y herramientas a usar.
- Nota: para todo lo anterior se deben tomar en consideración los tiempos de entrega de los pedidos, información que puede proporcionar el fabricante.
3. Selección del técnico a capacitar y solicitar el entrenamiento técnico.
  4. Verificar que el local cumpla con los requerimientos del fabricante.

5. Los técnicos luego del entrenamiento deben aprobar y certificar el local.
6. Para completar la certificación del local se requiere la visita técnica de parte del fabricante.

#### 1.4 Requerimientos del centro de calibración.

##### 1. Área de trabajo:

###### a) Distribución en planta:

En la figura 4-1 se muestra la distribución en planta sugerida para el centro de calibración, aquí es donde se realiza el trabajo, consiste en un cuarto con temperatura controlada. El área total debe de ser de al menos 50 metros cuadrados ( $450 \text{ ft}^2$ ) Se permite dividir el área total en otras más pequeñas, dejando siempre un área para el cuarto de calibración principal de 20 metros cuadrados ( $189 \text{ ft}^2$ ) con temperatura controlada de 20 a 22°C (aire acondicionado) el cual debe de estar funcionando por lo menos desde una hora antes de iniciar el trabajo en el área. Los demás cuartos no necesitan estar a ésta temperatura.

###### b) Almacenaje:

Se debe contar con mesas y armarios adecuados para almacenar partes de repuesto para calibración de vaporizadores y se debe llevar un sistema de inventario adecuado para realizar los pedidos de repuestos tomando en cuenta los tiempos de entrega.

Se necesita una mesa para empaque y desempaque la cual debe contar con estantes para los vaporizadores que entran y salen de la calibración. Es recomendable el usar empaques de poliestireno para el envío de vaporizadores para su protección durante el viaje. También se requieren cajas plásticas para vaporizadores desmantelados.

## 2. Suministro de aire comprimido:

Todas las válvulas, accesorios de seguridad, válvulas, etc, para instalaciones de aire comprimido deben de cumplir las normas de la NFPA

Se debe de contar con un abastecimiento de aire médico comprimido, el cual puede venir de cilindros o de un compresor. De el último sistema se recomienda un compresor sin aceite combinado con un filtro y un enfriador para asegurar un suministro libre de aceite y humedad. Si se utiliza un compresor de pistones , debe ser ultra filtrado para remover el aceite , agua y otras impurezas para dar un aire 99.9% puro. Además:

- a) El compresor debe ser colocado fuera del cuarto de calibración y los tomas de aire en la pared dentro del cuarto de calibración deben de tener al menos un diámetro de 25mm y el largo debe ser adecuado para permitir un flujo lento del aire en las tuberías reduciendo así la temperatura que éste trae del compresor a una de aproximadamente 21°C en la entrada del vaporizador. Un arreglo de tuberías se muestra en la figura 4-2.
- b) El compresor debe de entregar el menos 30 litros por minuto a una presión de al menos 2 bar (30PSI). Si el suministro es desde la fuente de fabricación éste debe de ser ultra filtrado como se mencionó.
- c) La fuente de aire comprimido debe ser ajustada a las normas de la NFPA 99-C tomando en cuenta lo siguiente:
  - Las tuberías deben de ser lo suficientemente largas para evitar pérdidas de presión bajo condiciones de máximo flujo.
  - Las líneas de aire deben ser instaladas con el menor número de restricciones posibles para mantener bajo el costo del aire comprimido. Se deben evitar dobleces agudos en la tubería para un flujo más eficiente y mayor economía en la potencia del motor.

- Se recomienda inclinar las tuberías en la dirección del aire comprimido para que así la gravedad y el flujo de aire acarreen la humedad a las trampas de agua localizadas a intervalos frecuentes. Estas deben ser limpiadas frecuentemente y jamás permitir que se llenen y se vuelvan inoperativas.
- Los compresores deben ser instalados si es posible en áreas bien ventiladas, las entradas de aire al compresor deben de estar situados en un área lo más fresca posible. Se pueden usar filtros con drenado automático para evacuar el exceso de agua de éstos. Los enfriadores mejoran la eficiencia del sistema.
- Para evitar que la humedad alcance al equipo las conexiones a las mangueras o salidas deben de ser en la parte alta de la tubería principal y se deben de usar dobleces con radio grande en las tuberías. Asegúrese de usar un tamaño adecuado de tuberías, válvulas y mangueras para anticipar el máximo flujo esperado.

### 3. Suministro eléctrico:

El suministro eléctrico usado normalmente es de 110 V a 60Hz, por tanto el equipo debe de ser pedido al fabricante para que cumpla estas especificaciones. Se requieren un mínimo de 3 tomacorrientes para el horno, refractómetro y bomba de succión.

### 4. Control de temperatura:

El área para calibración de los vaporizadores debe de estar a una temperatura de 21-23°C por una hora antes de la prueba de calibración y durante todo el procedimiento de calibración. Idealmente debería haber una unidad de aire acondicionado controlada por tiempo. Se recomienda que el aire sea introducido al cuarto a través de varias entradas y que se utilicen difusores para evitar mezcla de zonas de calor y frío.

## 5. Iluminación.

Debe de existir una iluminación general para el área y otra focalizada en áreas específicas de trabajo. La general será proveída por lámparas fluorescentes, pueden ser de dos tubos de 40 Watts. La caja que las contenga debe ser el tipo contra terremotos, dependiendo de la actividad de la zona.

Se colocarán brazos con lámparas fluorescentes o incandescentes en las áreas donde se estará trabajando en el desarmado y armado de vaporizadores, también donde se realice cualquier trabajo de llenado de formularios, o cualquier otra actividad donde se requiera una mejor iluminación que la proveída por la general.

El cielo falso o techo debe de estar pintado de blanco para mejor reflexión de la luz, así como se deben de usar colores claros en las paredes. No hay otros requerimientos especiales para la pintura en las paredes.

## 6. Sistema de extracción (evacuación).

En referencia a la figura 4-1 se requiere extracción en los siguientes puntos:

- a) Desde la salida del vaporizador durante la prueba.
- b) Desde la zona de secado del vaporizador (antes de realizar el trabajo)
- c) Desde el armario de llenado y vaciado.
- d) Desde el área de limpieza donde se utilicen solventes tales como el Tricloroetileno.

Para los numerales a y b el sistema más simple es tener una tubería de unos 25mm de diámetro a través de un agujero en la ventana o pared con el lado abierto protegido contra el bloqueo. Esta tubería debe ser lo más corta posible para que no haya resistencia medible a un flujo de 10 l/min. Para los puntos b y c, se puede usar un ventilador de ventana para remover los vapores. Sin embargo, los 4 puntos pueden ser conectados por una tubería a una 'caja' de extracción la cual está formada por el armario de llenado y extracción con un ventilador fuerte adentro.

Es imperativo que el flujo que pasa a través de los vaporizadores no encuentre ninguna restricción en el sistema de evacuación o extracción, sin embargo si la tubería es demasiado larga debería de ser conectada a una caja de extracción de tal forma que existe una presión negativa a la salida del vaporizador. Esta presión negativa debe de ser limitada de tal forma que el flujo indicado por el sistema sea de 10-14 LPM al punto en donde se conecta a la salida del vaporizador. Se puede usar una pieza en T en este punto para hacer entrar aire de la habitación y evitar más problemas.

#### 7. Manuales de servicio:

Los manuales de servicio del fabricante serán enviados al centro de calibración como documento de referencia después del entrenamiento. Se realizan actualizaciones a los manuales cada cierto tiempo por su sustitución y en casos más urgentes un boletín de servicio que precede el cambio de manual.

#### 8. Herramientas:

Se pueden clasificar en un paquete de herramientas estándar, que se utiliza en general y en paquetes de herramientas específicos para cada modelo y marca de vaporizador. El centro debe de pedir al fabricante de los vaporizadores a los que va a ofrecer el servicio de calibración los paquetes de herramientas específicos para cada modelo de vaporizador.

#### 9. Partes de repuesto:

Las partes deben de ser ordenadas antes de 12 semanas, o el tiempo que especifique el fabricante que se tardan en llegar, antes de que empiece el entrenamiento del técnico encargado. Usualmente el fabricante, en la literatura que envía al centro de calibración como guía para su funcionamiento, incluye un listado guía de repuestos que pueden ser ordenados para empezar.

#### 10. Personal técnico:

Se recomienda entrenar a dos técnicos para dar una cobertura adecuada en el servicio. Debido a que los vaporizadores son principalmente dispositivos mecánicos, el técnico debería tener conocimientos de ingeniería, y de máquinas de anestesia. Debido al material de lectura disponible casi exclusivamente en inglés el / ella debe de

hablar inglés técnico además de que sería recomendable que el / ella tenga experiencia previa en el mantenimiento de equipo médico.

#### 11. Entrenamiento:

Existen dos tipos de servicio para el vaporizador: **Servicio en el campo** el cual se puede cubrir al enviar el “manual de servicio en el campo”, el cual no será tratado, y el otro que es el **servicio en el centro de calibración**.

El entrenamiento para el centro de calibración debe de ser proporcionado por el fabricante donde las instalaciones estén disponibles.

#### 12. Certificación del Centro de Calibración.

Después del entrenamiento realizado por el fabricante, el técnico debe de certificar el centro de calibración que ya ha sido preparado, preparar las herramientas y verificar los repuestos y comenzar a trabajar inmediatamente para aprovechar el entrenamiento y evitar el olvidarlo.

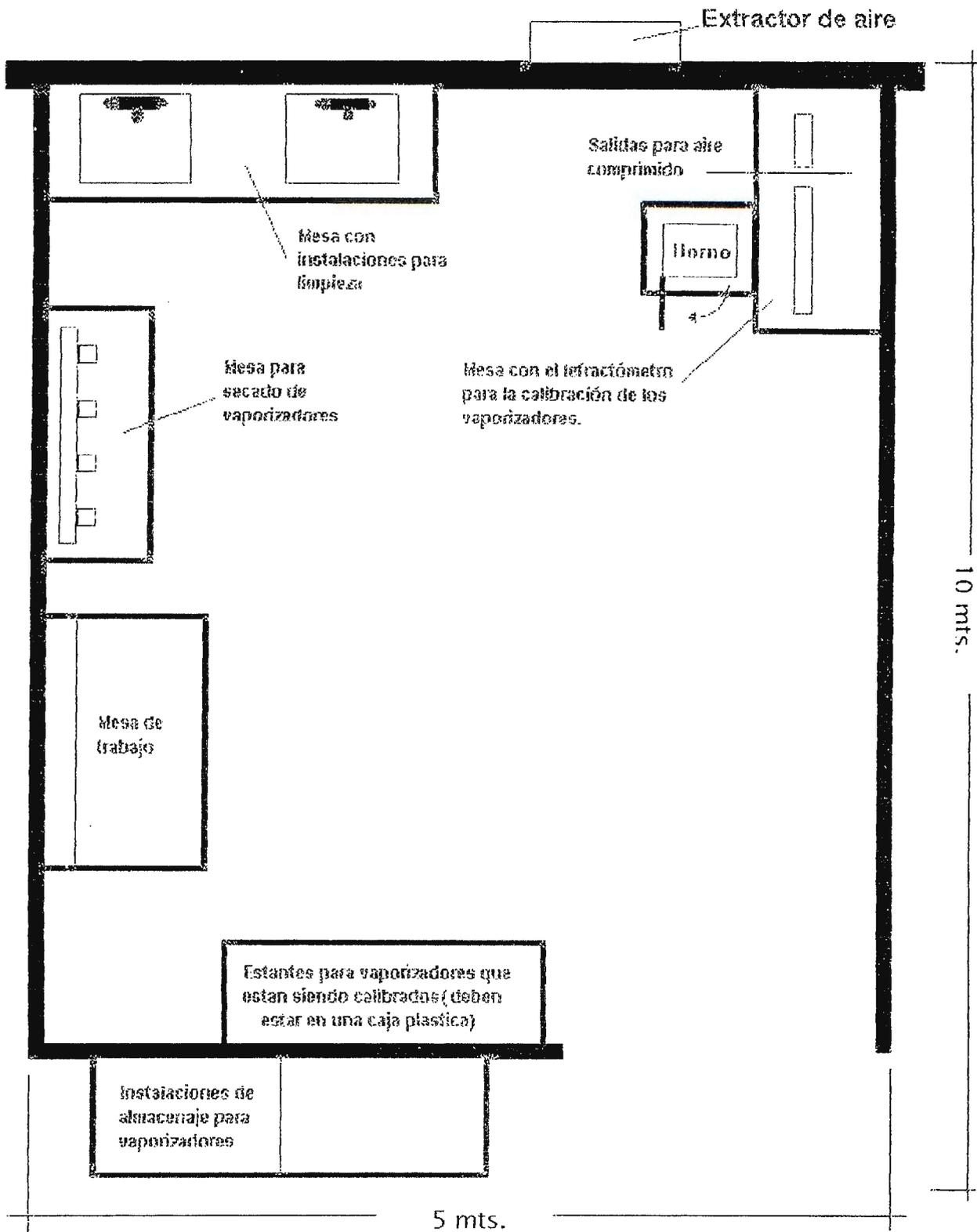
Después de un promedio de 4 semanas de experiencia práctica, depende de la duración del curso fabricante, una visita técnica será hecha por parte del fabricante para asegurar que el centro de calibración está trabajando eficientemente y dar entrenamiento adicional si fuera necesario.

#### 13. Agentes para prueba y solventes.

Se recomienda adquirir cantidades adecuadas de agentes anestésicos antes de realizar la certificación del centro de calibración. Se sugiere tener 100cc de agente anestésico por cada vaporizador a calibrar durante el período de aprendizaje. El agente de prueba es aquel para el cual el vaporizador está calibrado. El fabricante especifica también cuáles agentes de prueba usar para cada tipo de vaporizador. Se recomienda usar GENKLENE o similar para limpiar los componentes de los vaporizadores.

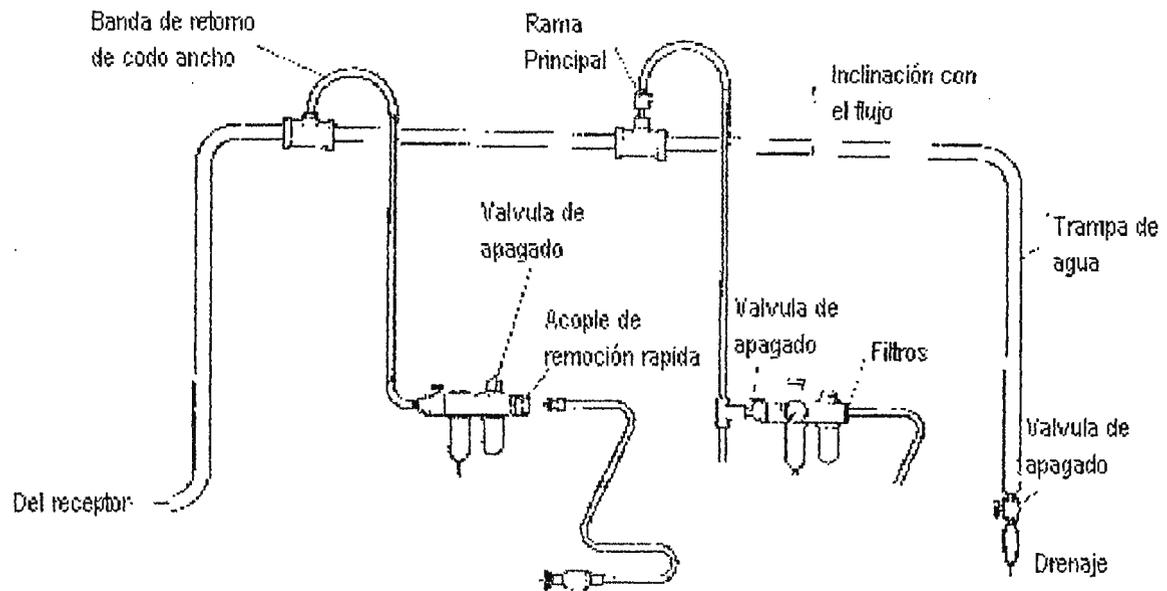
#### 14. Productos a calibrar.

Es indispensable que se tengan vaporizadores para calibrar antes de la fecha de certificación. Sería recomendable ofrecer el servicio gratis a los primeros vaporizadores (talvez los primeros 10) para tener vaporizadores con los cuales trabajar durante el aprendizaje.



Distribución en Planta. Figura 4-1

Distribución sugerida tomada de manuales de Datex-Ohmeda.



Ejemplo de un arreglo de tuberías para el sistema de aire comprimido

Figura 4-2

## 2.0 HERRAMIENTAS Y EQUIPO

Nota: La presente lista es para guía solamente, primero que nada se debe de establecer contacto con el fabricante de la marca de vaporizador a calibrar para que éste proporcione la lista de las herramientas necesarias para los modelos de vaporizadores que posee.

### 2.1 Equipo y herramientas estándar.

#### EQUIPO

Bomba de succión (110V)

Refractómetro (110V)

Horno de 110V.

Manómetro de mercurio.

Flujómetro de 0-10 lpm.

Flujómetro de 0-500cc.

Termómetro recto de 0-50°C

Termómetro acodado de 0-140°C.

Cronómetro.

Termómetro de pared.

Termómetro para horno de -10°C a 110°C.

#### HERRAMIENTAS

Recipiente o Reservorio.

20 metros de tubería de PVC reforzada de 6.5mm.

Fuelle manual.

Cámara de mezcla.

Destornillador plano acuñado mediano.

Destornillador plano acuñado pequeño.

Destornillador plano recto mediano.

Destornillador plano recto pequeño.

Destornillador con ratchet pequeño.

Destornillador con ratchet mediano.

Lima fina de ½ in de ancho.

Brocha de ½"

Brocha de 1/8".

Tijeras.

Martillo con cabeza de goma.

Adaptadores para llenado de vaporizadores (con dispositivo de seguridad contra llenado erróneo), es uno para cada tipo de vaporizador y cada marca.

Toallas o franelas para limpieza.

Duraglit.

Adaptadores de tubería

Pieza T de 8mm.

Set de llaves Allen medida inglesa.

Set de llaves Allen Métrico.

Llave inglesa pequeña.

Llave stilson.

20 metros de tubería de PVC de 8mm de diámetro.

Grasa Fluorinada.

Botella de sobreflujo.

Tubo corrugado de hule de 42"

**IMPORTANTE:** Todo lo anterior es sólo un listado general de las herramientas que se requieren, las anteriores y otras no mencionadas vienen incluidas en un paquete de herramientas que el fabricante de los vaporizadores se encarga de proveer al centro de calibración, por tanto, lo único que se debe hacer es solicitar éste al fabricante. De esta forma se asegura que se estén utilizando herramientas, materiales, consumibles y equipo de la mejor calidad y exactitud lo cual evita daños en los vaporizadores por el uso de herramientas

inadecuadas, o compuestos químicos inadecuados y asegura que todas las mediciones tomadas tienen la mejor exactitud posible.

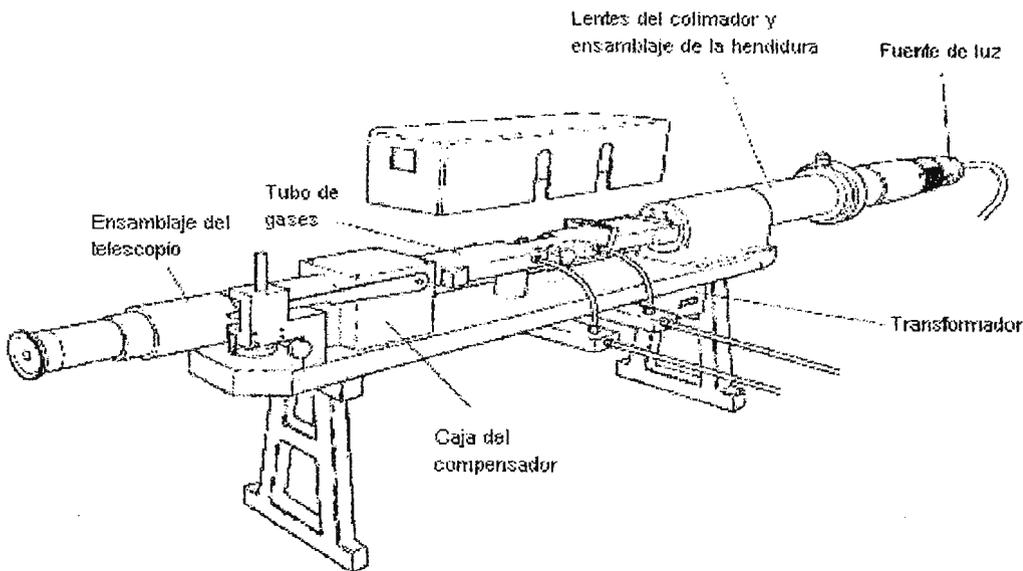
Existen sin embargo elementos que no los suplirá el fabricante y que pueden ser obtenidos localmente , los cuales son:

Manómetro de mercurio

Agentes para prueba de los vaporizadores.

Agente de limpieza.

Alcohol metilado.



**Principales componentes del refractómetro**

Fig 4-3

Ejemplo de un refractómetro comúnmente utilizado

### **3.0 Procedimientos para la calibración de vaporizadores de gases Anestésicos.**

#### **3.1.1 Descripción.**

Los vaporizadores a los que se les dará servicio son aquellos diseñados para su uso fuera del circuito en técnicas de flujo continuo en anestesia inhalatoria. Los vaporizadores son del tipo compensados para temperatura y flujo de tal forma que su salida permanece relativamente constante no importando el enfriamiento debido a la vaporización y variaciones en el flujo de entrada.

Cada vaporizador está claramente marcado con el nombre de el agente anestésico para el cual está diseñado.

#### **3.1.2 Mecanismo de interbloqueo.**

La mayoría de vaporizadores cuentan con un múltiple al cual se pueden colocar varios vaporizadores para distintos agentes el cual tiene un sistema de interbloqueo diseñado para:

- Asegurarse que el vaporizador está fijo en el múltiple antes que se pueda encender.
- Tener la seguridad que sólo un vaporizador puede ser usado al mismo tiempo.
- Asegurarse que el flujo de gas entra sólo al vaporizador que es encendido.
- Minimizar cualquier resto de vapor anestésico después que el vaporizador es apagado.

#### **3.1.3 Dial de control.**

A) Dial: Se emplea un dial de control con una escala de concentración calibrada en porcentaje de vapor de agente anestésico por volumen total (v/v) para ajustar la concentración deseada de agente anestésico.

B) Bandas del dial: Las bandas del Dial está codificadas de acuerdo al tipo de droga y difieren en el posicionamiento de sus graduaciones.

