



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN

*“El Ingeniero Químico como coordinador de
mantenimiento en unidades hospitalarias
mexicanas”*

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO QUÍMICO

PRESENTA:

ISRAEL RIVERA TÉLLEZ GIRÓN

ASESOR: I.Q. ARIEL BAUTISTA SALGADO



CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO, 2008



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

A MIS QUERIDOS PADRES Y A MI FAMILIA, QUE ME DIERON TODO PARA SER LO QUE HOY SOY. LOS QUIERO Y ESPERO NO DEFRAUDARLOS.

A LA UNAM Y LA SOCIEDAD MEXICANA, QUE ME HONRARON CON LA OPORTUNIDAD DE SER EL PROFESIONISTA QUE AHORA SOY.

AL INGENIERO RAFAEL JUAREZ Y DON REMIGIO, SIN USTEDES ESTE TRABAJO NO SE HUBIERA HECHO. MUCHAS GRACIAS POR TODO.

AL PROFESOR ARIEL BAUTISTA POR TENER EL HONOR DE DEJARME SER UNO DE SUS TESISISTAS. GRACIAS PROFESOR.

A OSCAR (EL MONDRIGO), MI ETERNO AMIGO, Y TODA SU FAMILIA, POR DARME SU AMISTAD TODOS ESTOS AÑOS Y OJALA SIGA SIENDO ASI POR MUCHOS MAS.

A LORENA, POR SU AMOR Y FE EN MI. TE DEDICO ESTAS HUMILDES LINEAS DONDE QUIERA QUE ESTES. TE QUIERO MUCHO.

A ARACELI RIOS AROYO (SI, LO PUSE CON "Y" DE YOYO ARA) POR TODOS LOS BUENOS MOMENTOS Y RISAS QUE PASE CONTIGO EN LA UNIVERSIDAD Y QUE OJALA EL DESTINO NOS PERMITA SEGUIR EL MISMO CAMINO EN LA VIDA UN TIEMPO MAS.

A TI KARI (KARINA ITZEL), MI MEJOR AMIGA, POR TU AMISTAD Y TU BUEN CORAZON. QUE LA VIDA TE BENDIGA CON SOLO LO MEJOR Y SIEMPRE RECHAZA LO PEOR..

A KARINA LOPEZ, LILIANA, CAROLINA Y LIZETH YANETT, MIS AMIGAS DE SIEMPRE POR DARME SU AMISTAD Y CARIÑO TODO ESTE TIEMPO. DIOS LAS BENDIGA.

A MIS AMIGOS: REZA, RARO, ADOLFO, TOÑO, DIANA (CASAS), JENY, ROY, BETO MAQUEDA, ANITA LA CHEPINITA, ABI, EURI, PEPE, RENE, JAZMIN, JULI, IVAN, NIDIA, ANTONIO (CHANCLOTAS), CHENTE, NANCY, NAYELI, MARISOL, MARIBEL. GRACIAS POR COMPARTIR TODOS ESTOS AÑOS DE SU VIDA CONMIGO. QUE TENGAN SUERTE INGENIEROS, QUE DIOS LOS BENDIGA Y OJALA TENGA LA SUERTE DE VOLVERLOS A VER.

INDICE

INTRODUCCION

OBJETIVOS

CAPITULO 1. GENERALIDADES.....	1
1.1 CONCEPTOS BÁSICOS.....	1
1.2 DESCRIPCIÓN DE PROCESOS DE ACONDICIONAMIENTO	
1.2.1 Acondicionamiento de gases medicinales.....	7
1.2.2 Procesos de acondicionamiento dentro de Casa de Máquinas.....	9
1.2.2.1 Acondicionamiento para agua.....	9
1.2.2.2 Acondicionamiento para aire atmosférico.....	10
CAPITULO 2. GASES MEDICINALES.....	11
2.1 TIPOS DE GASES	
2.1.1 Gases medicinales	12
2.1.2 Gases para uso hospitalario.....	13
2.2 NECESIDADES DEL HOSPITAL.....	16
2.3 DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS	
2.3.1 Cilindros.....	18
2.3.2 Termos portátiles.....	31
2.3.3 Termos estacionarios.....	37
2.3.4 Manifold.....	38
2.4 CENTRAL DE GASES.....	40
2.4.1 Distancias de seguridad.....	40
2.4.2 Arreglo del equipo.....	42
2.5 DIAGRAMAS.....	45

CAPITULO 3. NECESIDADES DE ELECTRICIDAD VAPOR, AGUA Y CLIMA ARTIFICIAL

3.1 NECESIDADES DEL HOSPITAL	
3.1.1 Servicios de agua.....	51
3.1.2 Servicios de vapor.....	53
3.1.3 Servicios de climatización.....	53
3.2 PROCESOS DE ACONDICIONAMIENTOS.....	54
3.2.1 Acondicionamiento de agua para consumo humano.....	55
3.2.2 Acondicionamiento de agua para calderas.....	52
3.2.3 Acondicionamiento de aire para sistemas de climatización.....	71
3.3 DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS.....	73
3.3.1 Sistema de agua caliente sanitaria y calderas.....	73
3.3.2 Sistema de tratamiento por intercambio iónico para agua de alimentación de calderas	80
3.3.3 Sistemas de aire acondicionado	
3.3.3.1 Sistemas unitarios.....	82
3.3.3.2 Arreglos para sistemas unitarios de climatización.....	84