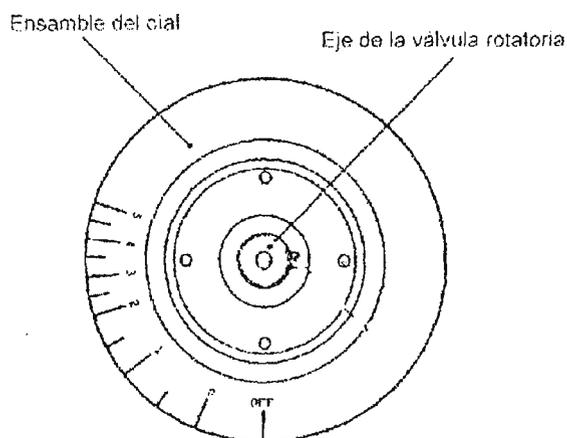


Figura 4-4

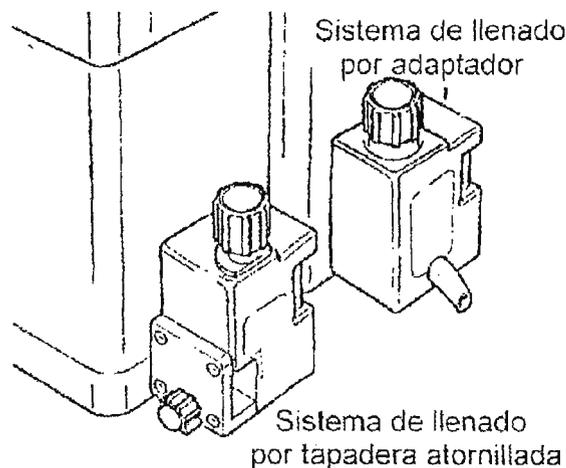


Figura 4-5

Fuente Datex-Ohmeda

### 3.1.4 Válvula rotatoria.

Las restricciones de flujo a través de la cámara de vaporización está determinada por una válvula rotatoria la cual tiene un canal de control de vapor curvo realizado sobre su superficie. La restricciones de el canal se miden usualmente en centímetros de agua. El ajustar la válvula a una mayor resistencia restringe el flujo de gas fresco a través de la cámara de vaporización para dar una concentración entregada más baja. De igual manera el cambiar la válvula rotatoria a una menor lectura de resistencia incrementa el flujo de gas fresco a través de la cámara vaporizadora para dar una concentración entregada más grande.

### 3.1.5 Sistema de llenado.

Ver Fig. 4-5

A) Sistema de llenado por adaptador. Este sistema consiste en la botella, el adaptador de la botella , el puerto simple para llenado y drenado unido al vaporizador.

B) Llenador por tapadera atornillada. El llenador por tapadera atornillada consiste en el ensamblaje del bloque, la tapadera, una llave de desagüe y un tubo de vidrio indicador del nivel del agente.

### 3.2 Realización del servicio.

Nota: Los procedimientos detallados a continuación se basan en el modelo Tec 4 de CYPRANE.

Los pasos son los necesarios para todo vaporizador, sólo cambia el procedimiento específico debido a las diferencias mecánicas entre marcas y modelos de vaporizadores.

#### 3.2.1 Introducción:

**El servicio estándar a un vaporizador incluye lo siguiente:**

- Incorporación de cambios de diseño y actualizaciones como se requiera.
- Desensamblaje completo del vaporizador.
- Limpieza.
- Inspección por daño o desgaste.
- Recambio de empaques, sellos y componentes dañados o desgastados.
- Lubricación.
- Pruebas táctiles.
- Chequeo de las concentraciones entregadas bajo condiciones extremadamente definidas a diferentes temperaturas y flujos.
- Regraduación o ajuste si fuera necesario.

#### 3.2.2 Procedimiento de Servicio.

**Advertencia:** Realice el procedimiento de limpieza en una cámara con extracción.

Todos los fumadores deben de lavar sus manos antes de fumar después de haber usado grasa fluorinada.

a) Drenaje y secado:

- Monte el vaporizador en un soporte, coloque el dial al máximo.
- Pase una mezcla de aire y oxígeno a 5 litros por minuto a través del vaporizador por al menos una hora hasta que los empaques y mecha se hayan secado. Envíe los gases hacia un sistema de extracción.

Alternativamente bloquee la salida de el vaporizador, gire el dial a su posición máxima y conecte el drenaje del vaporizador a un suministro de vacío (Entre 10 lpm y 30 lpm de flujo negativo) por una hora hasta que el vaporizador esté seco.

b) Mecanismo de interbloqueo y válvula rotatoria.

Con el vaporizador montado sobre el soporte proceda como sigue:

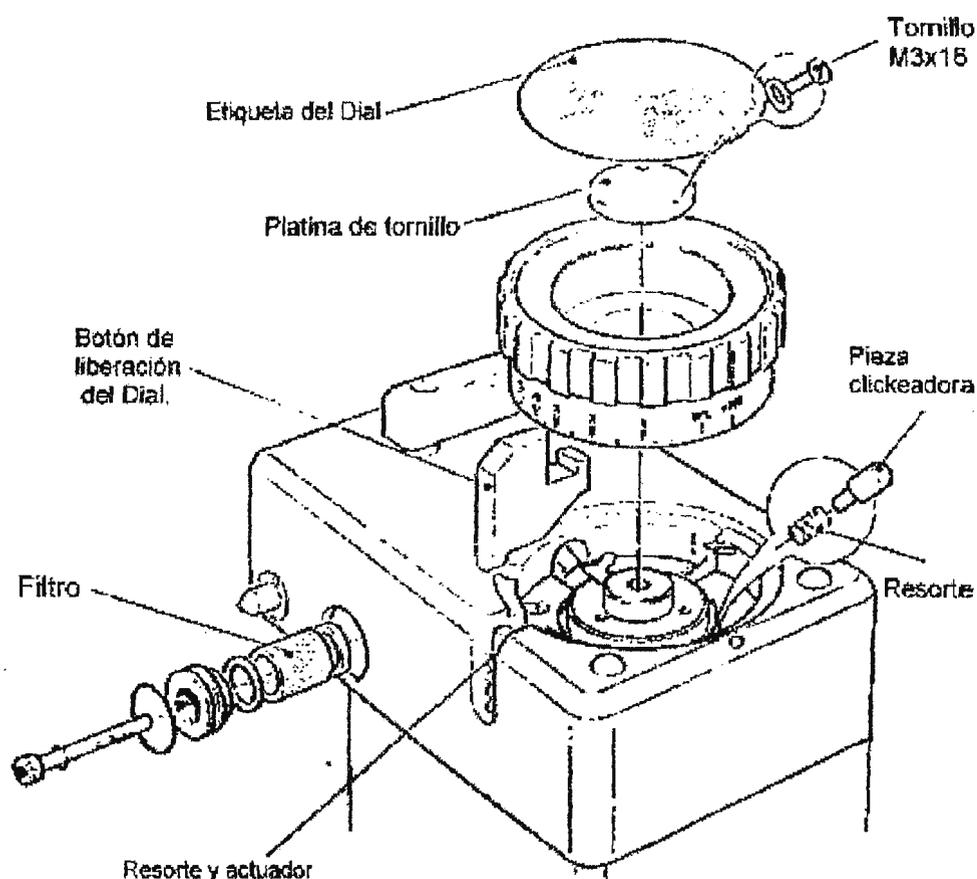
- Remueva el dial. Y ajuste una llave de torque sobre el dial.
- Asegúrese que la llave indique cero.
- Mueva lentamente el dial desde la posición OFF usando la llave como una palanca.
- Registre la máxima lectura de torque y se dicha lectura excede los 22lbf/in, debe ser colocado el kit de recambio para dicha parte para reducir el torque de encendido.( Este valor de torque es para Cyprane TEC4)

Remueva el vaporizador del soporte y examine visualmente en busca de daño externo, coloque partes nuevas si se encuentran dañadas o gastadas.

3.2.2.1 Filtro: Chequee el filtro de entrada de gas y coloque un nuevo filtro si éste está sucio.

3.2.2.2 Dial:

- Coloque el dial en la posición de apagado.
- Remueva y descarte la etiqueta autoadhesiva de la cubierta del dial.
- Remueva el dial.
- Inspeccione el dial y el sistema de parada por signos de daño, chequee que la banda del dial no se esté despegando y coloque partes nuevas según sea necesario.
- Remueva el botón de liberación del dial , resorte y otras partes.



Ensamble del Dial

FIGURA 4-6

Fuente Datex-Ohmeda

### 3.2.2.3 Desensamblaje del mecanismo de interbloqueo.

#### Para Cyprane TEC 4

Ver figura 4-7

- Retire los tornillos M3x10 y remueva la manija de la palanca de bloqueo.
- Remueva y descarte la etiqueta autoadhesiva de la tapadera.
- Retire los dos tornillos M4x8 y remueva la tapadera y la arandela.
- Retire los dos tornillos M4x16 y levante el ensamblaje del brazo de pivote de la plataforma.
- Levante el ensamblaje de la plataforma separándolo del eje.
- Remueva el seguro y las arandelas la cuales aseguran el eje de la palanca de bloqueo en el bloque interbloqueo.

- Pase el eje a través del bloque y hacia arriba, completo con todas las partes.
- Chequee que la cubierta sea del tipo más actual con un color negro , si no es de color negro descártelo.
- Remueva y descarte el resorte de retorno de la palanca de bloqueo.
- Retire los tornillos M4x16 , remueva y descarte la aguja de la plataforma.
- Remueva y descarte los empaques 'O' y resortes de los ejes actuadores de la plataforma.
- Asegúrese que el área en el bloque de interbloqueo esté limpia y libre de polvo.
- Inspeccione el mecanismo por signos de desgaste y daño. Coloque nuevos componentes si fuera necesario.
- Chequee que los pines de parada para el control de parada no están dañados. Coloque un nuevo pin de parada si fuera necesario.
- Remueva el botón de liberación de parada y el resorte, descarte el resorte y verifique que el botón es del tipo reciente.

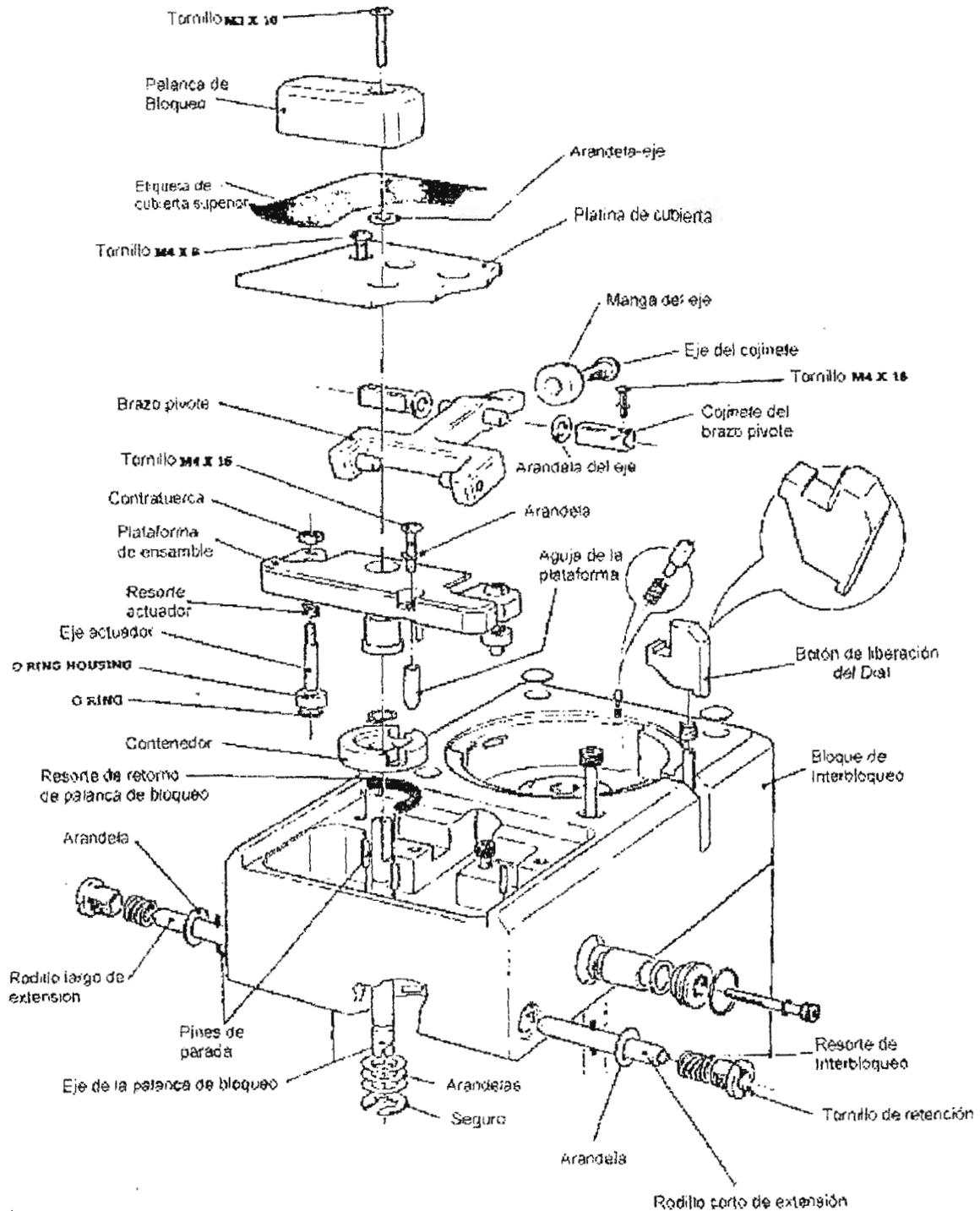


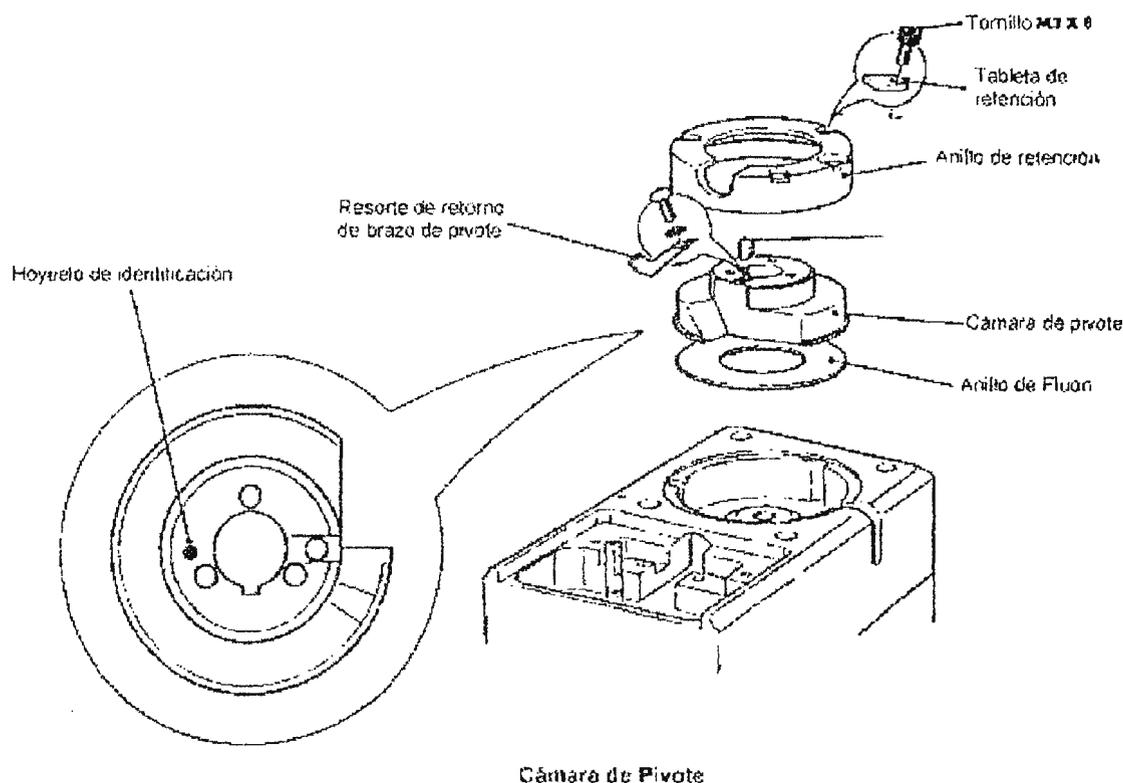
Diagrama de partes

FIGURA 4-7

Fuente Datex-Ohrneda

### 3.2.3.4 Cámara de Pivote.(Figura 4-8)

- Retire los 3 tornillos M3x8 y las 3 tabletas de soporte.
- Remueva el anillo de retención, la cámara de pivote y el anillo de Fluon.
- Verifique que no se requieran partes nuevas.



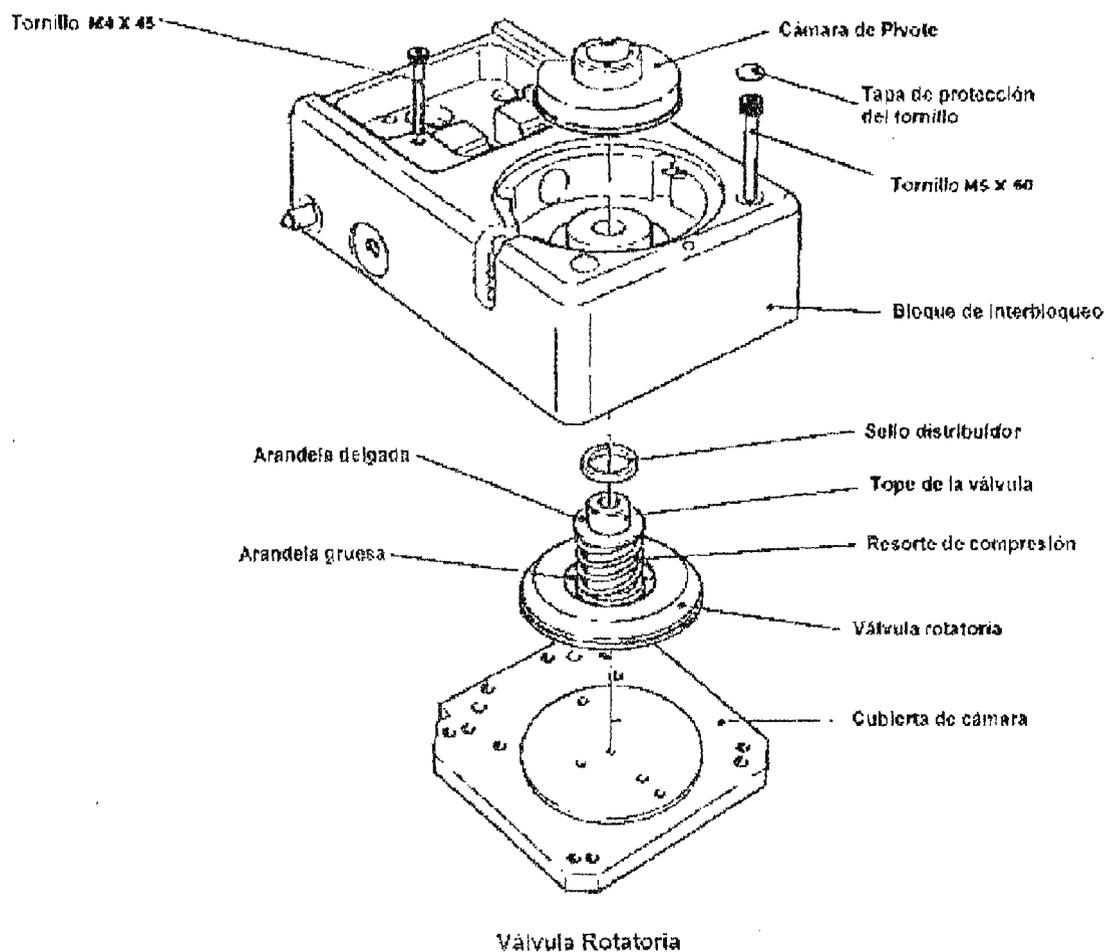
**FIGURA 4-8**

Fuente Datex-Ohmeda

### 3.2.2.5 Válvula rotatoria:

- Remueva las 4 tapas de protección de tornillos, retire los 4 tornillo M5x50 y levante el bloque de interbloqueo.
- Remueva la válvula rotatoria completamente con el resorte de compresión y dos arandelas.
- Inspeccione y limpie la válvula rotatoria como sigue:
  - a) Remueva y descarte el sello de distribuidor.
  - b) Chequee la válvula por daño.

- c) Coloque un nuevo resorte si el original está corroído o dañado, y coloque arandelas nuevas si alguna está dañada.
- d) Limpie el interior del bloque de interbloqueo.
- e) Limpie la válvula rotatoria con un trapo humedecido en Genklene, Freon T F, o un agente libre de THYMOL tomando particular cuidado en no dañar la cara de abajo. La válvula no debe de ser sumergida en Genklene . Aquellas marcas que no sean removidas con el trapo deben de ser removidas suavemente con pasta para plata Duraglit. Después de frotar las superficies deben de ser limpiadas con Genklene, Freón T F para remover fibras de tela o residuo de Duraglit.

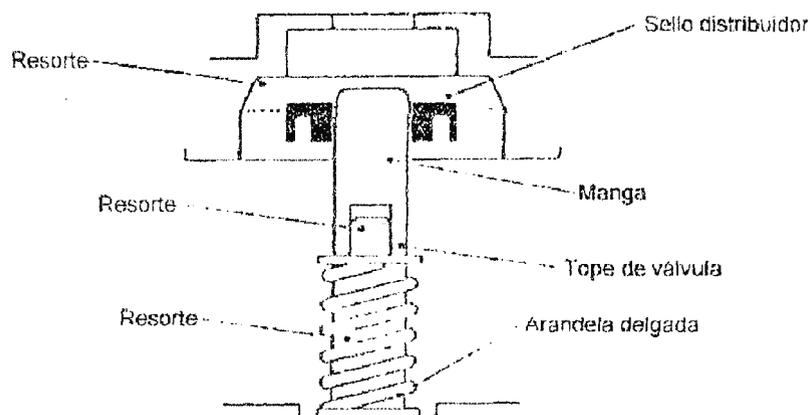


**FIGURA 4-9**

Fuente Datex-Ohmeda

### 3.2.2.6 Reajuste y reensamblaje de la válvula rotatoria.

- Coloque la arandela delgada bajo el tope de válvula seguido por el resorte y por la arandela delgada hecha de Nylon.
- Tome un nuevo sello distribuidor y coloque un poco de grasa fluorinada. Coloque la manga nueva sobre el tope de válvula. Coloque el sello distribuidor en la manga. Chequee que un 'O' ring y dos arandelas sean colocadas abajo de el bloque de interbloqueo.
- Coloque la válvula rotatoria sobre la base con el indicador hacia el lado derecho como se ve desde arriba cuando se está frente al vaporizador. Cuidadosamente presione hacia abajo sobre el bloque de interbloqueo hasta que los tornillos de fijación puedan ser colocados, y apretados. Coloque las tapaderas de protección.