CAPITULO 4. DISCUSION DE RESULTADOS

4.1 AVANCES EN LOS ÚLTIMOS 10 AÑOS EN MATERIA DE MANTENIMIENTO HOSPITALARIO.....	87
4.1.1 El Hospital como Empresa.....	88
4.2 DESARROLLO DE PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO.....	90
4.2.1 Objetivos del mantenimiento hospitalario.....	90
4.2.2 Sistema de gestión de mantenimiento.....	91
4.2.3 Acciones correctivas, preventivas y predictivas.....	93
4.2.4 Estrategias para la implementación del sistema de gestión de mantenimiento.....	95

COMENTARIOS FINALES.....	97
---------------------------------	-----------

BIBLIOGRAFIA.....	99
ANEXO A. CRITERIOS DE SELECCIÓN Y DISEÑO DE EQUIPOS PARA GASES MEDICINALES.....	101
ANEXO B. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE EQUIPOS PARA SISTEMAS A.C.S Y AIRE ACONDICIONADO.....	110
ANEXO C. CONCEPTOS DE LA NORMA ISO 9001 Y GESTION DE CALIDAD.....	

OBJETIVOS

- a.** Mostrar la importancia del Ingeniero Químico en operaciones involucradas en el acondicionamiento y aplicación de gases medicinales, así como distribución de agua y vapor conjuntamente con la generación de clima artificial y humedad ambiental en una unidad hospitalaria.
- b.** Describir los procedimientos de operación en el que participa el Ingeniero Químico en las áreas de gases medicinales, calderas y clima artificial dentro de un Hospital
- c.** Describir el desarrollo de programas de mantenimiento adecuadas en las áreas mencionadas.

ALCANCES

Este trabajo estará desarrollado para mostrar los lineamientos generales para elaborar programas de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo, basado en la naturaleza del equipo instalado, operaciones realizadas y sustancias manejadas, donde el Ingeniero Químico, en base a sus competencias, le es posible llevar a cabo, en lo referente al sistema de mantenimiento en Hospitales.

INTRODUCCION

En la presente sección se justifica el porqué se decidió escoger este tema de tesis, aportar algunos antecedentes y las metas que se quieren alcanzar.

La Ingeniería Química es la profesión en la cual los conocimientos de [matemáticas](#), [química](#) y otras disciplinas científicas, tales como la termodinámica, la fisicoquímica y el análisis químico cualitativo y cuantitativo, entre otras, son aplicados con criterio para desarrollar vías económicas para el uso de materiales y energía en beneficio de la sociedad.

El ingeniero químico, en función de su especialidad y vocación, se familiariza con los procesos químicos, ingeniería de reactores, métodos de separación, análisis químico y petroquímica, a las cuales se puede dedicar de manera profesional. Sin embargo, no es muy común hablar de su participación en el sector salud, mucho menos de la importancia que representa su participación en dicho sector.

La experiencia personal en el servicio social en el departamento de mantenimiento del Hospital Regional 1º de Octubre del I.S.S.S.T.E, en México, D.F., fue lo que inspiró la realización de este trabajo, al desarrollarse tareas competentes para un profesionista de la ingeniería química.

Según la bibliografía, “el mantenimiento busca prolongar la vida útil de los equipos, instrumentos y accesorios en condiciones económicas favorables, es decir, contrarrestar el desgaste y destrucción de bienes puestos a nuestro servicio, así como la restitución de su funcionamiento”¹.

Se considera entonces que el mantenimiento incluye todas las acciones que se ejecutan para mantener los elementos de una unidad hospitalaria en condiciones de servicio seguro o para restaurarlo.

¹ Laverde. Gestión de Hospitales

A la dependencia del hospital encargada del mantenimiento, se le llama departamento de ingeniería o sección de mantenimiento y puede tener diferentes ubicaciones dependiendo la organización del hospital.

El orden que sigue este trabajo es el siguiente. Primero se darán definiciones y generalidades, después el cómo se desarrollan los programas de mantenimiento; la descripción de cada departamento desde el punto de vista de la ingeniería; sus responsabilidades en relación con los costos y cotizaciones para dar comentarios finales.

CAPITULO 1. GENERALIDADES

El presente capítulo tiene como meta ofrecer un panorama general del funcionamiento del departamento de mantenimiento del Hospital, dando definiciones relevantes con respecto a mantenimiento, en lo referente al sector salud, y describir de manera breve los procesos de acondicionamiento a gases, agua y aire que se llevan a cabo en el área de mantenimiento, desde el punto de vista ingenieril.

1.1 CONCEPTOS BÁSICOS

Sistema y área de Mantenimiento Hospitalario. Según la Norma Oficial Mexicana NOM-197-SSA1-2000, la cual establece los requisitos mínimos de infraestructura y equipamiento de hospitales y consultorios de atención médica especializada, México como Estado soberano debe garantizar, mediante el Sistema Nacional de Sector Salud la prestación de servicios para promoción, prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación de la salud, regulando los servicios médicos para que respondan a las demandas y necesidades de la población. Para ello cuenta con instituciones como el Instituto de Seguridad y Servicio Social para los Trabajadores del Estado (I.S.S.S.T.E), el Instituto Mexicano del Seguro Social (I.M.S.S), entre otras. Dichas instituciones cuentan con múltiples inmuebles por toda la Republica Mexicana para resguardar la salud social. Estos son los hospitales.

Un Hospital en su conjunto, como un sistema, está compuesto por varios subsistemas que interactúan entre sí en forma dinámica. Cualquier unidad hospitalaria en México o en el extranjero puede organizarse de la siguiente manera:

- **Sistema Asistencial**
- **Sistema Administrativo Contable**
- **Sistema Gerencial**
- **Sistema de Información (Informático)**
- **Sistema Mantenimiento**
- **Sistema de Docencia e Investigación**

El sistema de mantenimiento es responsable de proporcionar la conservación adecuada de edificios y estructuras, así como servicios auxiliares para su adecuado funcionamiento: agua, electricidad, gas, etc. necesarios para el funcionamiento correcto del Hospital en su conjunto, de tal manera que pacientes, empleados, cuerpo médico y público en general disfruten de un medio seguro y confortable, con las comodidades necesarias para la curación de pacientes.

El área (entiéndase como la superficie comprendida dentro de un perímetro bien definido donde se tiene mobiliario y equipo para realizar acciones específicas) de mantenimiento se ubica de preferencia en un lugar de fácil comunicación a todas las unidades que integran el establecimiento, a través de circulaciones verticales y horizontales. Debe disponer de un espacio para desarrollar asuntos de tipo administrativo, como los registros del equipamiento (inventario de equipo médico), manuales de operación de todos los equipos que indique el inventario, de los programas de mantenimiento preventivo y correctivo (contratos de subrogación y seguimiento de su ejecución) y bitácora de registro de fallas y reparaciones de los equipos.

El departamento de mantenimiento debe constar de dos secciones: la que proporciona los servicios auxiliares necesarios como calor, electricidad, aire, vacío, etc. para la operación del Hospital, y la destinada a la reparación de desperfectos del edificio, equipo, instrumental, etc.

Tipos de mantenimiento. La norma mexicana NOM-197-SSA1-2000, en el punto 5.12, dicta que:

“Se debe brindar mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo a todo el equipo médico, de acuerdo a los estándares recomendados por el fabricante y las necesidades de la unidad operativa”

Mantenimiento predictivo. Consiste en pronosticar el reemplazo de piezas antes de que se termine su vida útil probable, bajo determinadas condiciones técnicas de trabajo y funcionalidad establecidas por los fabricantes, y bajo predicciones obtenidas

estadísticamente a través de la utilización de instrumentos de medición y diagnóstico, y mediante pruebas no destructivas. Las técnicas predictivas no se recomiendan para equipos y aparatos que debieron tener una reparación general desde hace mucho tiempo, habiendo terminado su vida útil probable o que haya rebasado el tiempo de uso recomendado por el fabricante.

Mantenimiento Preventivo. Se refiere a las actividades para la correcta operación y servicios de un bien. Incluyen el aseo, el buen manejo de los equipos, inspecciones sistemáticas, control de los indicadores, detección y corrección de las fallas iniciales antes de que ocurran daños a estos durante la operación.

Incluye el Mantenimiento Programado, es decir, aquel que involucra el cambio de piezas o conjuntos de piezas al cumplirse determinadas horas o carga de trabajo o haber transcurrido determinado tiempo.

El mantenimiento preventivo es útil porque se aumenta la confiabilidad en equipos y se prolonga su vida útil a la vez que disminuye el tiempo perdido por fallas y los costos por reparación.

Mantenimiento Correctivo. Comprende los siguientes puntos:

- **Reparación.** Significa restaurar las condiciones de servicio de un equipo mediante el arreglo o cambio de algunos conjuntos o mecanismos sin que para ello sea necesario el desarme de la unidad completa.
- **Reparación en el sitio de trabajo.** Es la que se hace mediante el empleo de talleres móviles o unidades de mantenimiento propias, en el sitio de la falla de equipo.
- **Reconstrucción.** Es el desarme, reparación y reposición de partes de equipos o conjuntos de equipos para dejarlos en condiciones de trabajo equivalentes a equipos o conjuntos de equipos nuevos.

- **Recuperación.** Es el cambio que se hace al diseño original para obtener mayor rendimiento o seguridad

División del área de mantenimiento. Según Laverde¹, la organización hospitalaria recomendada para el área de mantenimiento, en un complejo de gran capacidad, se representa en la figura 1.1.