Ajustando el sello rotatorio distribuidor

**FIGURA 4-10**

Fuente Datex-Ohmeda

### 3.2.2.7 Reensamblaje del mecanismo.

- Coloque un nuevo resorte de retorno para la palanca de bloqueo en el surco largo de una cubierta de parada externa negra y luego aplique grasa fluorinada al resorte.

- Usando un destornillador pequeño comprima el resorte y luego empuje el resorte y la cubierta de parada de tal forma que el pin corto mantiene al resorte comprimido.
- Aplique grasa fluorinada a los ejes actuadores.
- Coloque nuevos resortes a los ejes actuadores, engrase los ejes, luego coloque sellos en O a las cubiertas selladoras y luego coloque ésta.
- Coloque el anillo de deslizamiento sobre la espiga de el bloque de interbloqueo.
- Coloque y asegure el anillo de retención con las tabletas de ajuste y los tornillos M3x8. Apriete los tornillos a 5 lbf/in.
- Lubrique los ejes del brazo de pivote con grasa fluorinada, ensamble el brazo de pivote a la plataforma, luego coloque el ensamble completo al bloque de interbloqueo.
- Ajuste los ejes para dar un juego mínimo para el movimiento libre del brazo de pivote.
- Asegure todo con los tornillos M4x16 y las arandelas. Apriete los tornillos hasta un torque a 9 lbf/in.
- Coloque un nuevo resorte de retorno del brazo de pivote y apriete a 9 lbf/in.
- Coloque el resorte y el botón de liberación del selector o Dial.

#### 3.2.2.8 Rodillos de extensión:

- Seleccione nuevos rodillos de interbloqueo, se debe tener cuidado pues un rodillo es más corto que otro así que deben de ser colocados en el orden correcto. Lubrique cada rodo con grasa fluorinada coloque las arandelas y resortes nuevos y asegure con el tornillo. Verifique que cada rodillo regrese fácilmente después de presionarlo, puede permanecer dentro menos de un segundo, pero si lo hace por más tiempo desarme e investigue la causa.

#### 3.2.2.9 Ensamblaje del Dial.

- Chequee la pieza de clickeo y renueve si es necesario. Coloque el resorte, el botón de liberación de dial y el resorte de éste .

- Coloque y asegure el dial a la cámara de pivote por medio de los tornillos M3x16 y las arandelas. Apriete a 5 lbf/in.

#### 3.2.2.10 Prueba después del ensamble.

- Temporalmente coloque la palanca de bloqueo y gírela a la posición de bloqueo.
- Rote el dial desde la posición de apagado hacia la posición máxima verificando que el movimiento es suave.
- Coloque el vaporizador sobre el múltiple de prueba y asegúrese que el vaporizador no puede ser encendido hasta que esté colocado en forma segura en el circuito.
- Chequee que el dial no puede girarse hasta que el botón de liberación del dial es presionado.
- Coloque otro vaporizador para verificar el funcionamiento del interbloqueo.
- Coloque el vaporizador sobre el soporte y use un medidor de torque para verificar que el torque necesario para girar el dial no excede los 18 kgf/in.
- Remueva la palanca de bloqueo.

#### 3.2.2.11 Parte final.

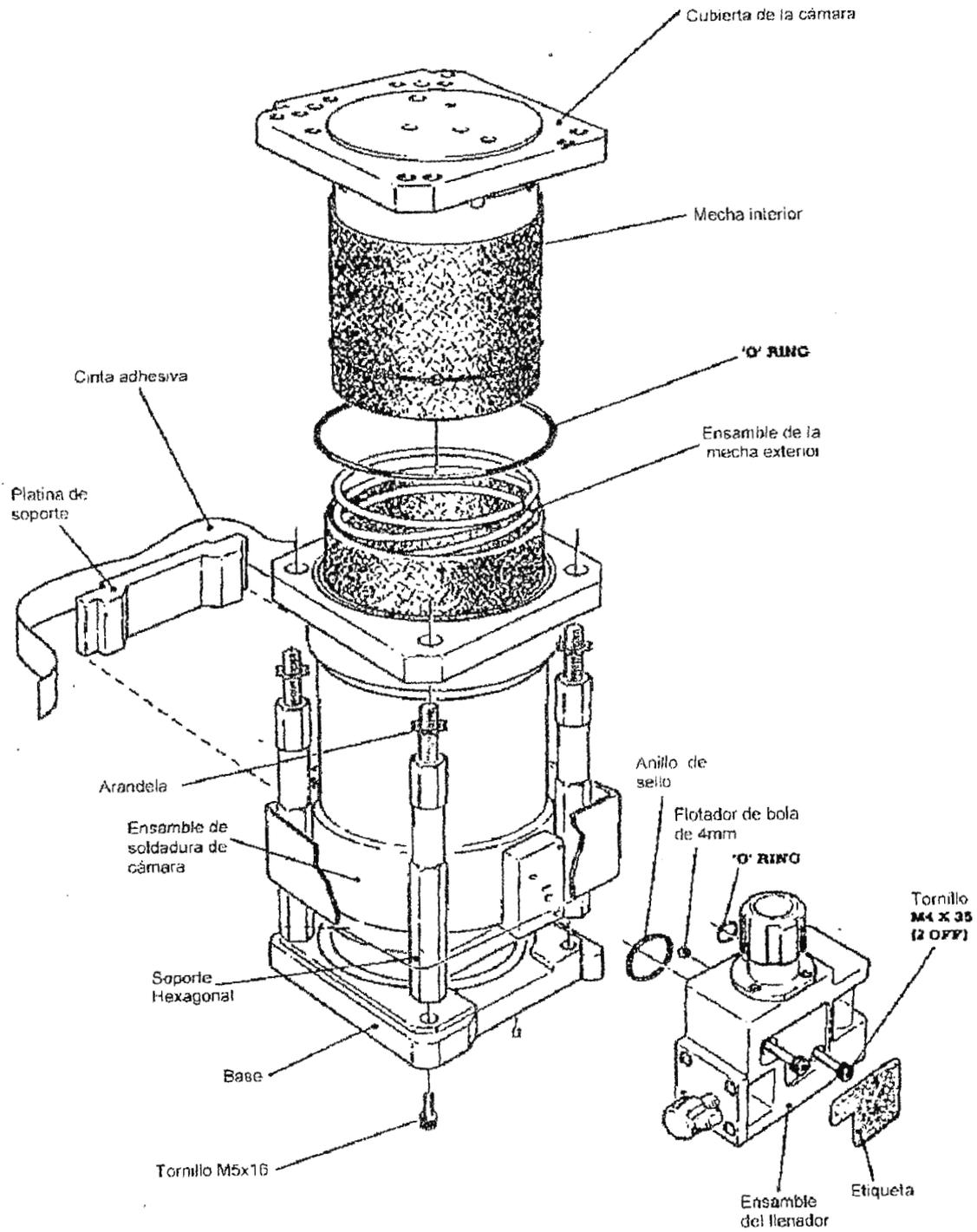
Coloque la placa de cubierta y asegure los dos tornillos M4x8. Coloque una nueva etiqueta de cubierta superior. Coloque la palanca de bloqueo, aplique Vibratita a las roscas de los tornillos M3x10 y coloque la palanca en posición.

### 3.2.3 Empaques y Mecha.

#### 3.2.3.1 Desensamblaje(Figuras 4-11 y 4-12)

- Remueva la etiqueta del llenador. Retire los dos tornillos M4x35 y retire el llenador y los dos sellos.
- Afloje los tres tornillos hexagonales M4x6. Retire los cuatro tornillos M5x16 en la cubierta exterior de la base y remueva la base. Desatornille los cuatro ejes hexagonales y remueva el ensamblaje de la cámara de la cubierta de la cámara.
- Remueva y descarte los empaques.

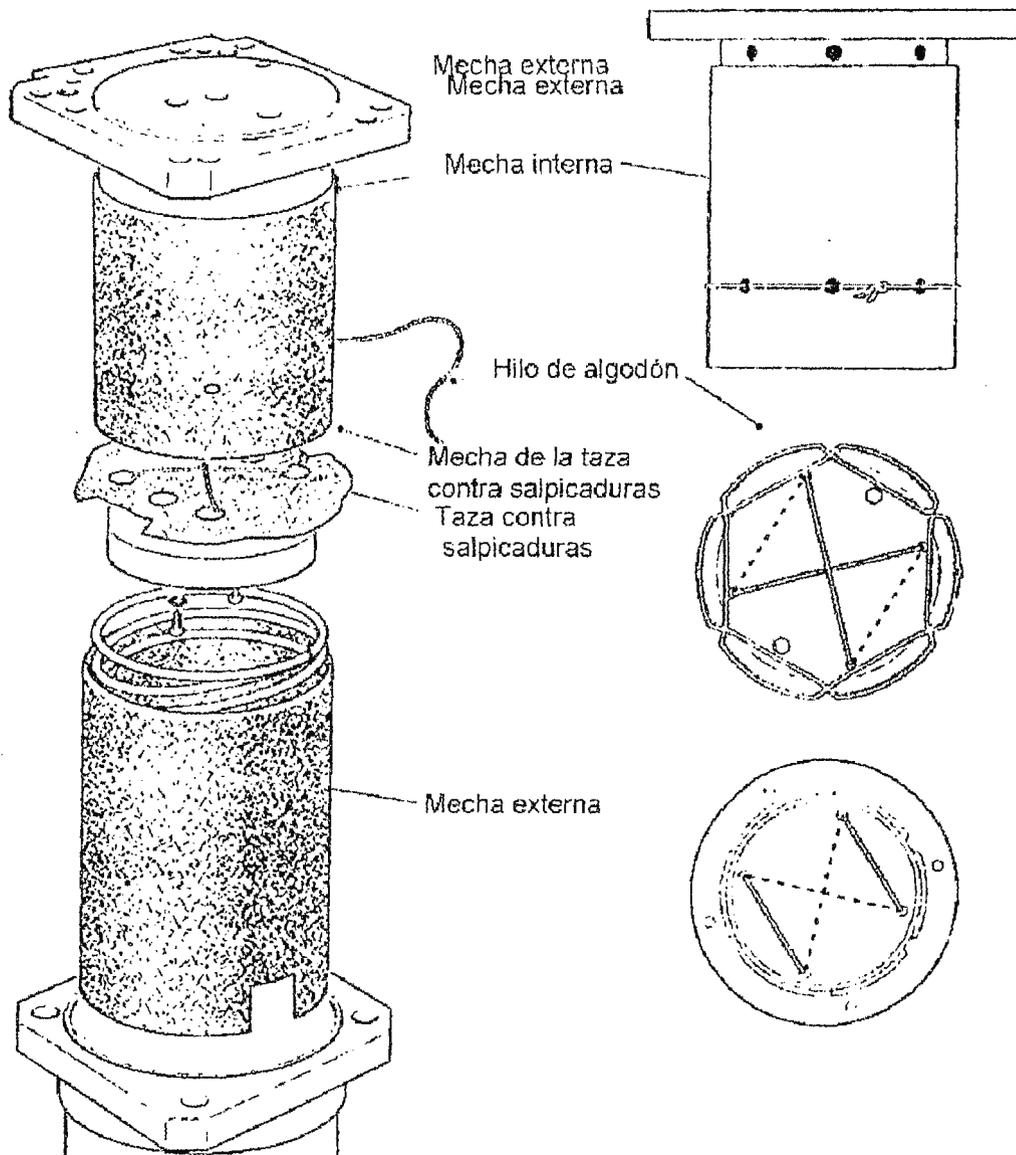
- Remueva los cuatro tornillos M4x10 y retire el soporte del empaque interno completo junto con el ensamble de la cubierta del termostato. Limpie las superficies externas con Genklene.
- Remueva el termostato si no se ha dado servicio al vaporizador durante los últimos tres años:
  - Inspeccione el termostato en busca de daños por corrosión.
  - Limpie el termostato con aire comprimido a 30PSI como máximo.
  - Coloque un nuevo empaque O a la cubierta de la cámara.
  - Coloque nuevamente el termostato y atornillelo.
- Coloque tres nuevos empaques 'O' al ensamble del soporte del empaque interno y luego coloque todo el ensamble



Ensamble de la cámara

FIGURA 4-11

Fuente Datex-Ohmeda



Recambio de la mecha

FIGURA 4-12

Fuente Datex-Ohmeda

### 3.2.3.2 Ensamblaje (Figura 4-12)

Coloque el empaque interno en el ensamble del soporte de éste, asegurándose de que los agujeros cortados estén alineados con los agujeros en los remaches. Alinee el empaque contra salpicaduras a través de la copa y asegúrelo con el hilo de algodón. Coloque la copa contra salpicaduras y asegúrela con los tornillos. Coloque la mecha exterior en el soporte de ésta y asegúrelo con hilo de algodón. Ahora coloque la mecha interior dentro de la exterior.

### 3.2.3.3 Limpieza de la cámara

Limpie el interior de la cámara usando un solvente tal como Genklene o cualquier otro agente libre de THYMOL. Permita que se seque antes de armar para evitar contaminación por el agente.

### 3.2.3.4 Parte final

Coloque una arandela a cada eje hexagonal. Coloque un nuevo empaque O al ensamble de la cámara. Coloque y asegure el ensamble de la cámara a la cubierta de la cámara usando los cuatro ejes hexagonales.

### 3.2.3.5 Ensamble del llenador

Inspeccione el tubo de nivel. Remueva los tres tornillos M2.5x6 que aseguran la boquilla de la válvula de llenado. Remueva la válvula de llenado del llenador y colóquese los nuevos sellos sobre el pistón de ésta. Remueva y descarte el sello de la válvula de llenado y aplique aire comprimido seco para remover cualquier material extraño. Coloque un nuevo sello de válvula y coloque nuevamente la válvula de llenado en el llenador.

## 3.2.4 Prueba táctil

Presione el botón de liberación del dial e intente girar el dial. El dial no debe girar. Libere la presión sobre el botón e intente girar el dial. El botón debe moverse hacia arriba cuando la presión es liberada o tan pronto el dial es movido para prevenir la

rotación desde la marca de OFF. Coloque la palanca de bloqueo en la posición LOCK y libere, ésta debe regresar a la posición UNLOCK.

Coloque el vaporizador sobre un soporte y asegúrelo. Gire el dial desde la posición OFF hasta el máximo ajuste y luego regréselo a la posición OFF. El movimiento debe ser suave excepto en la posición 0%.

Coloque el dial en la marca mínima y asegúrese que no regrese por sí misma a la posición OFF.

### **3.2.5 Prueba de fugas**

#### **3.2.5.1 Prueba de fugas y ventilación**

- Con la reserva aislada monte el vaporizador en un soporte y conecte el circuito como se muestra en la figura 4-13.
- Asegúrese de que el vaporizador esté nivelado y que el drenador y llenador estén cerrados. Con el dial en la posición OFF abra la válvula de ajuste fino y presurice la unidad a 300 mmHg.
- Permita que la columna de mercurio se estabilice, reajuste a 300 mmHg, y mida la caída de presión la cual no debe ser mayor a 5 mmHg en 30 segundos.

#### **3.2.5.2 Prueba de fugas en la posición ON**

Aíse la reserva de 2.5 Lts. en el circuito y coloque el dial en 3%. Coloque la máxima presión en 200 mmHg.

Permita que la columna de mercurio se estabilice, reajuste a 200 mmHg y mida la caída, la cual no debe ser mayor de 4 mmHg en 30 segundos.

#### **3.2.5.3 Prueba de ventilación**

Reconecte la reserva al circuito, coloque el dial en 1% y ajuste la presión a 200 mmHg. Observe el flujómetro y lentamente coloque el dial en la posición OFF. El flujo debe bajar lentamente, aunque puede tener algunas irregularidades. Verifique que la presión no caiga debajo de 160 mmHg durante la prueba. Desconecte el vaporizador del circuito de prueba.

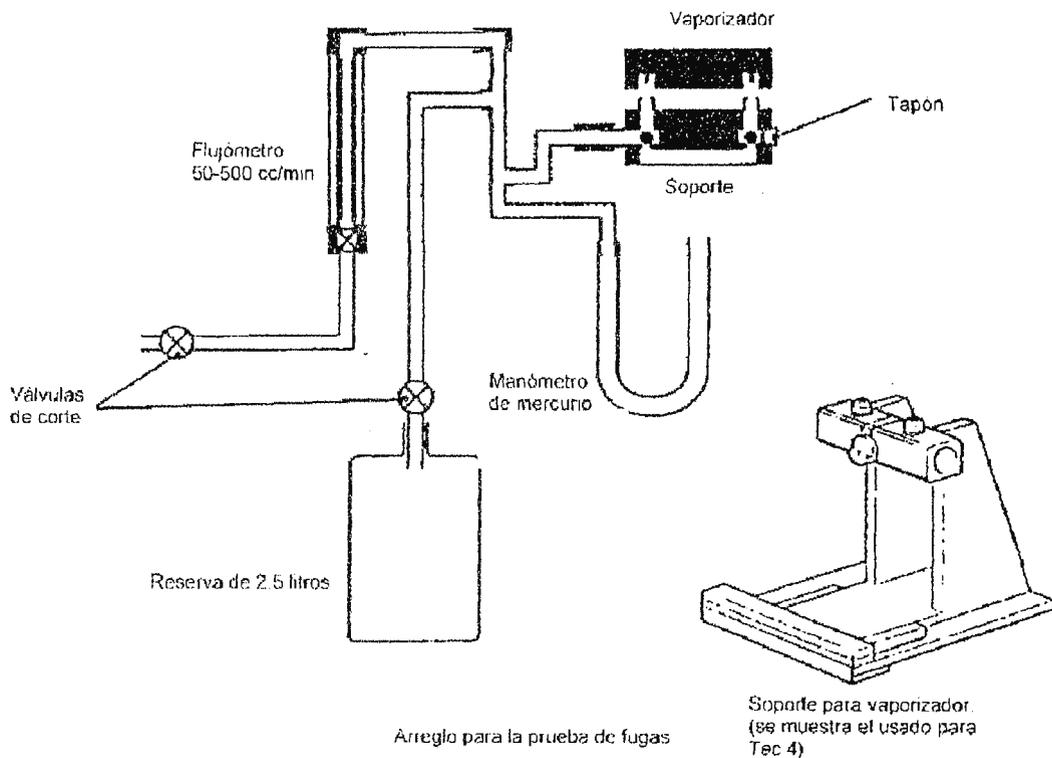


FIGURA 4-13

Fuente Datex-Ohmeda

### 3.3. Pruebas de exactitud.

#### 3.3.1 Aplicable para Fluotec 4% y 5% ,Enfluratec 5%, Isotec 4%

##### 3.3.1.1 General

Llene el vaporizador hasta la marca de FULL. Coloque un termómetro al cuerpo de llenado del vaporizador, asegurándose que el bulbo del termómetro esté en contacto con la parte baja del vaporizador.

##### 3.3.1.2 Purgando con oxígeno

Arregle el circuito como se muestra en la figura 4-14 y coloque el dial en la posición máxima y pase un flujo de 5 Lpm de oxígeno durante un minuto. Coloque el dial en la posición OFF y cierre el suministro de oxígeno. Remueva el vaporizador del circuito de prueba. Espere una hora para que el vaporizador se estabilice a la temperatura de  $22 \pm 1$ .

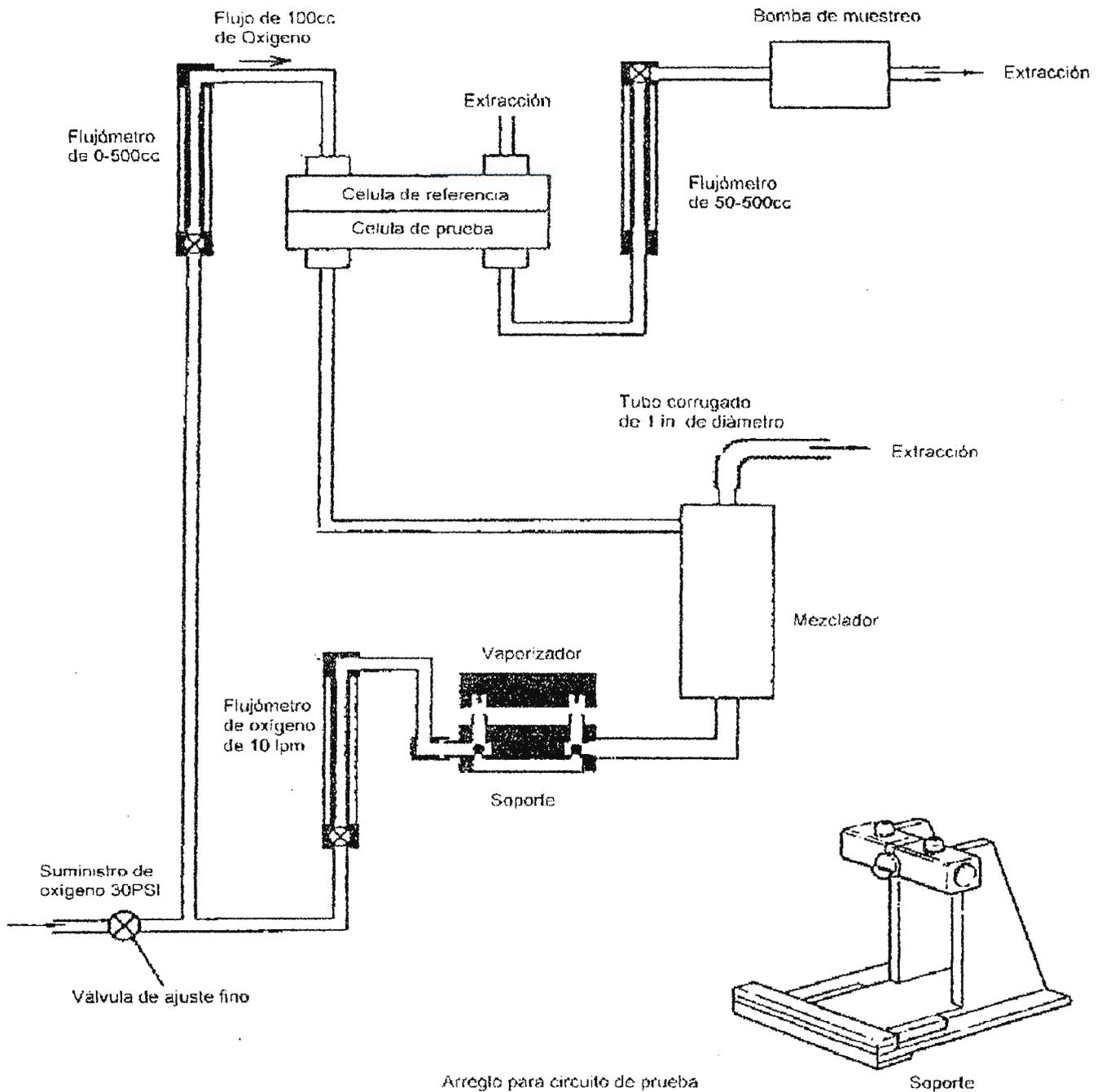


FIGURA 4-14

Fuente Datex-Ohmeda

### 3.3.1.3 Llenado de la cámara antes de la prueba

Espere 30 minutos para permitir que la mecha absorba la droga y pase al siguiente punto.