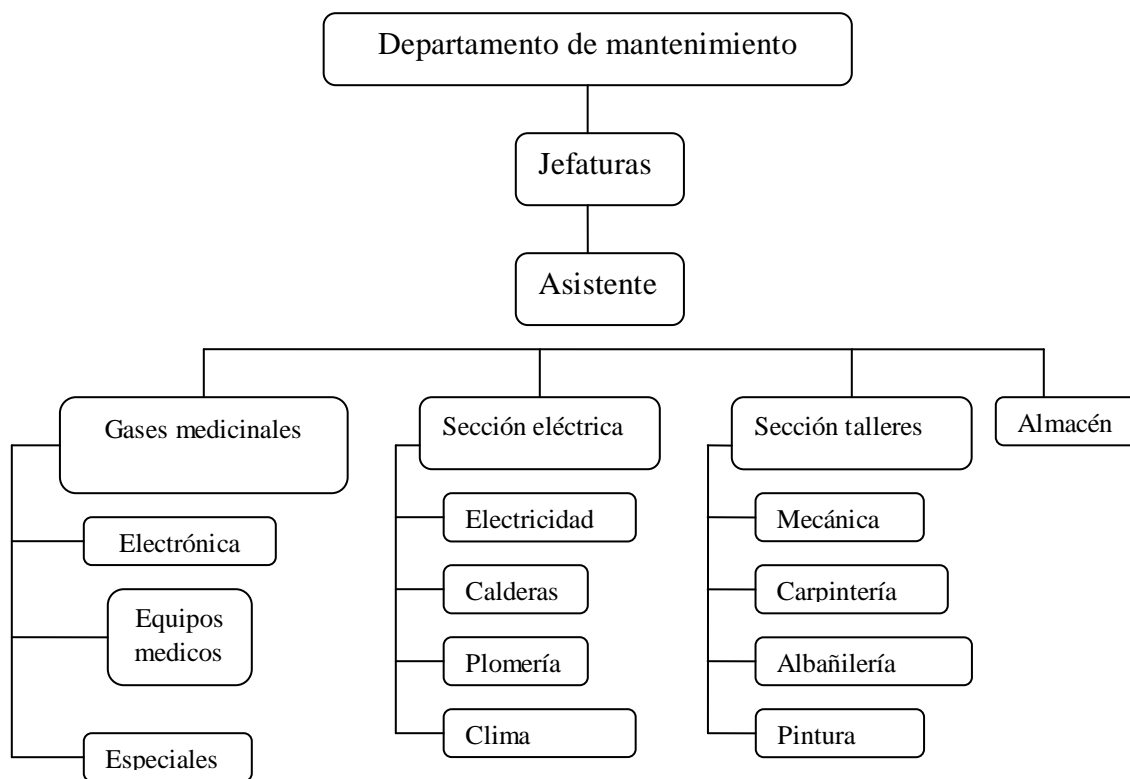


Figura 1.1. Organización típica del departamento de mantenimiento de un Hospital

De forma general, la jefatura supervisa y coordina a las demás secciones. Para efectos prácticos de este trabajo, el área de mantenimiento se divide en 2 partes principales: *gases medicinales* y *casa de máquinas*, esta última alberga a las calderas y sistemas de climatización (*servicios centrales generales*).

Área de gases medicinales. Los gases medicinales son aquellos que se suministran al paciente en forma gaseosa para su curación o como agentes anestésicos, como son el oxígeno medicinal (O_2), el óxido nitroso (NO_2) y aire respirable, independiente del estado

¹ LAVERDE. **Gestión de hospitales.** Vicens Vives, España, 1994

de agregación en que se encuentren almacenados en los contenedores (algunos pueden estar como gases licuados, por ejemplo el oxígeno).

También se usan gases como dióxido de carbono, nitrógeno, helio, oxígeno industrial, acetileno y óxido de etileno para propósitos de mantenimiento y apoyo. A éstos últimos se les conoce como gases para uso en hospitales y son todos aquellos que se utilizan en los establecimientos de atención médica, como complemento o facilitadores de algunas acciones médicas.

Los gases en general son administrados desde una Central de Gases, que se define como el local donde se ubican, de manera exclusiva, los contenedores de oxígeno, óxido nitroso y demás gases de apoyo, junto con los equipos de distribución que son: bancadas, cabezales y dispositivos de control y seguridad automática o manual. Al conjunto de estos equipos se le conoce como “*manifold*”.

Los gases son transportados al Hospital mediante un sistema de distribución, que es una red de tuberías que enlaza la fuente de suministro (contenedores de gas), ubicada en la Central de Gases, con dispositivos instalados en quirófanos o tomas murales en cuartos para pacientes.

Área de calderas. En un Hospital pueden distinguirse diferentes sectores a cargo del servicio de ingeniería y de mantenimiento; la mayor parte de las instalaciones que suministran los elementos necesarios para la operación del propio inmueble están centralizadas en lo que se llama una *casa de máquinas o cuarto de calderas*, que cuenta con calderas que proporcionan el vapor necesario para la calefacción, los esterilizadores, la lavandería y las cocinas; el agua caliente y fría, la subestación eléctrica, la planta eléctrica para urgencias y sistema contra incendios.

El grupo de calderas es muy importante y su trabajo es crítico pues si una caldera no se controla correctamente puede quedar fuera de uso o explotar, con todos los perjuicios que ello implica, inclusive el cierre del Hospital.

La principal misión de la casa de máquinas, es asegurar el suministro de los insumos energéticos y de consumo necesarios, como son: energía eléctrica, la calidad del agua potable para uso y consumo humanos, la generación de vapor y agua caliente. Además controla la temperatura del agua, cuyo suministro es permanente.

El Sistema de Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado o “*Heating, Ventilation, and Air Conditioning*” (H.V.A.C. por sus siglas en Ingles) se refiere al control de la temperatura, el nivel de humedad y de calidad del aire², así como a los volúmenes de circulación requeridos por los ocupantes.

El aire acondicionado se entiende como: la calefacción o refrigeración, ventilación, introducción o extracción de humedad, filtración y circulación de aire; el aire acondicionado es una necesidad de ciertas zonas, como son las de operación, sala de cunas, rayos X, etc., pero en climas cálidos tiene un uso más general. En todos los casos es necesario un procedimiento de filtración para eliminar bacterias en suspensión que contiene el aire.

El control de la temperatura en todo el Hospital es otra de las funciones del Departamento de Mantenimiento, que va unido al de purificación y humedificación del aire que circula por las diferentes instalaciones y que debe tener una gran coordinación e interacción de los grupos de electricidad, calderas y plomería. Tiene una gran importancia desde el punto de vista sanitario, de prevención de enfermedades y de medio ambiente, teniendo en cuenta que el hombre se beneficia con un saludable ecosistema.

² Por calidad del aire se refiera a que éste se encuentre libre de partículas nocivas.

1.2 DESCRIPCIÓN DE PROCESOS DE ACONDICIONAMIENTO

1.2.1 Acondicionamiento de gases medicinales

Ya se dijo que los gases se dividen principalmente en medicinales y de uso hospitalario. Entre los primeros están el oxígeno y el óxido nitroso; el dióxido de carbono, nitrógeno y helio, entre otros, quedan como la segunda categoría.

Los gases son suministrados por un proveedor, que debe asegurar que el producto tenga una pureza mínima del 99.5 % para gases medicinales y 99 % para aquellos de uso hospitalario³. Cabe decir que las pruebas de pureza no se realizan en el Hospital, sino en un laboratorio autorizado por la Entidad Mexicana de Acreditamiento A.C. (EMA), y de hecho son responsabilidad del proveedor, que debe presentar una acreditación ISO 9001-2000. Aunque algunos hospitales modernos pueden llegar a tener pequeñas plantas de fraccionamiento de aire para obtener oxígeno, nitrógeno y argón, sin embargo en este trabajo no se abarcará este tema.

Así pues, las tareas de acondicionamiento para gases correspondientes al Hospital se resumen a las siguientes:

- Abastecimiento
- Almacenamiento
- Distribución

Abastecimiento. El abastecimiento de gases al establecimiento de atención médica es definido por el perfil de consumo diario, semanal y/o mensual. Con base en estos parámetros, se define el volumen necesario para su uso hospitalario

³ Secretaria de salud. Características técnicas mínimas requeridas para el suministro de oxígeno medicinal líquido y gaseoso y gases medicinales para el hospital regional de alta especialidad del bajo

La forma de suministro de gases depende de dos factores: el volumen consumido mensualmente por el Hospital y el estado de agregación en que se encuentre en el contenedor. Esto también afecta el tipo de contenedores que llegue a utilizar el edificio.

Existen 3 tipos principales de contenedores: los cilindros, los termos portátiles (también conocidos como “VGL S” o “dewars”) y los termos estacionarios o en sitio.

Los gases medicinales, debido a sus altos volúmenes de consumo, casi constantes, utilizan termos en sitio. Un sistema de almacenaje de líquido en sitio consiste normalmente en un tanque, un vaporizador y controles. Los sistemas se eligen de acuerdo con la presión de trabajo.

Para volúmenes menores a los ofrecidos por los termos en sitio, se usan termos portátiles, que son recipientes al alto vacío de doble pared y múltiples capas de aislante, diseñados para el transporte y almacenaje de gases licuados en condiciones criogénicas.

Finalmente, para volúmenes de consumo menores a los ofrecidos por los dos contenedores anteriores, todos los gases pueden ser abastecidos en cilindros de gases comprimidos a alta presión, que va de 50 kg/cm² a 200 kg/cm².

Como medida de seguridad principal, los “dewars” y cilindros antes de recibirlos se revisan etiquetas, estado físico de cuerpo y válvulas.

Almacenamiento. En el caso de los cilindros y termos portátiles, es responsabilidad del Hospital, una vez recibido el producto, transportarlos mediante montacargas y rampas, y colocarlos en la central de gases en un lugar limpio, libre de grasas, combustibles y otros agentes químicos, donde sean almacenados en posición vertical y asegurados, sujetándolos a la pared con soportes y cadenas, para su posterior distribución.

Distribución. La distribución al inmueble se hace mediante un manifold, que es un sistema ubicado en la central de gases, que permite, a partir de uno o varios cilindros o “dewars”, el suministro de un gas a presión constante.

1.2.2 Procesos de acondicionamiento dentro de la Casa de Máquinas

La Casa de Máquinas se dedica a abastecer al Hospital de agua caliente y fría, vapor, electricidad y aire acondicionado

Desde un punto de vista particular, la casa de máquinas puede tratarse como un proceso, cuyos productos útiles son: agua para uso humano, vapor saturado para la cocina y esterilización, y aire con determinado grado de comfort, a partir de materias primas que son: agua y aire atmosférico. Por lo tanto, los procesos de acondicionamiento se centran en estas dos sustancias.

1.2.2.1 Acondicionamiento para agua

El Hospital recibe una provisión ininterrumpida de agua del servicio público que es almacenada en cisternas. A pesar de que esta agua ya ha recibido un tratamiento previo no es apta para su uso, tanto humano como en máquinas.

Se tiene que someter a tratamientos químicos previos a su uso, los cuales se pueden dividir de la manera siguiente:

- **Tratamientos para consumo humano:**
 - Cloración
- **Tratamientos para consumo en equipos:**
 - Eliminación de dureza mediante suavizadores de intercambio iónico.
 - Eliminación de hierro mediante agentes coagulantes
 - Tratamiento contra oxidación.

Estos tratamientos son monitoreados mediante pruebas de calidad que se pueden hacer en el sitio o en laboratorios. De cualquier manera se tiene que cuidar los parámetros de pH, sólidos totales, cloro residual, alcalinidad, determinación de sílice y dureza total

1.2.2.2 Acondicionamiento para aire atmosférico

Por climatización se entiende la calefacción o refrigeración, más ventilación, aumento o disminución de humedad, filtración y circulación de aire.