### 3.3.1.4 Prueba a la temperatura ambiente

- Con el vaporizador fuera de circuito pase un flujo de 5 Lpm de oxígeno por el circuito durante 30 segundos. Observe la lectura del refractómetro y reajústela a cero si fuera necesario.
- Conecte el vaporizador en el circuito de prueba como se muestra en la figura 4-14. Ajuste el flujo a 5Lpm de oxígeno y coloque el dial a 0% y alinee las franjas.
- Cuando el vaporizador ha estado en el circuito por 30 segundos chequee que las franjas permanezcan alineadas y luego ajuste el dial a la próxima marca de calibración detallada en la tabla de prueba de tolerancia. Registre las lecturas del refractómetro.
- Realinee las franjas y después de 30 segundos chequee que las franjas permanezcan alineadas y ajuste el dial a la próxima marca de calibración detallada en la tabla de prueba de tolerancia. Registre las lecturas del refractómetro.
- Repita el paso anterior para todas las marcas de calibración de tal forma que se obtienen lecturas del refractómetro cada 30 segundos.
- Coloque el dial en la posición OFF.

### 3.3.1.5 Tabla de tolerancia de pruebas a temperatura ambiente

#### Fluotec

La tabla da porcentaje de halotano en oxígeno.

DIAL	MINIMO	MÁXIMO
0.00	0.00	0.05
0.25	0.15	0.35
0.5	0.35	0.60
1.0	0.85	1.10
2.0	1.80	2.20
3.0	2.70	3.30
4.0	3.60	4.40
5.0	4.5	5.5

#### Enfluratec

La tabla da porcentaje de Enflurano en oxígeno.

DIAL	MINIMO	MÁXIMO
0.0	0.00	0.05
0.2	0.10	0.30
0.4	0.30	0.50
0.6	0.50	0.70
1.0	0.85	1.10
2.0	1.80	2.20
3.0	2.70	3.30
4.0	3.60	4.40
5.0	4.50	5.50

## Isotec

La tabla da un % de Isoflurane en oxígeno.

DIAL	MINIMO	MÁXIMO
0.00	0.00	0.05
0.25	0.15	0.35
0.5	0.35	0.60
1.0	0.85	1.10
2.0	1.80	2.20
3.0	2.70	3.30
4.0	3.60	4.40
5.0	4.50	5.50

### 3.3.1.6 Prueba de flujo a 1 Lpm

- Con el vaporizador fuera de circuito pase un flujo de 1 Lpm de oxígeno a través de circuito durante un minuto, observe la lectura del refractómetro y ajuste a cero si fuera necesario.
- Conecte el vaporizador en el circuito de prueba como se muestra en la figura 4-14, ajuste el dial a 0% y purgue por 1.5 min. Ajuste el dial a la primera marca de calibración detallada en la tabla de tolerancias de prueba y alinee las franjas.
- Después de un minuto chequee que las franjas permanezcan alineadas y luego ajuste el dial a la próxima marca de calibración detallada en la tabla y registre la lectura del refractómetro.
- Repita el paso anterior para todas las marcas de calibración de tal forma que se obtengan lecturas del refractómetro cada minuto.
- Coloque el dial en la posición OFF.

## 3.3.1.7 Tabla de tolerancias de prueba para un flujo de 1 Lpm.

**Fluotec**

La tabla da un % de halotano en oxígeno:

DIAL	MINIMO	MÁXIMO
0.5	0.41	0.65
1.0	0.88	1.13
2.0	1.83	2.27
3.0	2.80	3.48
4.0	3.81	4.75
5.0	4.87	6.22

**Enfluratec**

La tabla da porcentaje de Enflurano en oxígeno

DIAL	MINIMO	MÁXIMO
1.0	0.86	1.12
2.0	1.85	2.29
3.0	2.85	3.52
4.0	3.87	4.84
5.0	4.97	6.45

**Isotec**

La tabla da un % de Isoflurano en oxígeno.

DIAL	MINIMO	MÁXIMO
0.5	0.38	0.63
1.0	0.87	1.11
2.0	1.81	2.23
3.0	2.77	3.44
4.0	3.75	4.68
5.0	4.79	6.16

## 3.3.1.8 Prueba a 35° C

- Coloque el vaporizador en una cabina calentada a 35° C con convección de aire forzado y déjela por lo menos 3 horas hasta que la temperatura del vaporizador alcance los 35±1° C.
- Con el vaporizador fuera de circuito, pase un flujo de 5 Lpm de oxígeno por el circuito de prueba durante 30 segundos. Observe la lectura del refractómetro y ajuste a cero si es necesario.
- No remueva el vaporizador de la cabina. Conecte el vaporizador en el circuito que se muestra en la figura 4-14. Ajuste un flujo de 5 Lpm. Coloque el dial en 0% y alinee las franjas.

- Después de 2 minutos chequee que las franjas permanezcan alineadas y ajuste el dial a la próxima marca de calibración, como se muestra en la tabla. Registre la lectura del refractómetro.
- Realínee las franjas y después de 30 segundos chequee que las franjas permanezcan alineadas y ajuste el dial a la próxima marca de calibración, como se muestra en la tabla. Registre la lectura del refractómetro.
- Repita el paso anterior para todas las marcas de prueba de tal forma que se obtengan lecturas a intervalos de 30 segundos.
- Ponga el dial en la posición OFF. Apague el horno, remueva el vaporizador del horno y dejar que se enfríe por 6 horas antes de realizar otras pruebas.

### 3.3.1.9 Tabla de tolerancias de prueba a 35° C

#### Fluotec

La tabla da un % de halotano en oxígeno:

DIAL	MINIMO	MÁXIMO
0.00	0.00	0.05
0.5	0.38	0.62
1.0	0.84	1.08
2.0	1.78	2.23
3.0	2.77	3.42
4.0	3.75	4.63
5.0	4.74	5.95

#### Enfluratec

La tabla da porcentaje de Enflurano en oxígeno

DIAL	MINIMO	MÁXIMO
0.00	0.00	0.05
0.20	0.09	0.27
0.40	0.27	0.43
0.60	0.43	0.42
1.0	0.75	1.01
2.0	1.72	2.12
3.0	2.63	3.27
4.0	3.60	4.51
5.0	4.63	5.91

**Isotec**

La tabla da un % de Isoflurano en oxígeno.

DIAL	MINIMO	MÁXIMO
0.00	0.00	0.05
0.5	0.38	0.63
1.0	0.87	1.13
2.0	1.89	2.34
3.0	2.90	3.58
4.0	3.92	4.83
5.0	4.96	6.19

### 3.3.1.10 Prueba de flujo a 10 Lpm.

- Asegúrese que un periodo mínimo de 6 horas ha pasado después de la prueba anterior. Pruebe y estabilice el vaporizador a una temperatura de  $22 \pm 1^\circ \text{C}$ :
- Con el vaporizador fuera de circuito pase un flujo de 10 Lpm de oxígeno a través del circuito de prueba por 30 segundos. Ajuste el refractómetro a cero.
- Conecte el vaporizador en el circuito de prueba como se muestra en la figura 4-14.
- Ajuste el dial a la próxima marca de calibración detallada en la tabla de prueba de tolerancia. Registre las lecturas del refractómetro.
- Realinee las franjas y después de 30 segundos chequee que las franjas permanezcan alineadas y ajuste el dial a la próxima marca de calibración detallada en la tabla de prueba de tolerancia. Registre las lecturas del refractómetro.
- Repita el paso anterior para todas las marcas de calibración de tal forma que se obtienen lecturas del refractómetro cada 30 segundos.
- Coloque el dial en la posición OFF.

### 3.3.1.11 Tabla de tolerancias de prueba para 10 Lpm

#### Fluotec

La tabla da un % de halotano en oxígeno:

DIAL	MINIMO	MÁXIMO
0.5	0.35	0.61
1.0	0.86	1.12
2.0	1.78	2.16
3.0	2.61	3.10
4.0	3.30	3.77
5.0	3.83	4.41

#### Enfluratec

La tabla da porcentaje de Enflurano en oxígeno

DIAL	MINIMO	MÁXIMO
1.0	0.84	1.09
2.0	1.75	2.11
3.0	2.52	2.98
4.0	3.18	3.66
5.0	3.72	4.36

#### Isotec

La tabla da un % de Isoflurano en oxígeno.

DIAL	MINIMO	MÁXIMO
0.5	0.35	0.61
1.0	0.86	1.11
2.0	1.76	2.15
3.0	2.60	3.09
4.0	3.29	3.78
5.0	3.84	4.41

### 3.3.2 Drenaje y secado.

Drene el vaporizador y coloque el dial en el máximo, luego pase un flujo de 10 lpm de aire limpio y seco a través del vaporizador durante una hora. Finalmente coloque el dial en OFF.

### 3.3.3 Prueba final de fuga.

- Monte el vaporizador sobre el soporte y conéctelo al circuito de prueba como se muestra en la figura 4-13 con la reserva desconectada del circuito.

Asegúrese de que el vaporizador esté seco y que el llenador y drenaje estén cerrados.

- Ajuste el dial un valor mayor de 1%. Abra la válvula de ajuste fino para presurizar el circuito a 200mmHg. Permita a la columna de mercurio estabilizarse y reajuste a 200 mmHg si fuera necesario. Verifique que la caída de presión no sea mayor de 4mmHg en 30 segundos. Coloque el dial en OFF y remueva el vaporizador de el circuito de prueba.

#### **3.3.4 Limpieza y etiqueta.**

Limpie el vaporizador con un agente de limpieza adecuado y asegúrese que no hay una etiqueta vieja o residuos en el vaporizador.

Coloque la etiqueta de identificación del vaporizador en la parte trasera, asegurándose que la etiqueta esté posicionada en la base. Coloque el resto de etiquetas en el vaporizador en las posiciones de sus antecesoras.

### **3.4 Ajuste del Termostato.**

#### **3.4.1 Precauciones**

El termostato es un instrumento delicado y su estabilidad puede ser cambiada si es manejado de manera brusca. La inestabilidad también puede ser causada por polvo, tierra o excesiva fricción en la bisagra. La estabilidad se restaura usualmente al limpiar cuidadosamente y si fuera necesario pulir las superficies de soporte.

Como precaución contra el daño por el almacenamiento durante largos períodos de tiempo o por el transporte, ellos deben ser chequeados antes del uso o reajustarse si fuera necesario.

#### **3.4.2 Herramientas y equipos necesario**

- Manómetro de 100cm de agua.
- Destornillador plano de torque, ajustado a 5 lbf/in.
- Manija de torque con ajuste (10 lbf/iin).
- Llave de tuercas de 7mm.

- Soporte para ajuste de termostato.
- Termómetro.
- Flujoímetro de 0-10 Lpm.

### 3.4.3 Procedimiento de calibración del termostato.

#### 3.4.3.1 Limpieza.

- Lave el termostato con solvente y limpie ligeramente el tornillo de ajuste.
- Remueva cualquier depósito de los tornillos de ajuste usando alcohol metilado .

#### 3.4.3.2 Arreglos para la prueba.

- Ajuste el circuito como se muestra en la figura 4-15.
- Coloque un termómetro de precisión en el conector de la manguera de el soporte de ajuste.
- Chequee que el aparato de prueba esté libre de polvo.
- Asegure que el ambiente de prueba sea controlado y con una temperatura fija de  $22 \pm 1^\circ\text{C}$ .
- Con el termostato fuera de circuito ajuste un flujo de 5 Lpm y verifique que el manómetro indique cero.
- Monte el termostato en el soporte de ajuste.

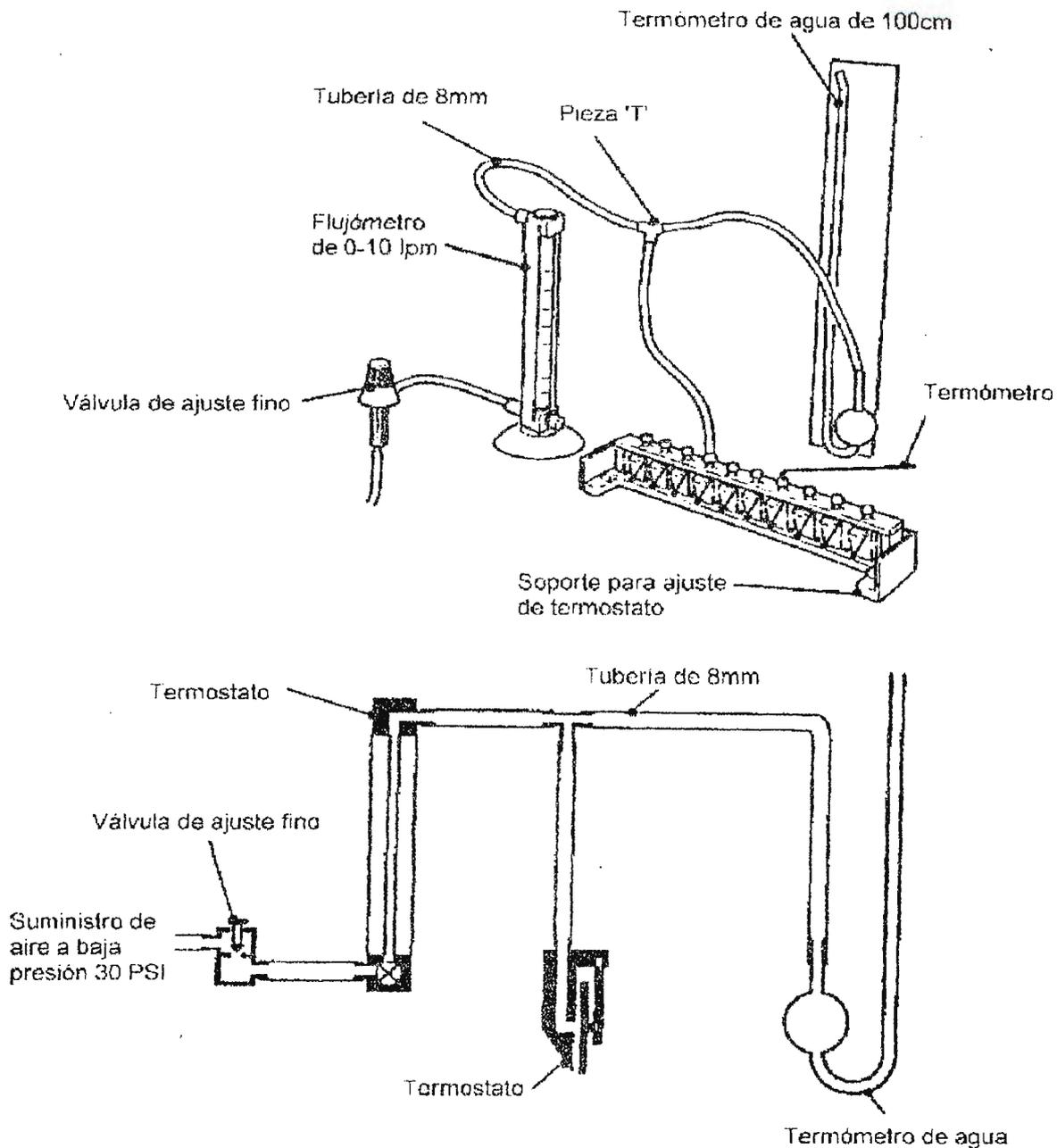
#### 3.4.3.3 Ajuste "para baja temperatura" (flujo mínimo). (Figura 4-16)

- Ajuste el flujo de aire a 5 Lpm. Afloje la contratuerca y gire el tornillo de ajuste principal en dirección contraria de las agujas del reloj hasta que esté libre de la banda bimetálica.
- Ajuste el tornillo de baja temperatura y asegúrelo con la contratuerca cuando la lectura del manómetro sea de 41 cm de agua. La tolerancia es de 38-44 cm de agua.

#### 3.4.3.4 Ajuste

- Ajuste el flujo de aire a 5 Lpm.
- Registre la temperatura de la prueba.

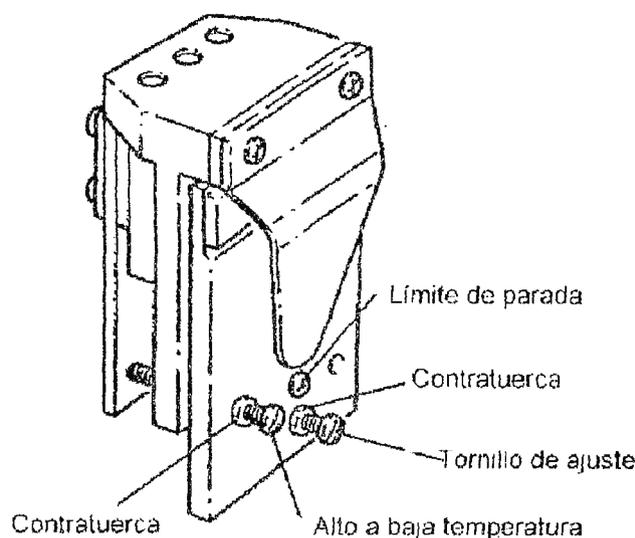
- Usando un desatornillador de torque, ajusta a 5 Lbf/in, ajuste el tornillo de regulación de acuerdo con las tolerancias dadas en la tabla en el punto 6.3.6.
- Asegure el tornillo de regulación con la contratuerca usando la herramienta de mango de torque ajustada a 10 Lbf/in y registre la lectura del manómetro.



Arreglo de prueba de Termostato

Figura 4-15

Fuente . Datex Ohmeda



Ajuste del termostato

**FIGURA 4-16**

Fuente Datex-Ohmeda

- Desconecte la manguera de flujo de aire y vuélvala a conectar. La lectura debe permanecer estable. Repita el paso anterior y luego desconecte la manguera de flujo de aire.

#### 3.4.3.5 Estabilidad

- Usando un dedo, presione contra la cabeza del tornillo de regulación para incrementar la presión a  $35 \pm 1$  cms. de agua por un período de un segundo, y luego libere.
- Permita que el manómetro se estabilice y luego registre la lectura. La lectura no debe haberse alterado más de +1 cm. de agua de la lectura obtenida en el paso anterior.
- Hale la banda bimetálica a la cabeza del tornillo de regulación hasta que la banda llegue a la máxima posición de parada y libere después de un segundo. La presión no debe haberse alterado por más de + 1 cm. de agua de la lectura obtenida en el primer paso. Si la prueba de estabilidad falla, es permisible reajustar el termostato una vez solamente y repetir la prueba de estabilidad.

## 3.4.3.6 Tolerancias para el ajuste del termostato

FLUOTEC				ETHRANE			
Temp °C	Ajuste Nominal Cm H <sub>2</sub> O	Maximo	Mínimo	Temp °C	Ajuste Nominal Cm H <sub>2</sub> O	Maximo	Mínimo
18.9	30.3	32.7	28.3	18.9	31.5	33.8	29.1
19.2	29.3	31.5	27.5	19.2	30.3	32.7	28.2
19.4	28.3	30.3	26.7	19.4	29.1	31.4	27.3
19.7	27.5	29.3	26.0	19.7	28.2	30.2	26.5
20.0	26.7	28.3	25.4	20.0	27.3	29.2	25.7
20.3	26.0	27.5	24.8	20.3	26.5	28.2	25.0
20.6	25.4	26.7	24.2	20.6	25.7	27.3	24.3
20.8	24.8	26.0	23.6	20.8	24.9	26.5	23.6
21.1	24.2	25.4	23.0	21.1	24.2	25.7	23.0
21.4	23.6	24.8	22.5	21.4	23.6	25.0	22.4
21.7	23.0	24.2	22.1	21.7	23.0	24.3	21.8
21.9	22.5	23.6	21.6	21.9	22.4	23.6	21.2
22.2	22.1	23.0	21.2	22.2	21.8	23.0	20.6
22.5	21.6	22.5	20.8	22.5	21.2	22.4	20.0
22.8	21.2	22.1	20.5	22.8	20.6	21.8	19.5
23.1	20.8	21.6	20.1	23.1	20.0	21.2	19.0
23.3	20.5	21.2	19.8	23.3	19.5	20.6	18.5
23.6	20.1	20.8	19.4	23.6	19.0	20.0	18.0
23.9	19.8	20.5	19.1	23.9	18.5	19.5	17.6
24.2	19.4	20.1	18.8	24.2	18.0	19.0	17.2
24.4	19.1	19.8	18.5	24.4	17.6	18.5	16.8

### 3.4.4 Ajustes de Calibración del vaporizador

SINTOMA	REMEDIO
A temperatura ambiente todas las lecturas son altas.	Cambie el dial para dar una salida más baja.
A temperatura ambiente todas las lecturas son altas aunque el dial esté en lo más bajo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Cambie la válvula rotatoria a una con una mayor restricción.</li> <li>b. Si la prueba de resistencia de fuga da un número mayor de 66, entonces cambie el termostato.</li> </ul>
A temperatura ambiente todas las lecturas son bajas.	Cambie el dial para dar una mayor salida.
A temperatura ambiente todas las lecturas son bajas, aunque esté colocado el dial en el máximo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Cambie la válvula rotatoria a una con menor restricción.</li> <li>b. Si la prueba de resistencia de fuga da un número más bajo de 35, entonces cambie el termostato.</li> </ul>
A temperatura ambiente las lecturas están en medio de la banda de tolerancia, pero una lectura es baja.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Repita la prueba a temperatura ambiente, pues puede haber ocurrido un error de parte del operador.</li> <li>b. Verifique que no hay polvo en la válvula.</li> </ul>
Con un flujo de un litro por minuto el vaporizador está fuera de tolerancia.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Enderece la mecha.</li> <li>b. Para aquellas fallas cerca de los límites permisibles (menor a 0.1%) cambie el dial.</li> <li>c. Cambie el termostato.</li> </ul>
A la temperatura de 35° C. el vaporizador está fuera de tolerancia.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Refiérase a los registros de la temperatura ambiente y ajuste la salida a temperatura ambiente para que sea cercana a la mitad de la banda de tolerancia por medio del cambio de dial o de cambio de válvula.</li> <li>b. Cambie el termostato.</li> </ul>
Con un flujo de 10 litros por minuto, el vaporizador está fuera de tolerancia.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Enderece la mecha.</li> <li>b. Para aquellas fallas cerca de los límites permisibles (menor a 0.1%) cambie el dial.</li> <li>c. Cambie el termostato.</li> </ul>

## 3.5 Búsqueda de Fallas.

PROBLEMA	CAUSA	REMEDIO
Es difícil llenar el vaporizador.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Técnica de llenado errónea.</li> <li>b. Burbujas de aire en el adaptador de la botella.</li> <li>c. Sobrellenado.</li> <li>d. Restricción.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Verifique si la técnica de llenado es diferente, chequeando el manual del operador.</li> <li>b. Use un adaptador de botella corriente con una válvula check.</li> <li>c. Se está trabando el flotador de bola, límpielo.</li> <li>d. La mecha debe estar bloqueando parcialmente el agujero de llenado, reubíquela.</li> </ul>
Es difícil girar el dial.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Relación angular errónea entre la forma de la cámara y el agujero de cruce.</li> <li>b. Los rodillos de extensión no son concéntricos sobre el extremo exterior.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Coloque un nuevo eje tipo Dzus.</li> <li>b. Renueve los rodillos.</li> </ul>
Fuga en la unión de la cámara con el llenador.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Platina de base floja.</li> <li>b. Soldadura rota.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Coloque una platina de base nueva.</li> <li>b. Coloque una cámara nueva.</li> </ul>
Fuga en el ensamblaje del llenador.	Empaque roto.	Coloque un nuevo empaque.