La climatización consiste en tratar el aire de un local para conseguir unas condiciones de temperatura y humedad adecuadas independientemente de las condiciones climatológicas exteriores. Por razones técnicas y económicas, el sistema de climatización suele ser con recirculación de aire, es decir, el sistema toma aire del local a través de un circuito llamado de retorno, lo acondiciona y lo reintroduce en el local. Aunque es posible diseñar y construir los circuitos de ventilación y climatización de un local de forma que sean independientes, en la mayoría de los casos se aprovecha el mismo circuito, previendo una entrada de aire exterior que se mezcla con el aire de retorno antes de entrar en la unidad de acondicionamiento. En estos casos, hay que tomar medidas adecuadas para garantizar las cantidades de renovación de aire del local adecuadas en función de la ocupación o uso del mismo.

Los espacios que tengan aire acondicionado o calefacción que no tengan instrucciones precisas de temperatura, se mantienen según las siguientes especificaciones:

- Entre 20 °C y 23 °C , con 30 % a 60 % de humedad relativa, en invierno.
- Entre 22 °C y 24 °C, 40 % a 65 % de humedad relativa, en verano.
- La temperatura del agua caliente se mantiene en las habitaciones, departamentos y servicios entre 47 °C y 51 °C. En la cocina y lavandería se mantiene a 60 °C aproximadamente.

CAPITULO 2. GASES MEDICINALES

Los gases en Medicina son herramientas imprescindibles por sí mismos para facilitar la función respiratoria o como elementos de apoyo para establecer diagnósticos, anestesiarse, esterilizar material quirúrgico, para el funcionamiento de las resonancias magnéticas y para el calibrado de los equipos de medida en laboratorios clínicos, entre muchas otras cosas.

El almacenamiento y distribución de gases dentro del Hospital, así como el mantenimiento a equipos y accesorios que realizan estas actividades, necesita de personal capacitado y responsable que entienda los principios de funcionamiento de dichos equipos, así como la naturaleza de las sustancias utilizadas. El ingeniero químico, como jefe de mantenimiento, debe conocer el funcionamiento de los equipos, así como los principios fisicoquímicos por los cuales trabajan, para ofrecer un adecuado servicio de mantenimiento.

Aquí hay un punto que vale la pena mencionar. El Ingeniero Químico puede llegar incluso a desarrollar criterios de diseño para equipos hospitalarios. Más aun, puede llegar a modificarlos e innovarlos (siempre y cuando llegue a un acuerdo con el proveedor de dichos equipos) según las necesidades del Hospital. Sin embargo, esto está fuera del contexto de mantenimiento y solamente lo puede lograr con años de experiencia en el ramo. *Así, solo para mayor información al lector, en este trabajo solo se hará una breve referencia a los criterios de diseño y selección de equipos para gases medicinales en el Apéndice A.*

2.1 TIPOS DE GASES

Los gases en hospitales se dividen en dos clasificaciones importantes: medicinales y para uso hospitalario.

2.1.1 Gases Medicinales

Son aquellos que se suministran al paciente en forma gaseosa, independientemente del estado de agregación en que se encuentren almacenados en los contenedores. Estos solo son dos: oxígeno y óxido nitroso

Oxígeno medicinal (O_2). Es un gas incoloro, inodoro e insípido, no inflamables pero que activa fuertemente la combustión. Es un gas comburente por excelencia. En condiciones normales ($0\text{ }^\circ\text{C}$ y presión de 1.03323 Kg/cm^2), es un gas más denso que el aire. A temperaturas menores a $-183\text{ }^\circ\text{C}$ y a 1.064 kg/cm^2 es un líquido azul claro más denso que el agua.

Cuando es enfriado a $-183\text{ }^\circ\text{C}$, el oxígeno cambia del estado gaseoso al líquido y puede ser almacenado en tanques estacionarios bien aislados térmicamente, instalados en hospitales o clínicas.

Sus principales aplicaciones en la medicina son: en terapia respiratoria, cirugías, unidades de cuidados intensivos, reanimación, como elemento de mezclas anestésicas, cámaras hiperbáricas y otros tratamientos.

Óxido nitroso medicinal (NO_2). Es un gas licuado incoloro con olor y sabor ligeramente dulce. Punto de ebullición a 1.03323 kg/cm^2 es de $-88.5\text{ }^\circ\text{C}$. Punto de congelamiento a 1.03323 kg/cm^2 es de $-90.9\text{ }^\circ\text{C}$.

El óxido nitroso no es inflamable, pero ayuda y acelera la combustión de materiales inflamables. Algunos materiales que no son inflamables en aire se quemarán en su presencia. Se descompone en nitrógeno y oxígeno bajo calor extremo. Bajo estas

condiciones es explosivo. Es 1.5 veces más denso que el aire y puede fácilmente acumularse en lugares bajos.

Es usado como agente auxiliar en la anestesia. Es demasiado débil para usarse solo, pero permite reducir la dosis de otros agentes anestésicos. También tiene un efecto analgésico fuerte.

En anestesia de adultos y niños, el NO_2 se usa mezclado con oxígeno al 25-30% en volumen. En analgesia, se usa al 50 % en volumen mezclado con oxígeno. Nunca debe suministrarse mezclado al 20% en volumen con O_2 .

2.1.2 Gases para uso hospitalario

Son todos aquellos que se utilizan en los establecimientos de atención médica, como apoyo o facilitadores de algunas acciones médicas.