# Conclusiones

### **Introducción. Conclusiones.**

En las siguientes páginas se darán las conclusiones para el trabajo que se ha realizado. Se divide en dos partes, un análisis básico sobre la factibilidad económica del proyecto para luego abordar la segunda parte la cual son las conclusiones y recomendaciones propiamente dichas. En este último punto se utiliza el análisis de factibilidad económica para obtener algunas de las conclusiones.

También se realizan conclusiones en base a los conceptos del costo beneficio, costo oportunidad y costo utilidad del proyecto.

## Análisis Financiero

- El análisis realizado para determinar la cantidad de vaporizadores instalados en el país fue en base a consultas realizadas con autoridades de M.S.P.A.S. , el I.S.S.S. y administradores de los hospitales privados. Para el resto del área Centro Americana( Guatemala, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá) fue realizado a través de consultas en páginas de Internet ya que fue imposible que las autoridades de los diferentes países del área brindaran esa información.
- Se cuenta con un mercado potencial de 2110 vaporizadores , distribuidos en toda el área centroamericana, de los cuales,523 están ubicados en El Salvador. Se ha considerado que de los 2110 vaporizadores, únicamente 1000 calificarían para recibir el servicio de calibración , ya que al resto se ubica dentro de.
  - a) El servicio de garantía del fabricante.
  - b) Otra parte se considera que no sigue un programa de mantenimiento.
  - c) Otro porcentaje que cuenta ya con un programa de calibración.
  - d) Otros que debido al tipo de tecnología no requieren de mantenimiento y un porcentaje de error en la ubicación.

Después de éste análisis, y siguiendo los tiempos de calibración del protocolo que da el fabricante , únicamente se puede calibrar un máximo de 360 vaporizadores al mes. Es aquí donde se ha determinado la cantidad de vaporizadores en base al número de quirófanos por hospital lo cual, a la vez, es en base a la cantidad de camas por hospital, con la que cuenta cada país. Ya que de acuerdo a las normativas deben de existir dos quirófanos por cada 100 camas.

### Vaporizadores Instalados En El Salvador

M.S.P.A.S.	268
I.S.S.S.	180
Hospitales Privados	75
<b>TOTAL DE VAPORIZADORES PRECALIBRADOS</b>	<b>523</b>

### Vaporizadores Instalados En Centro América.

<b>País</b>	<b>Número de camas</b>	<b>Número de quirófanos</b>	<b>Número de vaporizadores</b>
Guatemala	12,725	250	500
Costa Rica	No disponible	No disponible	400
Nicaragua	4,537	90	180
Panamá	8,500	170	340
Honduras	4,803	95	190
<b>Total sin incluir El Salvador</b>			<b>1,610</b>
<b>Total incluyendo El Salvador</b>			<b>2,110</b>

- La inversión inicial que se requiere para el montaje del centro de calibración es de ¢ 673, 045.00. El cual se considera que se obtendrá a base de préstamos bancarios, pagaderos en un período de dos años con un interés del 18% anual entendiéndose que la inversión inicial incluye el arrendamiento del equipo de calibración, compra de herramienta, mobiliario, equipo de oficina, equipo de cómputo, transporte, etc. Dentro de la inversión inicial no se considera local ya que éste se ha presupuestado en arrendamiento. Una inversión similar deberá de estarse realizando cada 2 años, ya que el equipo de calibración es dado en arrendamiento y éste es actualizado cada dos años aproximadamente por el fabricante. La inversión se desglosa a continuación:

## Inversión Inicial

Concepto	Costo en colones
Paquete de herramientas y equipos para calibración de vaporizadores precalibrados.	¢ 408,899.00
Aire acondicionado de 4 ½ toneladas para centro de calibración.	¢ 38,250.00
Mobiliario para taller de calibración. Incluye: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 Mesas de trabajo.</li> <li>• 4 Sillas.</li> <li>• 2 Armarios.</li> <li>• 1 Escritorio</li> </ul>	¢ 12,000.00
Mobiliario y equipo de oficina para centro de calibración.	¢ 17,800.00
Equipo de cómputo (3)	¢ 60,000.00
Vehículo	¢ 100,000.00
Capacitación del personal técnico	¢ 28,100.00
Gastos administrativos de registro de empresa y papelería	¢ 8,000.00
<b>TOTAL</b>	<b>¢ 673,045.00</b>

- Se requiere un presupuesto de ¢ 48,150.00 mensual para el pago del personal, local, repuestos y costos directos e indirectos:

**PLANILLA DE PAGO MENSUAL DE PERSONAL DEL CENTRO DE CALIBRACIÓN DE VAPORIZADORES**

Nota: los salarios están fijados sin tomar en cuenta aún los descuentos por IVA, AFP, etc

Cargo	Salario
Gerente General	¢ 8,000.00
2 Técnicos	¢ 10,000.00
1 Secretaria	¢ 2,500.00
1 Contador	¢ 4,000.00
1 Ordenanza	¢ 1,600.00
<b>TOTAL</b>	<b>¢ 26,100.00</b>

## COSTOS DIRECTOS E INDIRECTOS MENSUALES

Concepto	Costo
Teléfono	¢ 3,500.00
Agua	¢ 150.00
Energía Eléctrica	¢ 1,500.00
Oxígeno	¢ 180.00
Combustible	¢ 600.00
Publicidad	¢ 3,500.00
Alquiler mensual de local	¢ 7,000.00
Kit de repuestos mensual	¢ 5,148.00
Otros	¢ 500.00
<b>TOTAL</b>	¢ 22,078.00

- Con la capacidad inicial instalada y siguiendo el protocolo de calibración, únicamente pueden calibrarse 360 vaporizadores al año. El costo por calibración de vaporizador deberá ser de ¢4587.90, el cual no incluye flete para cuando se trate de vaporizadores provenientes del exterior.

Los costos antes mencionados se detallan de la siguiente manera:

Costos derivados de la inversión inicial:

Se tiene una inversión inicial de ¢673,045 con un interés anual del 18% se tienen al final de los dos años, usando un interés compuesto, el total de:

Al inicio del año se tiene		Interés compuesto	Al final del año se tiene
1º Año	¢ 673,045.00	Por el 18%	¢ 794,193.00
2º Año	¢ 794,193.00	Por el 18%	¢ 915,341.00

Se observa que se pagará sólo en concepto de intereses la cantidad de ¢ 242,296.00 por el préstamo a dos años. Si la cantidad total se divide entre dos años se tiene que en un año se tienen que pagar al banco ¢ 457,670.00

Costos derivados de gastos mensuales.

Estos gastos como se mencionó incluye los salarios, alquiler, etc. Suman un total de ¢ 48,178.00 .

Se hace especial mención al hecho de que el Kit de calibración viene usualmente con piezas suficientes calibrar hasta 100 vaporizadores por ello se ha dividido el valor total y multiplicado por 30 vaporizadores mensuales para dar un valor de ¢5,148.00.

Ahora, se tiene proyectado que se calibren aproximadamente 30 vaporizadores al mes, es decir 360 vaporizadores al año. Con estos dos datos se obtiene el costo de calibrar un vaporizador:

Primero los costos fijos, ¢48,178.00 entre 360 se obtiene ¢1,271.00 por cada vaporizador.

Segundo, los gastos mensuales que son ¢48,178.00 entre 30 lo cual da un valor de ¢ 1605.00 por cada vaporizador.

Sumando ambos valores se obtiene el total que es de ¢ 2,876.00 de costo total de calibración por vaporizador. A éste valor se le agrega el 30% que se considera como ganancia lo cual da un valor de ¢ 3,738.00

Finalmente al sumarle el IVA y el impuestos de la renta que suman aproximadamente un 23% en total se tiene el costo final de la calibración que es de ¢ 4,587.90

Ahora, ya que se tienen desglosado los costos y asumiendo que el Gerente General es el dueño de la compañía se calculará un estimado para ver lo que se obtendrá de ganancia en un año:

Lo que se gana por cada vaporizador es de ¢862.00, en un año se obtienen ¢ 310,320 de ganancia, a esto se le suma el salario como Gerente General el cual es de ¢ 8,000 lo cual da en un año un total de ¢ 96,000. Entonces la ganancia total en un año es de ¢ 406,320 libras.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Finalmente se puede concluir que la inversión para este tipo de proyecto es rentable y el costo de calibración por vaporizador es competitivo si se compara con los precios ofrecidos por las compañías que componen el segmento y existe una demanda de mercado lo suficientemente buena como para emprender el proyecto.
- Desde el punto de vista de Ingeniería es posible implementarlo pues el elemento humano calificado necesario está disponible, ya sean técnicos o el resto de personal. Además una parte del equipo puede ser obtenido localmente y el resto es proporcionado por el fabricante. Los procedimientos no requieren un ambiente de trabajo difícil de conseguir, lo que ayuda a no elevar el costo de las instalaciones.
- Todos los procedimientos de prueba detallados en el capítulo 4 son fáciles de entender y realizar, éstos y el entrenamiento de fábrica serán suficientes para que los técnicos puedan poner en funcionamiento el centro de calibración.
- El Salvador es en un país en vías de desarrollo donde se debe encontrar la manera de maximizar el dinero, por ello se debe de elegir, entre diversas opciones, la más conveniente, es decir, la que reporte el máximo beneficio al costo más bajo. Para elegir no basta que proporcionen beneficio sino que éste debe ser máximo.
- Analizando el proyecto desde el punto de vista del costo-utilidad, las utilidades obtenidas según los cálculos al final del año son bastante altas, a pesar de haber trabajado con costos un tanto elevados, y sin haber realizado un análisis para reducir costos y así aumentar la ganancia.
- El análisis del costo- beneficio trata sobre lo que costará calibrarlo contra el beneficio que dará a la empresa.
- En el análisis de costo -oportunidad se habla sobre lo que costará calibrar el vaporizador en el centro de calibración contra la oportunidad de calibrarlo en el exterior y lo que costará esta oportunidad. La primera opción da mayor beneficio pues deja mayores utilidades además que permite ofrecer

una mejor imagen de la compañía debido a los cortos tiempos de entrega, precios bajos, mejor control de calidad. Se entiende que el costo-beneficio al calibrar el vaporizador en el centro propuesto serán las utilidades obtenidas por el servicio. Además paralelamente al calibrar el vaporizador en el centro propuesto se genera un beneficio para el país pues se evita la salida de divisas del país, al contrario al ofrecer el servicio a nivel centroamericano se genera la entrada de divisas. Otro beneficio para el país es que se genera una fuente de empleo.

- Desde el punto de vista del cliente el costo- oportunidad es adecuado pues en vez de esperar 15 días a que se calibre el vaporizador en el exterior el cliente sólo debe de esperar 3 días mientras se calibra en el país. El costo de oportunidad es lo que deja de ganar en esos quince días que mantiene inactiva la máquina de anestesia que utiliza el vaporizador, además de lo que gasta en el flete y otros gastos que tenga que realizar, contra los 3 días y el precio del servicio en el centro de calibración. El costo beneficio es que hay mas personas atendidas, se tiene una mayor garantía y seguridad en el servicio y sólo se dejan de percibir ingresos por 3 días. Se observa que los tres conceptos de costo-utilidad, costo-beneficio y costo-oportunidad se interrelacionan.

## Glosario

Edimburgo (Edinburgh) :Ciudad y puerto de Gran Bretaña, capital de Escocia; 439.000 hab. Es la capital cultural, financiera y política del país. Importantes industrias papeleras, de elaboración de whisky y cerveza, químicas, textiles, del cristal, etc. Aeropuerto. Universidad. Castillo del s. XI, reformado posteriormente. Restos de la abadía de Holyrood (1128).

**Calor latente de vaporización:** Cantidad de calor que hay que aplicar para hacer pasar un líquido de la fase líquida a la gaseosa.

**Calor:** Manifestación de energía a cuyas variaciones se deben ciertos fenómenos, especialmente la dilatación o contracción y el cambio de estado de los cuerpos.

**CAM:** Mínima concentración a nivel alveolar de un anestésico para que produzca su efecto.

**Capital humano:** Conjunto de capacidades, talentos, y destrezas, que poseen los individuos. La inversión en educación y salud permite aumentarlos.

**Celebrada:** Festejada, admirada.

**Concentración:** Aumentar la proporción entre la materia disuelta y el líquido de una disolución.

**Costo beneficio:** Lo que se va a gastar respecto al beneficio que se obtendrá.

**Costo oportunidad:** Se refiere a la alternativa sacrificada al tomar una decisión que tiene mayor valor en términos de bienestar o beneficio económico.

**Costos fijos:** Son aquellos costos que no dependen del volumen de producción de la empresa.

**Cuantificar:** Expresar numéricamente una magnitud.

**Demanda de mercado:** Corresponde a la suma de lo que quieren demandar los consumidores a distintos precios.

**Dosis-dependiente:** Que es directamente proporcional de la dosis administrada.

**Empresa:** Es una organización que se dedica a producir bienes y servicios. El proceso productivo corresponde a la transformación de insumos en bienes finales.

**Energía cinética:** Energía que posee un cuerpo en movimiento.

**Flujómetro:** Tubo de vidrio cuyas paredes se hacen más gruesas desde la entrada a la salida de éste, contiene en su interior una bola llamada rotámetro. Utilizado para medir el flujo que pasa por una tubería o un dispositivo por unidad de tiempo.

**Frío:** Aplicase a los cuerpos que tienen una apreciablemente temperatura inferior a la del ambiente.

**Fuego:** Calor y luz producidos por combustión.

**Guaraní:** Dícese de los individuos pertenecientes a una raza que se extiende desde el Orinoco al río de la plata.

**Humidificador:** Equipo utilizado en anestesia para agregar humedad y calentar la mezcla de gases médicos que se suministran al paciente, los cuales vienen con un cero por ciento de humedad y temperatura ambiente.

**Impuestos:** Son los recursos que obtiene el gobierno mediante pagos que hacen las personas.

**Inversión:** El gasto en oportunidades que ofrezcan cierta rentabilidad.

**La máquina de anestesia:** se puede definir como un equipo programado para dispensar y distribuir gases analgésicos y vapores en el sistema de aspiración, creando con esto un estado de inconsciencia en el que hay ausencia de la sensación de dolor.

**Legión:** Número indeterminado de personas o espíritus.

**Manifold o múltiple:** Pieza a la que llegan varias entradas o salidas de fluidos y tienen una salida que puede ser común o también con varias ramificaciones.

**Marmita:** Olla de metal, con tapadera ajustada y una o dos asas.

**Mezcla:** Agregación de varias sustancias o cuerpos que no tienen entre si acción química.

**Miseria:** Desgracia, infortunio, estrechez, pobreza extremada

**Nivel de ingresos de una persona:** Dependerá de la cantidad y calidad de recursos que posea, del aprovechamiento que haga de ellos y el precio que tengan en el mercado.

**Obliterar:** Obstruir o cerrar algo.

Preconizando: Encomiar, tributar elogios públicamente a una persona o cosa.

presión: Fuerza que ejerce un cuerpo sobre una unidad de superficie.

Recursos: Aquellos elementos básicos para la producción de bienes y servicios.

Reparar: Arreglar, componer.

Saturar: Impregnar de otro cuerpo un fluido hasta el punto de no poder éste admitir mayor cantidad de aquel.

Suministro de pared: Tomas de gases médicos empotrados en la pared y conectados a la red de abastecimiento de gases médicos del hospital.

Termómetro: Instrumento que sirve para medir la temperatura.

Vapor: Gas que coexiste con la fase líquida o, si existe sublimación, con la fase sólida.

Vaporizador: Dispositivo utilizado para entregar concentraciones de un agente anestésico mezclado con un gas de acarreo.

## Anexo 1

### Ventilación y Humidificación en Anestesia

Los anestesiólogos estuvieron entre los primeros grupos de médicos que proporcionaron ventilación mecánica a los pacientes. La ventilación mecánica se emplea continuamente durante la anestesia y cirugía. Es esencial cuando, durante la anestesia, se requiere altas dosis de narcóticos, en la anestesia inhalada profunda y durante los bloqueos neuromusculares. También está indicado su empleo durante procedimientos quirúrgicos que impiden la respiración espontánea como la cirugía cardíaca, torácica y laparoscópica. También puede ser necesaria cuando la función respiratoria se ve comprometida por la posición del paciente durante el procedimiento quirúrgico (como el decúbito prono y la posición de Trendelenburg). Los pacientes con función cardíaca y pulmonar disminuidas, así como aquellos con hipertensión intracraneana pueden requerir de ventilación mecánica transoperatoria. Con frecuencia se emplea la ventilación mecánica para permitir al anestesiólogo realizar las tareas esenciales durante la anestesia y cirugía.

### Efectos Sobre La Respiración De La Anestesia General Y La Cirugía

Es bien conocido que la anestesia general tiene efectos profundos sobre el aparato respiratorio. En los pacientes con funcionamiento pulmonar normal, los cambios en la mecánica pulmonar y en las variables del intercambio gaseoso son consistentes, predecibles y generalmente no ponen en peligro la vida. El conocimiento de estos cambios inducidos por la anestesia, ha permitido la creación de estrategias de manejo del ventilador durante el transoperatorio para minimizar sus efectos secundarios. Además debe mencionarse que el tipo de cirugía tiene importantes efectos en la función respiratoria tanto en el transoperatorio como durante el postoperatorio.

### Función respiratoria durante la anestesia

#### *Ventilación*

Todos los anestésicos generales disminuyen la ventilación, deprimen la respuesta ventilatoria al bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), y desplazan el umbral de apnea hacia una mayor presión arterial de bióxido de carbono ( $\text{PaCO}_2$ ). En forma clásica, durante la

anestesia inhalatoria con agentes volátiles, se altera el patrón respiratorio dando como resultado una disminución de los volúmenes corriente y un incremento en la frecuencia respiratoria con un incremento dosis dependiente de la  $\text{PaCO}_2$ . Además, existen variaciones sustanciales entre los distintos vapores halogenados; así, el halotano en niveles anestésicos profundos (concentración alveolar mínima (MAC) de 1.0) incrementa la  $\text{PaCO}_2$  a 45 mm Hg, el isoflurano y desflurano a 50 mm Hg, el enflurano a más de 60 mm Hg.

Los agentes narcóticos también disminuyen la ventilación con un efecto proporcional a su potencia analgésica. Asimismo la combinación de sedantes, narcóticos y anestésicos inhalados e intravenosos, interactúan para producir mayor hipoventilación que cuando se administran por separado. Es debido a estas interacciones que la ventilación espontánea se torna poco satisfactoria, requiriéndose ventilación mecánica controlada. Cuando se administran a nivel anestésico profundo, los agentes inhalados suprimen la respuesta ventilatoria a la hipoxemia. Además el impulso ventilatorio ante la hipoxia se mantiene atenuado a concentraciones subanestésicas (MAC 0.1) y esto se mantiene hasta el periodo postoperatorio inmediato. Esta supresión del impulso ventilatorio limita la capacidad del paciente de incrementar la ventilación en respuesta a la hipoxemia. Las cosas empeoran si se deprimen los receptores periféricos en cuyo caso la hipoxia es resultado de depresión respiratoria central.

La depresión ventilatoria durante la anestesia puede en parte atribuirse a los distintos efectos que los anestésicos ejercen sobre el patrón de contracción de los músculos inspiratorios. Durante la anestesia general, así como durante la respiración espontánea, la asistencia de los músculos abdominales durante la respiración está conservada mientras que la de los músculos intercostales se encuentra prácticamente abolida. Esto se ha interpretado como una falla progresiva de la función de los músculos intercostales, conservándose la contracción del diafragma. La mayor parte de la respuesta ventilatoria al incremento en los niveles de  $\text{CO}_2$  se encuentra mediada por los músculos intercostales en vez del diafragma. En consecuencia, gran parte de la disminución en la respuesta ventilatoria a la  $\text{PaCO}_2$  durante la anestesia, se debe a la

inactivación de los músculos intercostales. La pérdida relativa del componente intercostal (torácico) durante la anestesia general con respiración espontánea puede resultar importante para pacientes con algún impedimento para la respiración con músculos abdominales (ej. por distensión abdominal o sobrepeso) o por contracción abdominal. Este mecanismo podría explicar porqué los pacientes obesos o con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) presentan más hipoventilación durante la anestesia.

#### **Volúmenes y mecánica pulmonar**

La forma y la movilidad de la pared torácica se afectan con la anestesia general, lo que da como resultado un desplazamiento del diafragma en sentido cefálico así como una disminución en el área transversal del tórax lo que reduce la capacidad funcional residual (CFR).