Aire para usos médicos. El aire es un gas incoloro, inodoro, no tóxico y no inflamable, que es necesario para la vida y contribuye a todos los tipos comunes de combustión. Está compuesto por un 78% de nitrógeno y un 21% de oxígeno, mientras que un 1% del aire es argón. Otros gases nobles presentes en el aire son: kriptón, neón y xenón. Juntos constituyen menos del 0.1%.

El aire comprimido es fundamental en las unidades de cuidados intensivos como fluido neumático para activar equipos médicos y es utilizado, mezclado con oxígeno, para terapias respiratorias. El aire comprimido es distribuido por medio de bombas de vacío para sostener un sistema de succión.

Tiene aplicaciones en:

- Terapia respiratoria (nebulizaciones)
- Ayuda respiratoria de prematuros y recién nacidos (mezclas con oxígeno).
- En propulsión de equipos medicinales neumáticos.

- Como gas "acarreador" de agentes anestésicos inhalatorios.
- Es también utilizado como medio de succión o bien en la formación de atmósferas puras, exentas de esporas y microorganismos.

Dióxido de carbono (CO₂). El dióxido de carbono es un gas ligeramente tóxico, inodoro e incoloro y con un sabor ácido. Punto de ebullición a 1 atm: -78.5 °C. Presión de vapor a 20°C: 57 kgf/cm². Solubilidad en agua a 20 °C, 1 atm: 87.8 %.

El dióxido de carbono no favorece la vida e inmediatamente puede producir atmósferas peligrosas. El dióxido de carbono es un componente menor pero importante en la atmósfera, se encuentra en una concentración aproximada de 0.03% en volumen. A una concentración mayor a 1.5% en volumen el dióxido de carbono puede producir hiperventilación, dolor de cabeza, disturbios visuales, temblor, pérdida de la conciencia y muerte. Los síntomas de exposición a concentraciones de 1.5 a 5% en volumen pueden ser altamente variables, pero los síntomas típicos de intoxicación con dióxido de carbono incluyen los siguientes:

- 1% en volumen. Incrementa el ritmo de la respiración
- 3-6% en volumen. Dolor de cabeza, sudor, disnea.
- 6-10% en volumen. Dolor de cabeza, sudor, disnea, temblor, disturbios visuales, inconsciencia
- 10% en volumen o más. Produce inconsciencia

Es utilizado principalmente para insuflación en cirugías poco invasivas, como la endoscopía, laparoscopía y artroscopía, para ampliar y estabilizar cavidades del cuerpo, posibilitando una mejor visualización del campo quirúrgico.

Nitrógeno (N₂). El nitrógeno en estado líquido o gaseoso es incoloro. Punto de ebullición a 1 atm: -195.8 °C. Densidad del líquido al punto de ebullición a 1 atm: 808.81 kg/cm³. Densidad del gas a 21.1 °C, 1 atm 1.1236 kg/cm³.

El nitrógeno no es tóxico, pero puede actuar como un agente asfixiante al desplazar del aire la cantidad de oxígeno necesaria para mantener la vida.

El nitrógeno gaseoso de calidad medicinal se caracteriza principalmente por ser inerte químicamente, generando una atmósfera libre de O₂, evitando así la reacción de éste con sustancias oxidables como por ejemplo: aceites fijos, ciertas vitaminas que forman parte de numerosos medicamentos. También actúa como diluyente de gases medicinales (por ejemplo anestesia).

Helio (He). El helio es un gas noble e inerte que posee baja electronegatividad y alto potencial de ionización con solubilidad y densidad bajas. Se obtiene a partir del aire licuado. Incoloro, inodoro, insípido. Punto de ebullición a 1 atm: -268.9 °C. Densidad del gas a 0°C, 1 atm: 0.0178 kg/cm³. Punto de congelamiento a 25 kgf/cm³: -272 °C

Forma parte de mezclas respirables con O₂, por lo que se usa en pruebas de función pulmonar, tratamiento de obstrucción respiratoria, en intervenciones de vías respiratorias con láser, para buceo a grandes profundidades y como medio de contraste para resonancia magnética pulmonar. También se usa como gas acarreador en cromatografía gaseosa.

2.2 NECESIDADES DEL HOSPITAL

El método por el cual se abastecerá el gas depende de sus características, del estado de agregación en el que esté y los volúmenes necesarios para su aplicación.

Tomando como referencia las necesidades del Hospital Regional de Alta Especialidad del Bajío¹, Sinaloa, se tiene la tabla 2.2.1 con los siguientes datos de consumo por mes:

Gas	Consumo mínimo mensual gaseoso para cilindros	Consumo máximo mensual gaseoso para cilindros	Consumo mínimo mensual líquido para "dewars"	Consumo máximo mensual líquido para "dewars"
m ³ de oxígeno líquido	-	-	12,000	30,000
Cantidad de cilindros de 20 kg de CO ₂	4	10	-	-
Cantidad de cilindros de 27.5 kgs de NO ₂	4	10	-	-
Cantidad de cilindros de 9.5 m ³ de N ₂	4	10	-	-
Cantidad de cilindros portátiles de 1.5 m ³ de O ₂	6	14	-	-

Tabla 2.2.1 Consumo de gases medicinales por mes.

Se deduce que el suministro de gases al Hospital esta en función del volumen de gas requerido por éste. Se usan tres tipos de contenedores:

- **Cilindros.** Se usan para abastecer cuando las necesidades del Hospital menores a 12 000 litros por mes. Generalmente son usados para gases de uso hospitalario, como N₂, He, aire comprimido, etc. También el oxígeno medicinal y el óxido nitroso pueden ser abastecidos de esta forma.
- **Termos portátiles.** Se usan para consumo de entre 12 000y 30 000 litros de gas por mes. Son utilizados para abastecimiento de oxígeno y óxido nitroso en su mayoría.