Después de efectuada la inducción a la anestesia general en posición supina, la CFR disminuye aproximadamente 20%; en el paciente obeso puede disminuir hasta en un 60% tomando como referencia los valores con el paciente despierto en posición supina.

La disminución en la CFR ocurre independientemente si la ventilación es espontánea o controlada, del tiempo anestésico, del grado de bloqueo neuromuscular y la fracción inspirada de oxígeno ( $FiO_2$ ).

Varios estudios, en los que se empleó la tomografía axial computarizada (TAC), han demostrado la aparición de densidades pulmonares semicirculares casi inmediatamente después de la inducción de la anestesia general. Estas densidades disminuían de tamaño o desaparecían al aplicar presión positiva al final de la espiración (PEEP). Al parecer, representan atelectasias producidas por compresión del parénquima pulmonar como consecuencia de la reducción del volumen torácico. Por lo tanto, la disminución en la CFR durante la anestesia general tiene importantes efectos sobre la función pulmonar, en particular sobre la mecánica pulmonar, distribución de la ventilación-perfusión y el intercambio gaseoso.

La relación presión-volumen del sistema respiratorio se ve afectada durante la anestesia general; la *compliance* de todo el sistema disminuye. Esto parece ser

debido a una reducción en la complianza pulmonar, pero es más probable que se deba a una disminución en la CFR y a la formación de atelectasias.

La complianza total depende de muchos factores incluyendo el volumen pulmonar, la tensión superficial, la enfermedad de base, la posición que guarda el paciente, la mecánica de la pared torácica, el volumen sanguíneo a nivel pulmonar y los antecedentes del volumen manejado previamente por los pulmones. Desde hace tiempo se ha establecido que volúmenes corrientes pequeños disminuyen la complianza pulmonar de un 30 a 50% y que estos cambios podrían revertirse con insuflación máxima o el empleo de "suspiros".

El aumento en la complianza es temporal ya que retorna los valores basales al cabo de 100 minutos; además el efecto benéfico de la hiperinsuflación se obtiene fundamentalmente cuando tenemos ventilación con volúmenes corrientes bajos, resultando efectivo con volúmenes corriente altos. Presumiblemente, el incremento en la complianza pulmonar, se da gracias al reclutamiento de alvéolos colapsados.

Los cambios en la resistencia de la vía aérea se ven influenciados por múltiples factores. El calibre de la vía aérea disminuye al disminuir el volumen pulmonar y además incrementará la resistencia. El incremento de la resistencia debido a una disminución en la CFR se debe en gran parte al efecto broncodilatador de la mayor parte de los anestésicos inhalados. Estos generalmente no tienen consecuencias significativas. Sin embargo, otras causas de aumento en la resistencia de la vía aérea pueden ser graves y comprometer la vida del paciente.

#### **Intercambio gaseoso a nivel pulmonar**

En pacientes anestesiados con ventilación mecánica tanto en posición supina como en decúbito lateral, la distribución del gas inspirado es distinta a la que se tiene con el paciente despierto a pesar de que la distribución en cuanto a la perfusión regional, no sufre cambios significativos. Durante la respiración espontánea, el gas inspirado se distribuye predominantemente en los alvéolos dependientes. La contracción activa del diafragma produce mayor desplazamiento en las porciones dependientes del pulmón y proporciona una mejor ventilación en estas regiones. Durante la ventilación mecánica, el gas inspirado se distribuye

perfectamente al pulmón no dependiente. Al emplear ventilación mecánica con presión positiva, se aplica una presión a nivel de la vía aérea igual a todo lo largo del pulmón a la que se opone el gradiente de presión hidrostática del abdomen (en posición supina). En el decúbito lateral, la ventilación del pulmón dependiente se opone al peso efectivo del contenido mediastinal, así como al gradiente de presión hidrostática lo que provoca un desplazamiento del diafragma hacia el pulmón no dependiente. El volumen corriente y el diafragma sufren un desplazamiento más equilibrado con inspiraciones incrementadas progresivamente (15 a 18 ml/kg), por lo que grandes volúmenes corrientes (15 ml/kg) dan una mayor ventilación y reclutamiento del pulmón dependiente que la que ocurre cuando estos volúmenes son pequeños (5 ml/kg).

En consecuencia, durante la anestesia y ventilación mecánica, la relación ventilación-perfusión está alterada encontrándose porciones del pulmón que presentan relaciones ventilación-perfusión ( $VA/Q$ ) heterogéneas. El efecto neto de estos cambios en el volumen y mecánica pulmonares así como en la distribución de la relación ventilación-perfusión es el de incrementar el gradiente de presión parcial alvéolo-arterial  $P(A-a)O_2$ , y la relación espacio muerto-volumen corriente ( $VD-VT$ ).

La  $PaO_2$  promedio transoperatoria es la mitad de las  $PaO_2$  inspiradas pero con grandes variaciones. Esto equivale al promedio de una fracción derecha-izquierda intrapulmonar de 0.10 a 0.15; se logran niveles aceptables de  $PaO_2$  con una  $FiO_2$  al 0.40) debido a que el incremento en la  $P(A-a)O_2$ , correlaciona con la disminución en la CRF.

### **Aspectos Prácticos De La Ventilación Mecánica En El Transoperatorio**

Los principios de la VM en el transoperatorio son los mismos que los utilizados para los pacientes en las unidades de terapia intensiva; sin embargo existen algunas variaciones que destacar como serían principalmente que los pacientes en el transoperatorio habitualmente no tienen un gran deterioro de la función pulmonar, se utilizan otros gases (anestésicos y óxido nitroso) además del aire y oxígeno, y el intercambio gaseoso en estos pacientes frecuentemente requiere menor volumen minuto.

Si bien los requerimientos basales de los pacientes anestesiados, en cuanto a volumen, son menores que los de los pacientes críticamente enfermos, algunos anestesiólogos prefieren utilizar volúmenes corrientes entre 12 y 15 ml/kg, con la idea de lograr niveles moderados de hipocapnia y con esto contribuir a suprimir la ventilación espontánea. De igual forma el utilizar estos volúmenes garantiza una adecuada oxigenación y evita la formación de atelectasias, incluso sin la necesidad de suspiros, y de hecho, éstos han sido cuestionados sobre su utilidad clínica. El utilizar estos volúmenes corrientes grandes es de gran beneficio sobre todo cuando la capacidad funcional residual es menor que el volumen de cierre de las vías aéreas, como es el caso en aquellos pacientes geriátricos, obesos o con EPOC.

Otra variación importante en comparación con la ventilación en el paciente crítico es el uso de la presión positiva al final de la espiración (PEEP), ya que no es un procedimiento de rutina en el paciente anestesiado. Si bien el uso de PEEP aumentaría la CFR, su efecto sobre la oxigenación en este tipo de pacientes es menos predecible, y de hecho la necesidad de usarla con este objetivo es poco frecuente, debido a que los pacientes pueden ventilarse con fracciones inspiradas de oxígeno alrededor del 50% o más, ya que por los cortos periodos que son utilizadas estas concentraciones de oxígeno no existe un gran riesgo de daño pulmonar.

En cuanto al intercambio de  $\text{CO}_2$ , se requiere de 80 a 100 ml/kg/min, con frecuencias respiratorias de 10 por minuto y con una relación inspiración: espiración (I:E) de 1:2 a 1:3. En cuanto a la modalidad de VM que se utiliza durante la anestesia, podemos expresar que es similar a la ventilación mandatoria intermitente (IMV) y a que los ventiladores actuales permiten al paciente efectuar respiraciones espontáneas entre un ciclo y otro; sin embargo frecuentemente los pacientes se encuentran sin automatismo respiratorio por los fármacos habitualmente utilizados por lo que en la práctica el modo que se utiliza es el de ventilación controlada. Para utilizar algún otro modo de VM durante el transoperatorio, como sería aquellos ciclados por presión (presión control y presión asistida) es necesario utilizar otro tipo de ventiladores, que permiten la

administración de los agentes anestésicos inhalados (actualmente sólo disponemos del Siemens 900 C, con dicha capacidad).

La decisión de continuar con la ventilación mecánica en el postoperatorio dependerá del grado de afección pulmonar, si ésta existe, en el transoperatorio y postoperatorio, así como de la técnica anestésica, del procedimiento quirúrgico y de las condiciones generales de cada paciente. Frecuentemente algunas cirugías como la cirugía mayor de abdomen y la de tórax, presentan datos de restricción pulmonar, con una disminución importante de la capacidad vital, que se traduce en la imposibilidad de mantener volúmenes corrientes adecuados y de presentar tos efectiva, lo que obliga a la asistencia ventilatoria en estos casos. En general la magnitud de estas alteraciones está en relación a la proximidad del sitio quirúrgico en el diafragma.

También en el postoperatorio pueden presentarse alteraciones en el intercambio de oxígeno, básicamente por dos mecanismos. El primero de ellos se encuentra en relación a las alteraciones descritas en el párrafo anterior como consecuencia principalmente de la disminución de la capacidad vital. El segundo mecanismo se explica como consecuencia de la anestesia general y sus efectos sobre el centro respiratorio, o por la hipoxia por difusión y por el recalentamiento. Todos estos efectos pueden prevenirse con la administración de oxígeno suplementario. Por lo general estas alteraciones se presentan durante las dos primeras horas de haber terminado el procedimiento.

La presencia de dolor postoperatorio y de los medicamentos utilizados para el control del mismo pueden de igual forma afectar la función pulmonar, ya que si el paciente presenta dolor intenso tiende a disminuir la intensidad de sus movimientos respiratorios, y el uso de medicamentos narcóticos ocasiona depresión respiratoria. Por tal motivo dentro de lo posible se prefiere utilizar medicamentos no narcóticos o analgesia regional en el postoperatorio.

En resumen, el apoyo ventilatorio mecánico en el postoperatorio se recomienda en aquellos pacientes con cirugía mayor de abdomen que en el preoperatorio se encontraban con una disminución menor al 50% de su función pulmonar predecible o en aquellos pacientes que por su estado general sean considerados

de alto riesgo; sin embargo este último aspecto se encuentra aún controvertido. De igual forma se sugiere individualizar la analgesia postoperatoria de acuerdo a las condiciones de cada paciente y sobre todo se aconseja una vigilancia estrecha de la función pulmonar en las primeras horas del evento quirúrgico.

### **Ventiladores En Anestesia**

El ventilador actualmente componente integral de los aparatos modernos de anestesia, consta de tres componentes básicos: el ventilador mecánico, la máquina de anestesia y el circuito de ventilación.

Los mecanismos integrados de ventilador y aparato de anestesia convergen a nivel de un interruptor o convertidor en donde una válvula permite según se requiera, la administración de ventilación artificial ya sea en forma manual con una bolsa y reservorio o bien mecánica por medio del ventilador.

Los ventiladores en anestesia operan gracias a una fuente de poder que puede ser de aire comprimido, electricidad o ambas cosas como es el caso de los modelos más recientes; además emplean un sistema de ciclos con lo que proporcionan ventilación controlada únicamente. Se acompañan asimismo de un sistema de fuelles. Estos se clasifican en ascendentes o descendentes según el movimiento que realizan durante la exhalación considerándose a los primeros como más seguros ya que no se vuelven a llenar una vez que se desconecta el sistema en contraste con los descendentes que siguen funcionando al desconectarse incluso sin activar los sistemas de alarma de baja presión. Todos los ventiladores modernos poseen fuelles ascendentes. Por último tenemos el mecanismo de conducción: los ventiladores que se emplean actualmente en anestesia constan de un doble circuito en el que un generador de flujo de aire comprimido proporciona la fuerza necesaria para movilizar los fuelles que separan al circuito de gas comprimido del paciente y los gases anestésicos. El aire comprimido puede ser oxígeno al 100% para ventiladores con generadores de flujo no dependientes de presión o una mezcla para los que usan un sistema de Venturi.

Durante la inspiración, el gas comprimido entra a la cámara de los fuelles aumentando su presión para proporcionar ventilación al paciente. Se evita que el gas se fugue gracias al cierre de sus válvulas de escape. Durante la exhalación, la

presión a nivel de la cámara de los fuelles y la línea declina a cero lo que abre las válvulas de escape permitiendo el llenado del fuelle con una mezcla del gas que exhala el paciente y aire fresco proporcionado por el aparato de anestesia. Existe una válvula que actúa en forma semejante a una pelota que evita las presiones excesivas durante la fase espiratoria del ciclo respiratorio ya que se abre cuando a nivel de fuelle existe una presión de 2 a 3 cm de H<sub>2</sub>O.

### **Límites En Presiones Y Flujos De Los Ventiladores En Anestesia**

Cada fabricante especifica las máximas presiones y flujos inspiratorios que pueden lograrse empleando sus ventiladores. Pero al integrarlos al aparato de anestesia el volumen minuto proporcionado que se programa en el ventilador puede ser distinto al que se aprecia al observar el grado de compresión del sistema de fuelles. Esta discrepancia entre el volumen programado y el proporcionado está en función de varios factores entre los que se incluye al flujo de aire fresco (FGF), el tiempo inspiratorio (TI), el volumen del circuito, su distensibilidad y el propio generador de flujo del ventilador. Todos estos factores aumentan o disminuyen el volumen corriente proporcionado según el caso.

El aumento del volumen minuto proporcionado por el aparato es el resultado del producto del flujo de gas fresco y el tiempo inspiratorio (FG x TI); también puede aumentar si hay una fuga en el fuelle, mientras que en contraposición, su disminución depende de la capacidad de compresión y de la distensibilidad del circuito así como del tipo de generador de flujo. Un circuito clásico para adulto tiene un volumen de compresión de 6 a 7 litros y una capacidad de compresión de 6 a 12 ml/cm H<sub>2</sub>O. El volumen que se gana con el flujo de aire fresco se compensa con la disminución de volumen por compresión. Por lo tanto, el volumen corriente programado se aproxima al suministrado por el aparato en ventilación mecánica empleando presiones pico en el rango de 20 a 30 cm H<sub>2</sub>O con un flujo de aire concomitante de 5 litros por minuto. Las especificaciones del fabricante pueden emplearse para predecir la máxima ventilación minuto que proporciona. Al conocer el volumen inspiratorio medio (VI) y el máximo trabajo inspiratorio por ciclo (TI/TOT) se puede estimar la máxima ventilación minuto teórica.

Ventilación minuto = VI x (TI/TOT), al sustituir a VI por el volumen inspiratorio máximo obtenemos la máxima ventilación minuto esperada que resulta generalmente mayor que la observada clínicamente. Con frecuencia es sobrestimada, ya que los

ventiladores no pueden mantener un flujo inspiratorio máximo con incremento en la presión a nivel de la vía aérea.

El volumen inspiratorio disminuye como resultado de la capacidad de compresión y el generador de flujo que se utiliza. Cuando los generadores no dependen de presión es la capacidad de compresión la que disminuye el volumen inspiratorio promedio del sistema de anestesia ventilación. En los dependientes de presión tanto la distensibilidad como el volumen disminuido del generador contribuyen por igual.

La disminución del volumen inspiratorio que tiene lugar ante incrementos en la presión de la vía aérea limita la capacidad de ventilación minuto de los ventiladores en anestesia, contrario a lo que ocurre con los que se emplean en medicina crítica que mantienen flujos máximos con presiones de la vía aérea de hasta 80 cm de H<sub>2</sub>O. Esto es posible ya que estos ventiladores tienen un mínimo volumen de compresión y su generador de flujo no depende de presión.

### **HUMIDIFICADORES**

Durante la ventilación mecánica, el calor y la humedad de los gases inspirados es esencial para asegurar la integridad de la vía aérea y una adecuada función mucociliar.

La nariz proporciona un mecanismo de humidificación extraordinariamente efectivo, pero si la vía aérea se encuentra con traqueostomía o intubación endotraqueal, se pierde este mecanismo. Por lo tanto la humidificación debe ser proporcionada en forma artificial. Cuando esto ocurre, el contenido de humedad del gas inspirado se debe incrementar a 100% de humedad relativa a la temperatura corporal.

El nivel óptimo de humedad recomendada en anestesia todavía es muy controversial; algunos autores recomiendan un mínimo de humedad de 60% o 12 mg/l. Los valores óptimos están entre 14 y 30 mg/l de vapor de agua. La humidificación del interior de los tubos corrugados y el reservorio aumenta significativamente la humedad en el circuito circular. Esto alcanza un contenido de agua de aproximadamente 22 mg/l. La humedad disminuye con el tiempo cuando ocurre evaporación dentro del circuito produciendo enfriamiento. El sistema circular cerrado puede alcanzar un contenido de agua hasta de 29 mg/l cuando los gases pasan a través del absorbedor. La humedad relativa alcanza el 100% debido a la producción de agua por neutralización durante el proceso de absorción de bióxido de carbono por la cal sodada.

La administración de gases anestésicos produce cambios morfológicos del epitelio traqueobronquial que pueden contribuir a la aparición de complicaciones pulmonares postoperatorias. Por lo tanto, se recomienda el empleo de humidificadores durante la anestesia con ventilación mecánica, particularmente con el empleo de circuitos semiabiertos. Las recomendaciones en relación al uso de intercambiadores de calor y humedad (HME) en sistemas semicerrados es todavía controversial. No existe suficiente información reportada en la literatura que establezca que el HME mejore el transporte mucociliar bajo estas condiciones.

La humidificación probablemente no es necesaria en unidades diseñadas para reinhalación total (sistemas cerrados) debido a que la pérdida de agua no es de gran magnitud. La humidificación se requiere para sistemas abiertos o semiabiertos.

Existen diferentes tipos de humidificadores, los simples y los térmicos. Los simples no emplean calor, ya que están diseñados para proporcionar humedad suficiente al gas administrado. De este tipo se cuenta con el humidificador en línea, el de burbuja, el jet y jet de inmersión.

El humidificador en línea es el de diseño más simple, en el que el gas pasa sobre la superficie del agua y después se dirige hacia el paciente. La eficacia de éste es baja ya que el tiempo de exposición y el contacto con la superficie agua/gas es limitada.

El segundo tipo es el de burbuja, que es probablemente el más utilizado. En éste el gas es dirigido por debajo de la superficie del agua permitiendo que las burbujas se dirijan hacia la superficie, aumentando así el tiempo y la superficie del área de contacto, y por lo tanto su eficacia. Algunas veces son conocidos como difusores, por que se incorpora un sistema que permite que el gas genere burbujas mucho más pequeñas para incrementar aún más el área de superficie gas/agua.

El tercer tipo es el jet, en el que se produce un aerosol (que consiste en partículas líquidas o sólidas de una sustancia suspendida en un gas) por medio de un sistema de filtro o esponja en donde las partículas son tanto removidas o evaporadas formando humedad.

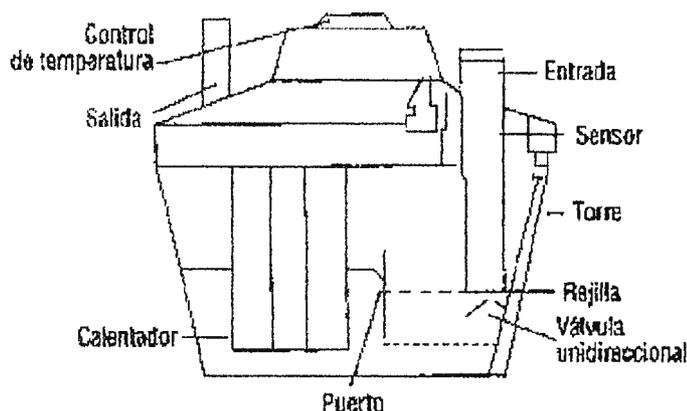
El humidificador jet de inmersión incorpora los principios tanto del de burbuja y como del jet. El gas es conducido por debajo de la superficie del agua a un jet que utiliza el principio de Bernoulli, para producir aerosol. De esta forma las burbujas conteniendo aerosol flotan hacia la superficie del agua, incrementando la interfase gas/agua y el tiempo de exposición y por lo tanto su eficacia.

En los últimos años se han producido muchos humidificadores desechables; casi todos ellos son del tipo de burbuja o difusor. Su ingeniería permite que su eficiencia sea suficiente para producir de 80 a 100% de humedad relativa. Todos, en diferentes grados, pierden su efectividad cuando el nivel del agua disminuye, ya que también el tiempo de exposición agua/gas es menor.

Otro tipo de humidificadores son los térmicos, que emplean el calor para aumentar su eficacia. El incremento de la temperatura del gas o del agua, favorece que la capacidad del gas de transportar vapor de agua aumente a su paso por el humidificador térmico.

Los humidificadores térmicos (HH) son los más comúnmente empleados debido a su capacidad de humidificación y calentamiento a lo largo de un amplio rango de ventilaciones minuto. El uso de este tipo de humidificadores en pacientes con intubación prolongada presentan menor incidencia de obstrucción del tubo endotraqueal.

La Cascada (tipo Bennett) es el tipo de humidificador térmico más comúnmente empleado desde 1960. Es un humidificador de burbuja modificado en el cual el gas baja a través de una torre hacia una cámara a través de una rejilla desplazando el agua de la cámara. Esto incrementa el nivel del reservorio de la cascada, permitiendo que cierta cantidad de agua pase por la rejilla hacia un puerto, ésta forma una capa sobre la rejilla y forma una espuma al paso del gas de la cámara a la rejilla; este diseño fue empleado



**Figura 5. Cascada (tipo Bennett)**

para reducir la resistencia del flujo del gas a través de la unidad.

Existe una válvula unidireccional en la torre que impide el regreso de la humedad hacia el aparato conectado. Un sensor en la torre permite la comunicación del gas con el conector del ventilador, de tal forma que los esfuerzos del paciente puedan ser sensados por la máquina (Fig. 5).

Actualmente existen otras unidades de diseño similar: 1) la unidad desechable producida por Respiratory Care, Inc., 2) el humidificador reutilizable con los ventiladores Ohio Critical Care 550, 3) el humidificador del Ventilador Monaghan 225, y 4) la unidad desechable Searle.

De cualquier manera éstos presentan algunas desventajas como son costo, condensación en los tubos del ventilador y la potencial contaminación bacteriana.

Normalmente estas unidades pueden ser calentadas por arriba de la temperatura corporal, ya que el gas se enfriará a su paso a través de los tubos. La pérdida de calor producirá condensación, por lo que los tubos deberán situarse de forma que ésta sea drenada de regreso al humidificador.

La nariz artificial también conocida como intercambiador de calor y humedad (HCH) o humidificador higroscópico, representa una alternativa menos costosa sin los riesgos asociados. Este es ideal para periodos de tiempo cortos, ya que se ha reportado en la literatura que el empleo de HCH produce secreciones espesas alrededor del quinto día, por lo que se recomienda que su uso se limite a este tiempo.

Otra de las ventajas de la nariz artificial es que se reduce la incidencia de neumonía nosocomial y la contaminación de los circuitos de los ventiladores. Esto debido a que se ha postulado que para que exista colonización bacteriana necesita haber condensación en el circuito, lo que no ocurre con este tipo de humidificadores.

La elección adecuada de una nariz artificial es muy importante. En una serie de estudios se han comparado una gran variedad de HCH disponibles empleando diferentes metodologías, y de acuerdo a los protocolos propuestos por la Organización Internacional de Estándares. Se encontró que las narices higroscópicas fueron significativamente mejores que las hidrofóbicas en todos los niveles de ventilación minuto con respecto a la humidificación.

## Anexo 2

### Efectos del Uso de la Mezcla de Aire Comprimido con Oxígeno sobre las lecturas del Refractómetro.

#### a. GENERALES.

Se sabe que la presencia de aire en un vaporizador durante el inicio de una prueba afecta las lecturas obtenidas en el refractómetro. Este efecto puede ser ignorado si se asume con cierto recelo que la cámara de vaporización está llena de oxígeno. Esto puede ser corroborado si la última operación antes de realizar la prueba envolvía lo siguiente:

- Pasar un flujo de 5 lpm de oxígeno a través del vaporizador con el dial al máximo ajuste por un tiempo que puede ir de un minuto a una hora, pero no más de 48 horas antes de empezar una prueba formal.
- Haber realizado cualquier medida de porcentaje estándar en el refractómetro entre las últimas 48 horas.

Si alguna prueba de calibración es realizada a 5 lpm con la cámara llena de aire al inicio, se pueden hacer correcciones para los efectos de la mezcla, pero siempre acordando que las otras pruebas sean realizadas bajo las condiciones antes dichas.

#### b. CORRECCIONES.

Las siguientes cantidades fueron sustraídas del porcentaje aparente del refractómetro con la cámara llena de aire.

FLUOTEC 4 e ISOTEC 4		ENFLURATEC 4 (5%)		ENFLURATEC 4 (7%)	
Ajuste del Dial	Cantidad a Sustraer del V/V%	Ajuste del Dial	Cantidad a Sustraer del V/V%	Ajuste del Dial	Cantidad a Sustraer del V/V%
0.25	0.02	0.20	0.02	0.50	0.04
0.50	0.03	0.40	0.04	1.00	0.07
1.00	0.05	0.60	0.05	2.00	0.05
2.00	0.06	1.00	0.06	3.00	0.01
3.00	0.03	1.50	0.04	4.00	0.00
4.00	0.00	2.00	0.01	5.00	0.00
5.00	0.00	3.00	0.00	6.00	0.00
		4.00	0.00	7.00	0.00
		5.00	0.00		0.00

### Anexo 3

#### Interpretación de los resultados. ERRORES DE OBSERVACIÓN Y USO.

La desviación aparente de las tolerancias puede ocurrir por una o más de las siguientes razones:

- Separación accidental del protocolo de la prueba.
- Ajuste incorrecto del dial del vaporizador.
- Errores al ajustar el flujo.
- Mal alineamiento de la franja del refractómetro.
- No permitir suficiente tiempo para que la temperatura se estabilice.
- Registro incorrecto de los resultados.

Si se sospecha que se ha cometido algún error, es permisible repetir una prueba simple y descartar los resultados considerados erróneos. Estos procedimientos de repetición en busca de errores de observación o uso no deben de ser realizados más de una vez en un vaporizador, a menos que haya una fuerte tendencia a registrar datos incorrectos o alguna otra razón clara para repetir las medidas, dado que la inestabilidad del vaporizador puede ser accidentalmente interpretada como un error de observación o uso.

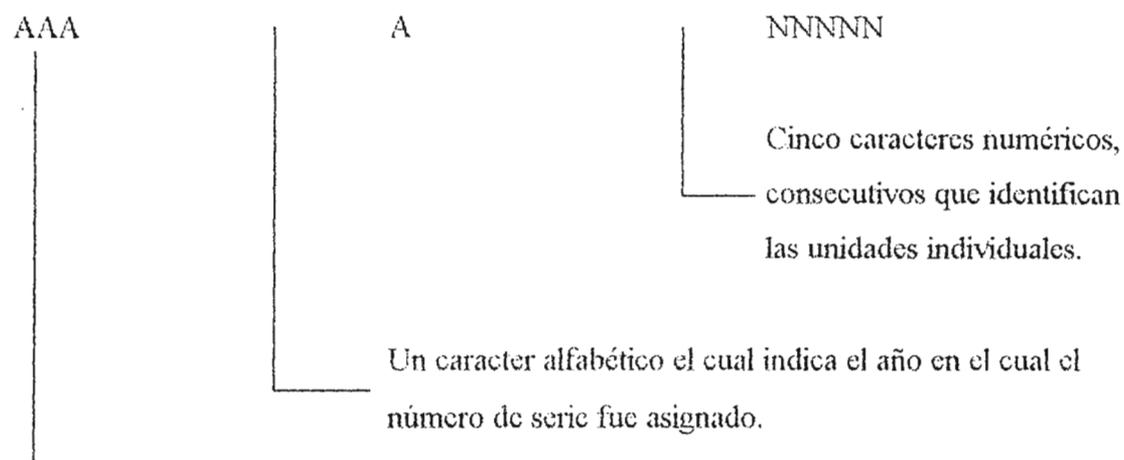


## Anexo 5

## NUMERO DE SERIE PARA CYPRANE TEC 4

## a. Detalles.

El número de serie es un código de nueve caracteres alfanuméricos de la forma siguiente:



Tres caracteres alfabéticos, los cuales designan una línea particular de producto, asignado por Ohmeda Madison.

## b. Códigos de Grupo de Productos.

CODIGO DE PRODUCTO	GRUPO DE PRODUCTO
BAQ	ENFLURATEC 7%
BAR	ISOTEC
BAS	FLUOTEC 5%
BAT	ENFLURATEC 5%
BAV	FLUOTEC 4%

## c. Códigos de Año.

CODIGO DE AÑO	AÑO
L	1983
M	1984
N	1985
P	1986
Q	1987
R	1988
S	1989
T	1990
U	1991
V	1992
W	1993
X	1994

## Anexo 6

### Refractómetro de Interferencia:

#### Descripción y operación.

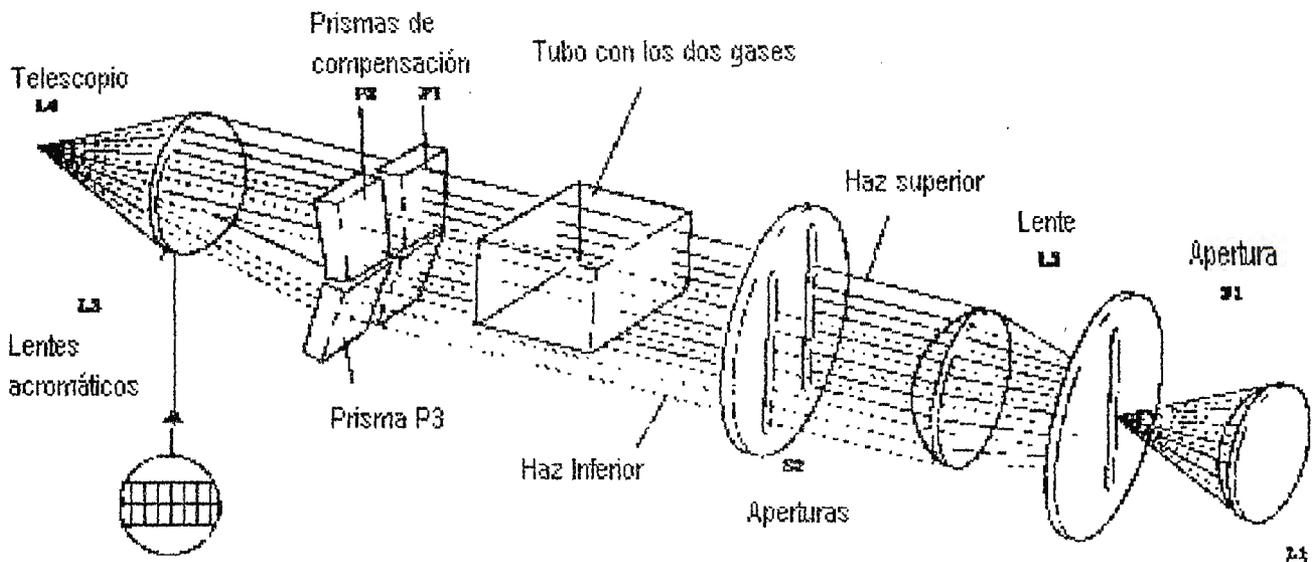
##### 1.1 Principio de operación:

El principio bajo el diseño de el instrumento es que la luz que pasa a través de un gas experimenta un retardo de fase el cual está relacionado a el índice de refracción del gas. Si dos haces de luz homogénea, cada cual pasando a través de un gas diferente, forma un patrón de interferencia, este patrón se desplaza por la diferencia en el atraso de fase.

En éste instrumento particular, las bandas de interferencia formadas en la luz colimada por dos hendiduras adyacentes son observadas por medio de un telescopio. Este arreglo es, en realidad, un enrejado de difracción con sólo dos aperturas. Este sistema de bandas obtenido está hecho para indicar el índice refractivo de una sustancia por un desplazamiento indirecto del sistema de bandas completo, cuando se hace algún cambio en la senda óptica de uno de los haces interferentes; parte de la senda óptica es por supuesto el gas bajo examen.

La luz de una fuente de alta intensidad está concentrada sobre una estrecha apertura vertical **S1** por los lentes **L1** y colimados por el lente acromático **L2** frente de la cual están dos ranuras verticales estrechas **S2**. Las aperturas **S2** dividen el haz paralelo en dos planos de luz paralela.(fig

1)



**Diagrama óptico del refractómetro**

**Fig. 1.** Fuente: Datex-Ohmeda

Las mitades superiores de los haces gemelos paralelos pasan a través de los tubos(celdas) paralelos conteniendo los gases a ser comparados y pasan a través de prismas compensadores de vidrio P1 y P2. El prisma P1 está fijo, mientras que P2 puede rotar alrededor de un eje horizontal el cual es perpendicular al eje óptico, alterando de ésta forma el largo de la senda óptica de un haz.

Las imágenes de la hendidura de entrada formada por dos haces están superimpuestas por los lentes acromáticos L3 y observadas con lentes cilíndricos pequeños L4. Esta pieza ocular magnifica las franjas en una dirección horizontal solamente, sin pérdida innecesaria de luz.

Las mitades inferiores de los dos haces, emergiendo de las mitades inferiores de las aperturas gemelas S2, viajan fuera de los tubos y caen sobre el prisma fijo P3. Este es inclinado hacia el eje óptico y biselado de tal forma que el haz inferior emerge adyacente al superior y separado por una línea de división horizontal muy fina. Además son eliminadas obstrucciones ópticas, tales como las paredes de las celdas, que podrían de otra formar crear una separación entre los sistemas de bandas superior e inferior.

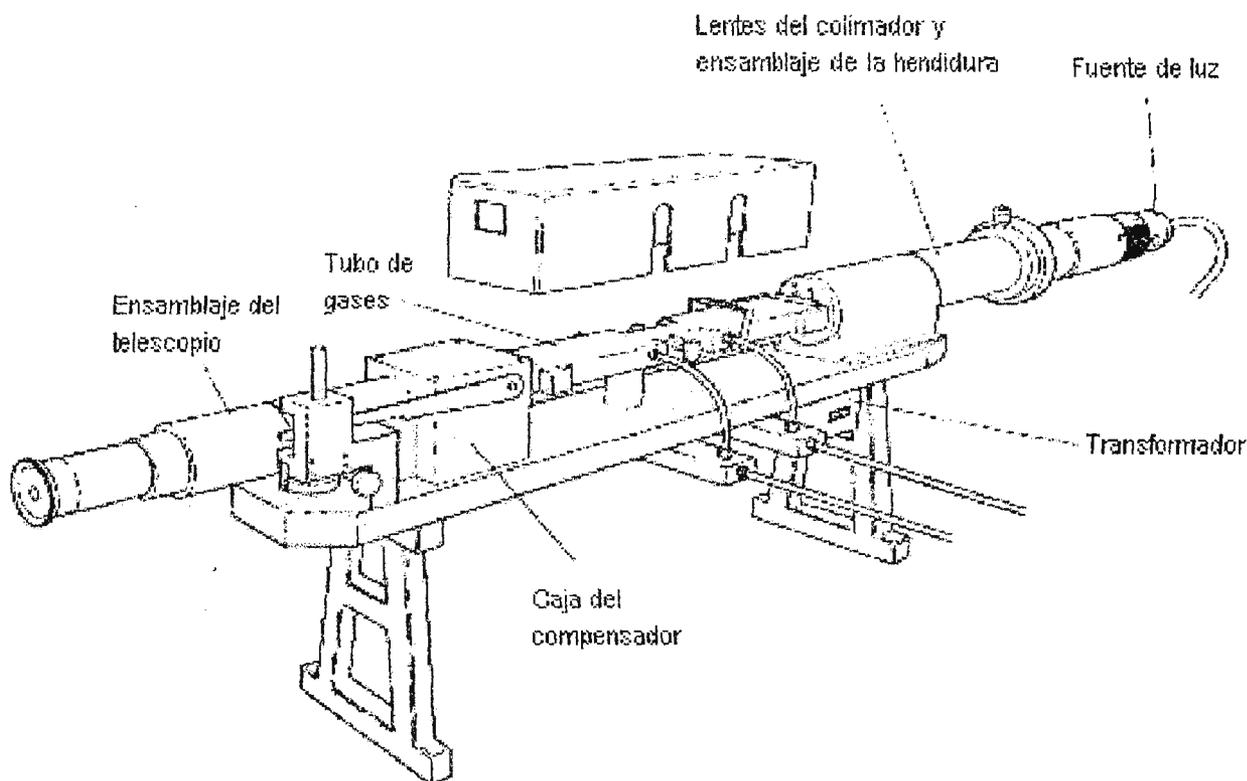
las paredes de las celdas, que podrían de otra formar crear una separación entre los sistemas de bandas superior e inferior.

Como las sendas ópticas seguidas por los dos haces inferiores son idénticas, la banda inferior permanece inamovible bajo todas las condiciones, y por ello provee un cero de referencia a partir del cual los movimientos de el sistema de banda superior pueden ser medidos. Las bandas superiores se moverán cuando el prisma **P2** es rotado, o cuando un gas con un índice de refracción es pasado a través de un tubo.

### 3.1.2 Descripción.

Los componentes principales del refractómetro consisten en lo siguiente:

- Ensamble de soporte
- Fuente de luz y ensamblaje de la hendidura del colimador.
- Tubo doble para los gases.
- Compensador y ensamblaje del telescopio (pieza ocular).



**Principales componentes del refractómetro**

Fig 2

- a) **Ensamble de soporte:** Es una barra rígida de acero a la cual están atornillados dos pedestales en forma de A para proveer estabilidad a una altura conveniente para trabajar cuando el instrumento está montado en una mesa.
- b) **Colimador, ensamble del montaje de hendidura y fuente de luz:** Este ensamble está montado al final de el ensamble de soporte y contiene los lentes condensadores, la hendidura simétrica, lentes del colimador, platina del diafragma y fuente de luz. El ensamble completo está asegurado al soporte por medio de dos tornillos.

#### **Fuente de luz:**

La fuente de luz consiste en una lámpara de 6 voltios, 18 watts y el receptáculo.

#### **Ensamble de la hendidura:**

El ensamble de la hendidura simétrica está asegurado por 4 tornillos a la pestaña del tubo de lentes del colimador. El tubo de lentes está colocado dentro de un cilindro y asegurado por un solo tornillo goloso. El tubo de lentes junto con el ensamble de la hendidura puede ser rotado dentro del contenedor cilíndrico, después de quitar el tornillo, para así corregir cualquier error en la posición vertical de la hendidura.

El ajuste de el ancho de la hendidura está controlado por la rotación de el tambor del micrómetro. El ancho de la hendidura aumenta al girarlo en la dirección de la agujas del reloj.

El final interno del tubo de lentes acepta los lentes del colimador acromático los cuales proyectan la luz colimada a través de la platina del diafragma. Esta platina está provista con dos aperturas verticales estrechas (4x27mm) a través de las cuales la luz emerge como dos haces paralelos, del cual, las mitades superiores pasan a través de dos tubos de gases. Las aperturas en la platina del diafragma pueden ser ajustadas verticalmente al aflojar los dos tornillos aseguradores y rotando la platina dentro del límite de las aperturas.

- c) **Doble tubo de gas:**

Los dos tubos paralelos de gas son de bronce, con los extremos cerrados por ventanas de vidrio claro. Ambos tubos son cuadrados en sección transversal ( vidrios planos) y son idénticos en tamaño.

Las conexiones de entrada y desecho para cada tubo están ajustadas con conectores atornillados los cuales conectan a múltiples en la parte inferior del haz.

El ensamble del tubo está montado en un anaquel de soporte sencillo el cual está unido al ensamble de soporte por medio de un pilar. El pilar puede ser ajustado en altura por medio de un tornillo colocado en la base, y por una abrazadera de tornillo la cual puede ser aflojada antes del ajuste y reapretada al final. El ajuste vertical del anaquel es pre-fijado en la fábrica.

Las hendiduras en 'V' en los lados del ensamble del tubo acepta un tornillo de ajuste a un lado, y un émbolo con resorte del otro, lo cual facilita el alineamiento lateral del ensamble del tubo entre la platina del diafragma y la caja del compensador.

El alineamiento vertical del ensamble del tubo dentro del anaquel está provisto por un segundo tornillo de ajuste el cual sostiene el ensamble del tubo contra un resorte sujetador .

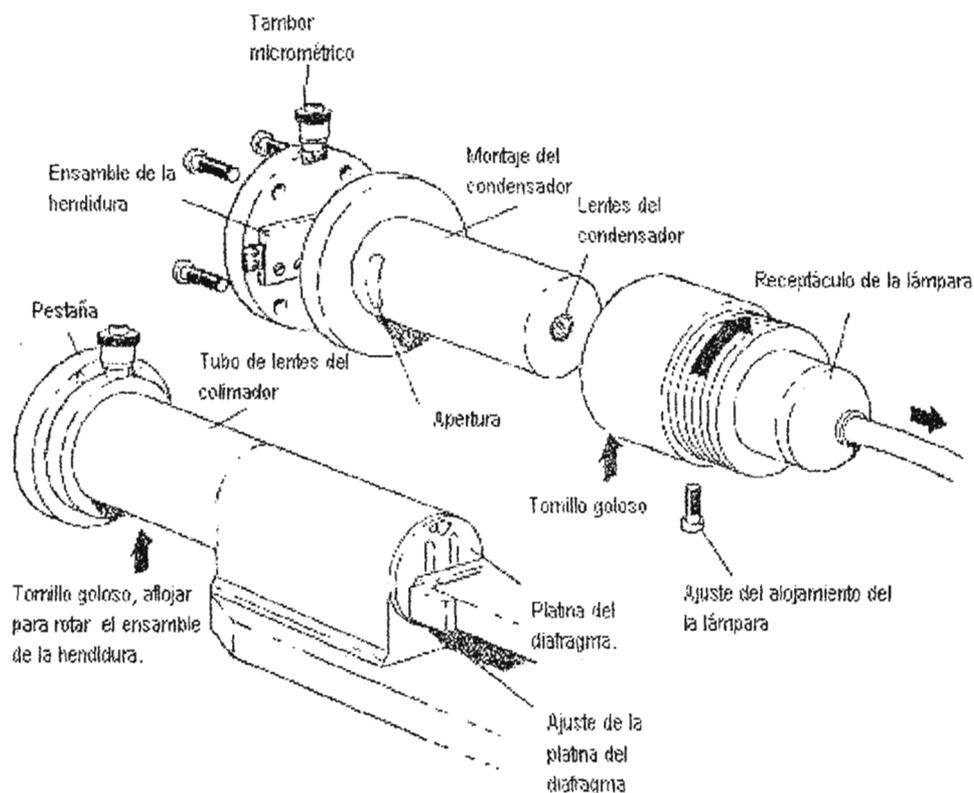
- d) Ensamble del telescopio y el compensador: El ensamble está asegurado al de soporte por dos tornillos y precisamente colocado contra la banda localizadora. La caja del compensador contiene dos platinas de vidrio y un prisma de vidrio. Una platina está fija a  $45^\circ$  del eje óptico y la otra es capaz de un pequeño movimiento rotacional alrededor de su eje horizontal y perpendicular al eje óptico, se le llama "Platina de compensación". Ambas platinas son mantenidas en posición sobre sus montajes independientes por un brazo con resorte. La posición del prisma biselado, situado después de las platinas, está permanentemente fijo respecto al eje óptico.

El movimiento rotacional de la platina del compensador es logrado por la acción de pivote del brazo compensador. El extremo frontal del brazo está asegurado a el montaje de la platina del compensador mientras que el extremo trasero está sujeto por un huso con rosca (inclinación de rosca de 0.5 mm) del tambor micrométrico de vernier. Este último está dividido en 100 divisiones, cada cual representa 0.005 mm o un movimiento angular de la platina del compensador de aproximadamente 5 segundos. El borde superior del tambor se lee contra las graduaciones de la escala vertical, cada división del cual representa una vuelta completa del tambor. Para ayudar en las medidas exactas, la escala y el tambor pueden ser vistos a través del magnificador.

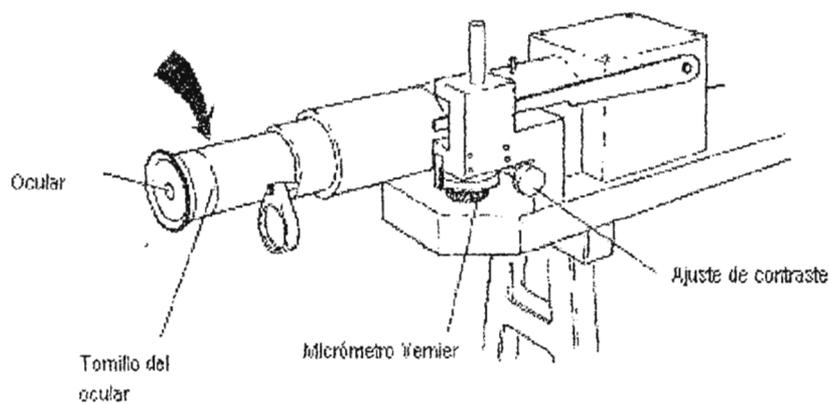
Los haces emergentes de luz desde las platinas y el prisma son enfocados por unos lentes acromáticos (no mostrados) y observadas por el ocular del telescopio. El

enfoque adecuado del telescopio es logrado al rotar el tornillo de enfoque y el ajuste horizontal de el patrón de franjas por el tornillo de ajuste el ocular.

El telescopio, el cual está bien ajustado dentro de la carcasa, puede ser removido por medio de una acción de giro.



**Alojamiento de la lámpara y ensamble de la hendidura**



**Ensamble del telescopio**

Fuente Datex-Ohmeda

**Fig 3**

## Anexo 7

Tomado del capítulo - del "Health Care Facilities Handbook"

### **3-2.2.1 Construcción de locales para almacenaje para gases o para múltiples.**

3-2.2.1.1 Se deben proveer locales para almacenamiento de agentes oxidantes tales como óxido nitroso, mezclas de oxígeno y aire comprimido. Tales locales deben ser construidos con una combinación de materiales de construcción que tengan una resistencia al fuego de al menos una hora y no deben de comunicar directamente con lugares donde haya presencia de anestésicos. Otros gases médicos no inflamables pueden ser guardados en el local. Gases inflamables no deben de ser almacenados con agentes oxidantes. El almacenaje de cilindros llenos o vacíos puede hacerse diferenciando unos de otros y no debe usarse el local para otro propósito.

Nota : El piso conductivo no se requiere en estos locales si no se usan con gases médicos inflamables.

Lo más importante es que los gases inflamables sean almacenados separadamente de los gases oxidantes e inertes. Sí es posible el almacenaje de gases inertes junto con los oxidantes, pero no es aceptable que dichos gases sean almacenados con gases inflamables.

3-2.2.1.2 Se deben de tener anaqueles o medios para sujetar los cilindros y protegerlos de daño accidental o caída.

3-2.2.1.3 La instalación eléctrica en locales de almacenaje para gases médicos no inflamables debe cumplir la norma NFPA 70, el Código Nacional Eléctrico, para locales ordinarios. Las instalaciones eléctricas, interruptores y receptáculos deben ser instalados en lugares fijos a no menos de 152 cm arriba del nivel del piso como precaución contra daño físico.

### **3-2.2.2 Sistemas de tuberías para gases médicos no inflamables.**

3-2.2.2.1 Los múltiples de oxígeno y óxido nitroso y sistemas de tuberías que suplen locales anestésicos deben de cumplir con la NFPA 56F, standard para sistemas de gases médicos no inflamables.

3-2.2.2.2 La línea de suministro principal debe de ser proveída con una válvula de apagado colocada de tal forma que sea accesible en caso de emergencia, y debe de estar identificada como tal.

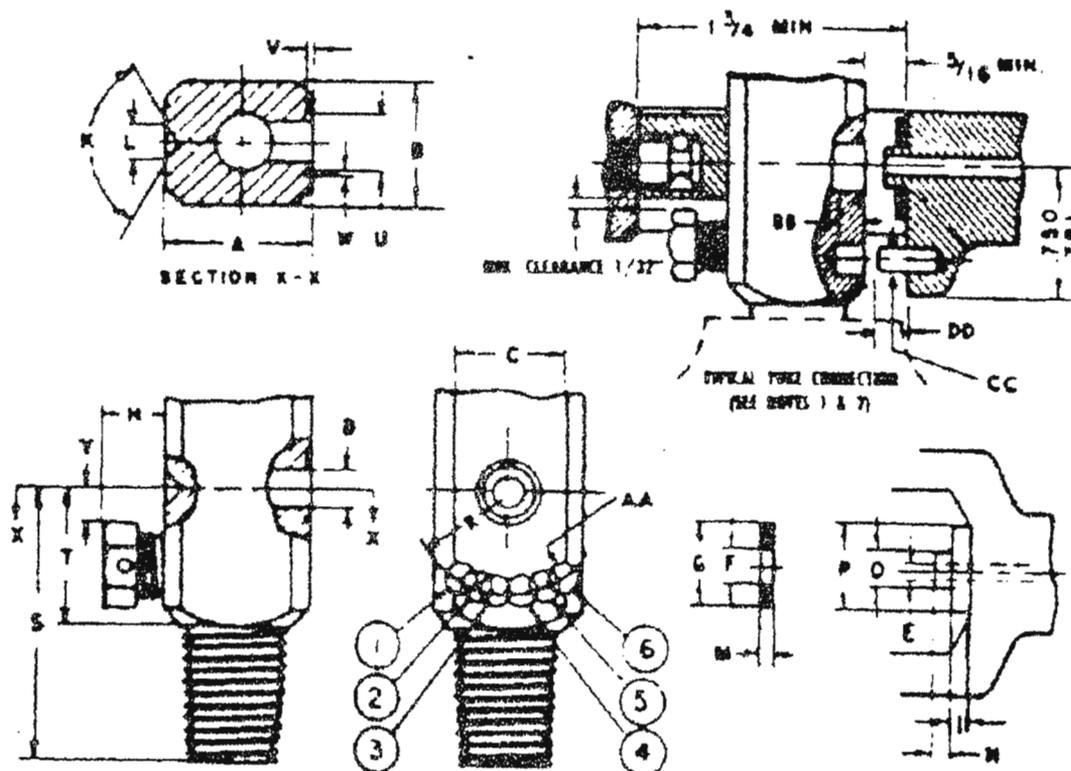
COMPRESSED GAS ASSOCIATION, INC.  
NEW YORK, N. Y.

CONNECTION NO. 860

## YOKE OUTLET FOR MEDICAL GASES

### STANDARD FLUSH OUTLET CYLINDER VALVE YOSE CONNECTION

BASIC DIMENSIONS FOR CONNECTION NUMBERS 870 THRU 940, INCLUSIVE



VALVE OUTLET NO. 861	
MAJOR WIDTH	A $1 \frac{1}{8} \pm \frac{1}{64}$
MINOR WIDTH	B $\frac{7}{8} \pm \frac{1}{64}$
FACE	C $\frac{5}{8}$ MIN
HOLE DIA	D $\frac{7}{16} \pm \frac{7}{64}$
COUNTERBORE ANGLE	E $100^{\circ}$ - $120^{\circ}$
COUNTERBORE DIA	F $\frac{13}{16} \pm \frac{1}{16}$
MINOR GROOVE DIA	G $1 \frac{3}{8}$ MIN
GROOVE WIDTH	H $\frac{3}{8}$ MAX
GROOVE DEPTH	I $\frac{6}{32}$ MAX
DISTANCE	J $1 \frac{11}{16}$ MIN
DISTANCE	K $\frac{13}{16}$ MIN
CLEARANCE	L $\frac{5}{16}$ MIN
PROJECTION	M $\frac{3}{8}$ MAX
HOLE DIA	N $1 \frac{3}{8} \pm \frac{1}{32}$
HOLE DEPTH	O $1 \frac{3}{8} \pm \frac{1}{32}$
SAFETY	P $\frac{9}{16}$ MIN

WASHER NO. 845	
DIAMETER	G $1 \frac{3}{8} \pm \frac{1}{64}$
HOLE	F $245^{\circ}$ - $265^{\circ}$
PROJECTIONS	M $\frac{1}{16} \pm \frac{1}{64}$

NIPPLE NO. 843	
HOLE DIA	E $1 \frac{3}{8} \pm \frac{1}{32}$
HOLE DIA	O $255^{\circ}$ - $275^{\circ}$
WASER LENGTH	M $140^{\circ}$ - $170^{\circ}$
SHOULDER DIA	P $\frac{5}{8}$ MIN
SHOULDER LENGTH	1 TO 1 1/2
PTH DIA	CC $135^{\circ}$ - $155^{\circ}$
PTH LENGTH	DD $1 \frac{1}{2}$ MIN

NOTE 1 - YOKE OR STABILIZER SHALL BE SO DIMENSIONED AS TO LIMIT ITS ROTATION ON THE VALVE TO  $\pm 6$  DEGREES.

NOTE 2 -  $1 \frac{3}{8}$  MAY BE REDUCED TO  $1 \frac{1}{8}$  IN CLEARANCE IF PROVIDED FOR PROJECTING SAFETY NET.

\*APPLICABLE ONLY IF PROJECTING TYPE SAFETY IS USED

Must be central within .010 in Break sharp edge on outlet hole and gasket groove

FIGURA 1

3-2.2.2.3 Se puede colocar una válvula de apagado fuera de las áreas de anestésicos en cada línea de oxígeno y de óxido nitroso, colocada de tal forma que sea fácilmente accesible en todo momento para usar en caso de emergencia. Estas válvulas pueden ser colocadas de tal forma que al cortar el suministro de un cuarto o sala de operación no se interrumpa el suministro de los demás. Deben ser de un tipo adecuado, montadas en un pedestal o protegidas debidamente contra daño físico y marcada para impedir el cerrado por equivocación.

3-2.2.2.4 Las válvulas especificadas en el punto anterior no son necesarias si se colocan válvulas de servicio para oxígeno y óxido nitroso entre las instalaciones anestésicas y son equipadas con tuberías extendiéndose al menos 183 cm y terminando con miembros hembras de acoples no intercambiables para oxígeno y óxido nitroso.

3-2.2.2.5 Cada yugo debe de tener dos agujeros taladrados de un tamaño y locación de acuerdo al sistema PISS en la ANSI B57.1 (VER FIGURA 4-17) de acuerdo al gas contenido a la línea la cual éste está unido.

A3-2.2.2.5 Sistema de seguridad por pines. El sistema PISS consiste de combinaciones de dos pines proyectándose del yugo del aparato y posicionado de tal forma de entrar en los agujeros pareja taladrados en las válvulas de los cilindros. Está diseñado para evitar la posibilidad de error al colocar las válvulas de los cilindros y otras fuentes de gas comprimido a las conexiones de yugo.

### **3-2.3 Sistema de distribución eléctrica.**

3-2.3.1 Sistema de distribución eléctrica aterrizado. Se permite instalar un sistema de distribución eléctrica aterrizado en locales que tienen prohibido el uso de anestésicos inhalatorios inflamables en dicha área.

#### **3-2.3.2 Sistema de aterrizaje.**

A3-2.3.2 La protección al paciente es proveída principalmente por un sistema adecuado de aterrizaje. El secundario no aterrizado de los transformadores de aislamiento reduce el área transversal de los conductores necesarios para proteger al paciente contra el voltaje resultante de la corriente de falla al reducir la corriente máxima en caso de una falla sencilla en el sistema de aterrizaje.

### A3-2.3.2.1 Aterrizaje y circuitos para medida de corrientes de fuga.

Un aterrizado efectivo para manejar efectivamente las corrientes de fuga requiere seguir la norma NFPA 70 capítulo 3, y el NEC.

El desempeño de los sistema de aterrizado se hace efectivo por medio de la existencia de un alambre de aterrizaje verde, los poliductos metálicos y cualquier otro metal del edificio. Medidas y pruebas demuestran que es más que todo el poliducto metálico y el acero del edificio el que provee el aterrizaje más efectivo de menos de 10 mili ohmios en el receptáculo incluyendo la impedancia del conector. El alambre verde se transforma en un respaldo y no un elemento primario en la ejecución del aterrizaje.

Un buen consejo práctico es que cada receptáculo tenga una buena conexión a tierra a el poliducto metálico y todo el metal del edificio además del alambre verde de aterrizaje que conecta estos puntos al bus de aterrizaje en el panel de distribución.

Las medidas de diferencia de voltaje en las conexiones con sistemas de distribución de potencia aterrizados deben de ser hechas idealmente con un osciloscopio o analizador de espectro para observar y medir componentes de la corrientes de fuga y diferencias de voltaje en todas las frecuencias.

Para pruebas de rutina, tales instrumentos pueden ser inconvenientes, por lo que se puede usar un circuito de medida el cual mide la contribución en la escala de las varias componentes de la señal que está siendo medida de acuerdo a su efecto fisiológico probable.

Un medidor diseñado específicamente para éste propósito debería de tener una impedancia de aproximadamente 1000 ohmios, y una frecuencia característica la cual sea plana a 1Khz, , luego tenga una caída de 20 decibeles por década hasta los 100Khz y luego permanezca plana a 1Mhz o más. Esta respuesta en frecuencia característica puede ser lograda por medio del diseño adecuado de los circuitos internos del amplificador lo cual precede al instrumento indicador, o por la elección adecuada de la red de realimentación alrededor del amplificador. Estos detalles se dejan al diseñador del intrumento.

El circuito mostrado en la figura 2 es especialmente aplicable a medidas de corrientes de fuga, donde la corriente que es medida es derivada de un circuito cuya fuente de impedancia es alta comparado con los 1000 ohmios. Bajo estas condiciones,

el voltaje desarrollado a través del mili voltímetro puede ser proporcional a la impedancia de la red. La impedancia de la red será de 1000 ohmios a baja frecuencias, 10 ohmios a altas frecuencias y la transición entre estos dos valores ocurrirá en el rango de frecuencias entre 1Khz y 100Khz.

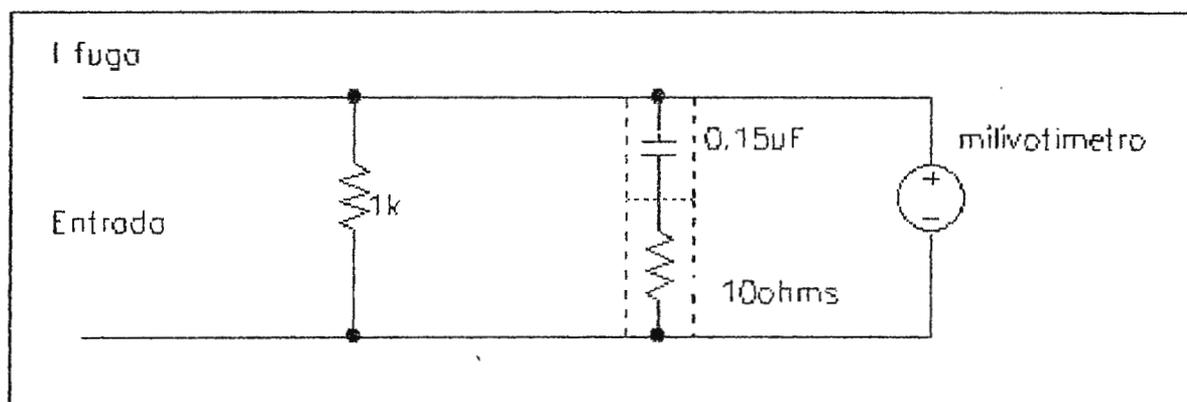


Figura 2

La sensibilidad básica de baja frecuencia será de un milivoltio del medidor por cada microamperio de corriente de fuga.

La impedancia de entrada del mili voltímetro necesita ser realmente alta comparada con los 1000 ohmios (100 Kohms), y el medidor debe de tener una respuesta en frecuencia plana muy arriba de 100Khz( si el medidor tiene una impedancia más baja de 100Kohms, entonces la resistencia de 100 ohms puede ser a un valor más alto, tal que la impedancia de el resistor en paralelo con el medidor sea siempre de 1000 ohms).

### 3-2.6 Cilindros, reguladores, equipos anestésicos.

3-2.6.1.1 Deben de usarse reguladores aprobados y otros dispositivos de control de flujo de gas para reducir la presión de cada cilindro usado con fines médicos. Dichos dispositivos deben de tener conexiones diseñadas de tal forma que ellas sólo pueden ser colocadas a cilindros de gas para los cuales ellos están diseñados.

3-2.6.1.2 Aquel equipo que permite la mezcla de diferentes gases, debido a defectos en el mecanismo o a error en la manipulación en alguna porción de el lado de

alta presión en el cual los gases fluirán, no deben de ser usados para acoplar sistemas conteniendo gases comprimidos. Es de particular importancia que la mezcla de gases oxidantes e inflamables bajo presión sea escrupulosamente evitados pues dicha mezcla puede resultar en una violenta explosión.

3-2.6.1.3 La válvula para conexiones de salida para oxígeno será la No. 540 como se describe en ANSI B57.1.

3-2.6.1.4 La válvula para conexiones de salida para óxido nitroso será la No. 540 como se describe en ANSI B57.1.

3-2.6.1.5 Conexiones tipo yugo entre máquinas de anestesia y válvulas de cilindro tipo Flush deben de ser conexiones No. 860 como se describe en la ANSI B57.1

3-2.6.2 Aparatos anestésicos.

3-2.6.2.2 Cada yugo en los equipos de anestesia construidos para permitir la conexión de pequeños cilindros con válvulas tipo flush debe de tener dos pines instalados como especifica la ANSI B57.1 (PISS)

3-2.6.2.3 Después de algún ajuste o reparación que envuelva el uso de herramientas, o alguna modificación de las conexiones a la tubería de suministro de gas o de las conexiones neumáticas de suministro de potencia para el ventilador, o de cualquier otro dispositivo neumáticamente activado si está presente, y antes de usarse en pacientes, el equipo de anestesia debe de ser probado en el camino final hacia el paciente para determinar que oxígeno y sólo oxígeno es entregado al paciente desde los flujómetros de oxígeno y la válvula de oxígeno y la válvula flush, si hay. Las intervenciones que requieren dichas pruebas incluyen, pero no pueden ser limitadas a:

- a) Alteración de manqueras y accesorios de las tuberías.
- b) Alteración de la tubería interna.
- c) Ajuste de los interruptores selectores de las válvulas flush.
- d) Reparación o reemplazo de flujómetros y bobinas.

Antes de que el aparato de anestesia es retornado al servicio, cada accesorio y conexión debe de ser chequeado para verificar su nomenclatura apropiada de acuerdo al gas que lleva. Un analizador de oxígeno paramagnético o uno polarográfico o cualquier otro que se sepa que es preciso al 0, 21 y 100% puede ser usado para las pruebas.

## Anexo 8

**COMPARACIÓN DE LAS ANESTÉSICOS MÁS UTILIZADOS ENUMERANDO  
SUS VENTAJAS Y DESVENTAJAS.**

Todos los anestésicos usados actualmente son derivados del éter, los más utilizados en el país son:

Halotano, ethrane (enflurano) , Sevorane (Sevoflurano), Forane (isoflurano).

El Halotano y el ethrane se están descontinuando de su uso pues presentan varios efectos indeseables para el paciente, como la tendencia a producir arritmias, elevar la presión sanguínea, y producir alergias entre otros.

Actualmente se utilizan más es Sevorane y el Forane pues no presentan ninguno de los efectos mencionados anteriormente.

A continuación se presenta una tabla en la que enumeran las ventajas y desventajas que presentan cada uno de los anestésicos mencionados.

Anestésico	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Halotane	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promueve la autoregulación el flujo sanguíneo en el cerebro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produce taquicardias</li> <li>• Aumenta la presión sanguínea.</li> <li>• Puede producir alergias.</li> <li>• No se puede usar en pacientes Diabéticos ,hepáticos ni renales.</li> <li>• No se puede usar con ancianos.</li> <li>• Puede iniciar hipertermia maligna.</li> </ul>
Ethrane	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inducción y recuperación rápida de la anestesia.</li> <li>• Inhibición de efectos faríngeos y laríngeos.</li> <li>• No inhibe el suspiro.</li> <li>• Compatibilidad con los miorelajantes.</li> <li>• No afecta la transformación de linfocitos.</li> <li>• Se puede usar en niños y adultos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produce taquicardias</li> <li>• Aumenta la presión sanguínea.</li> <li>• Puede producir alergias.</li> <li>• No se puede usar en pacientes Diabéticos ni hepáticos.</li> <li>• Disminución del volumen de ventilación pulmonar.</li> <li>• No se puede usar con ancianos.</li> <li>• Puede tener reacciones de sensibilidad al anestésico como insuficiencia hepática, ictericia y necrosis hepática fatal.</li> </ul>
Sevorane (Sevoflurano)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se puede usara con ptes. Hepáticos sin problemas.</li> <li>• No produce taquicardia y la presión sanguínea se mantiene estable.</li> <li>• Se puede usar en ancianos.</li> <li>• Comparado con isoflurano es menos irritante y más rápido para inducir y recuperarse de la anestesia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es metabolizado en gran escala.</li> <li>• Es más caro que el isoflurano.</li> <li>• Puede producir nefrotoxicidad dependiente del tiempo y dosis.</li> </ul>

Forane (Isoflurano)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se puede usar con pacientes Hepáticos sin problemas.</li><li>• La inducción y recuperación de la anestesia es rápida.</li><li>• Los Reflejos faríngeos y laríngeos son rápidamente amortiguados.</li><li>• La frecuencia respiratoria se mantiene prácticamente constante o disminuye ligeramente.</li><li>• No produce taquicardia y la presión sanguínea se mantiene estable.</li><li>• La relajación muscular con niveles de mantenimiento es suficiente para operaciones abdominales.</li><li>• El Isoflurano potencia los relajantes musculares.</li><li>• Es metabolizado menos que otros agentes halogenados actualmente usados.</li><li>• Se puede usar en ancianos.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tiene una naturaleza picante que limita la medida de la inducción.</li><li>• Profundo depresor respiratorio por ello la ventilación debe ser vigilada muy de cerca y ser asistida cuando sea necesario.</li><li>• Produce suspiro pero en menor frecuencia que el enflurano.</li><li>• Mayor pérdida de sangre en el aborto, comparado con el Halotano.</li></ul>
------------------------	--	---

## Bibliografía

Bowie and Huffman . La Máquina De Anestesia, Fundamentos Para Su Entendimiento.

Primera Edición.

ANSI/IEEE , IEEE Recomend Practice For Electric Systems In Health Care Facilities.

Segunda Edición Junio de 1985

Health Care Facilities Handbook,

Primera Edición. NFPA. Burton F Klein, Editor.

Clayton Petty, MD. The Anestesia Machine.

Segunda Edición Churchill Livingstone , 1987

Manuales De Ohmeda Para Calibración De Vaporizadores

Manuales De Ohmeda Para El Centro De Calibración.

Manuales De Operación Para Vaporizadores Cyprane TEC 3

Manuales De Operación Para Vaporizadores Dräger Vapor 19.n

Manuales De Operación Para Vaporizadores Cyprane TEC 5

Hojas técnicas de vaporizadores Acoma.

Sitio Web de la Organización Panamericana de la Salud .[WWW.PAHO.org](http://WWW.PAHO.org).

Sitio Web de la Organización mundial de la salud. [WWW.WHO.org](http://WWW.WHO.org).

Sitio Web de Ohmeda. [www.Datex-Ohmeda.com](http://www.Datex-Ohmeda.com).

Sitio Web de Anestesia en línea . [WWW.Anestesia.com.mx](http://WWW.Anestesia.com.mx).