¹ Secretaria de Salud. Características técnicas mínimas requeridas para el suministro de oxígeno medicinal líquido y gaseoso y gases medicinales para el hospital regional de alta especialidad del bajío.

- **Termos estacionarios.** Son utilizados cuando el consumo de gas es casi ininterrumpido. Se usa exclusivamente para oxígeno y, en algunos recintos, oxido nitroso.

Para uso de volúmenes pequeños, todos los gases pueden ser abastecidos en cilindros de gases comprimidos, licuados o disueltos. Para altos volúmenes de gases estos son entregados ya sea en pipas para líquidos criogénicos (nitrógeno, oxígeno, argón, e hidrógeno) o tuberías (oxígeno, nitrógeno, argón, helio), para suministro centralizado en sitio.

Finalmente, para algunos inmuebles con muy altos requerimientos de volumen de gases, éstos son generados directamente en sitio. Los gases atmosféricos, nitrógeno y oxígeno pueden extraerse del aire usando destilación criogénica o usando métodos de separación no criogénicos basados en tecnologías de membrana y de adsorción (P.S.A y P.V.S.A.)

2.3 DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS

2.3.1 Cilindros

Proceso de compresión. Los procesos de compresión provocan aumentos en la presión. Los compresores, las bombas, los ventiladores y las bombas de vacío son dispositivos diseñados para este propósito. Estos son importantes para el transporte de fluidos, fluidización de partículas sólidas y para aumentar la presión de los fluidos para reacción o procesos específicos.

La explicación que da la termodinámica a este proceso se interesa solamente en el efecto que produce en el gas, así como en las relaciones energéticas entre el sistema y el medio.

Considérese un sistema de compresión como se muestra en la figura 2.3.1

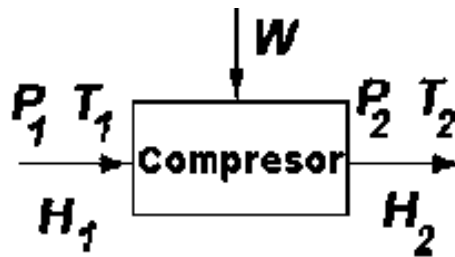


Figura 2.3.1 Esquema de un sistema de compresión

Entra una masa conocida del gas en condiciones P_1 y T_1 que definen una entalpía H_1 y sale la misma masa en condiciones dadas por las variables P_2 y T_2 que definen una entalpía H_2 . El compresor consume energía en forma de trabajo, W .

Transformación adiabática. Una transformación adiabática es aquella en la que el sistema experimenta cambios en sus parámetros (o sea en su estado) sin intercambiar calor con el medio ambiente. Se representa con la ecuación siguiente:

$$\delta Q = dU + \delta W = C_v' dT + PdV' = 0$$

En el caso de un gas ideal:

$$P = \frac{RT}{V'} \Rightarrow C_v' dT + \frac{RT}{V'} dV' = 0$$

Dividiendo por T:

$$C_v' \frac{dT}{T} + R' d \frac{V'}{V'} = 0$$

Esta es una ecuación diferencial a variables separables. Si se integra sobre un intervalo muy pequeño de temperatura o presión, se puede considerar a R' y C_v' constantes. Las variables de integración son P y T, que están relacionadas en forma biunívoca por la ecuación de gases ideales, de modo que a un cierto valor de P le corresponde un único valor de T y viceversa.

Se deduce la siguiente ecuación

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V'_2}{V'_1} \right)^{\gamma-1}$$

donde γ es el cociente de capacidades caloríficas C_p/C_v , T_1 y T_2 son temperaturas inicial y final respectivamente, y V'_1 y V'_2 son volúmenes molares inicial y final respectivamente.

De la anterior ecuación se deriva la ecuación general de la evolución adiabática ideal:

$$P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma = PV^\gamma \text{ constante}$$

El trabajo de expansión o compresión ideal en sistemas cerrados se obtiene fácilmente de la integración de la ecuación:

$$\delta W = PdV$$

Si $P_1 V_1^\gamma = PV^\gamma \Rightarrow P = \frac{P_1 V_1^\gamma}{V^\gamma}$, entonces la ecuación de trabajo se puede reescribir

como:

$$W = \int_1^2 PdV = P_1 V_1^\gamma \int_1^2 \frac{dV}{V^\gamma} \Rightarrow W = \frac{P_1 V_1^\gamma}{1-\gamma} [V_2^{1-\gamma} - V_1^{1-\gamma}]$$

ó

$$W = \frac{P_1 V_1}{\gamma - 1} \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right]$$

Fluidos contenidos en reservorios a presión. En este sistema es importante estimar la energía disponible acumulada en un reservorio que contiene un fluido a presión. Suponiendo comportamiento ideal, el trabajo máximo que puede producir un gas contenido en un recipiente a una presión, P_2 , contra la presión atmosférica, P_1 , se puede calcular asumiendo que éste sufre una expansión adiabática reversible, es decir isentrópica. Como la energía liberada será igual a la consumida en la compresión, podemos usar la ecuación

$$W_{\max} = \frac{P_1 V_1}{\gamma - 1} \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right]$$

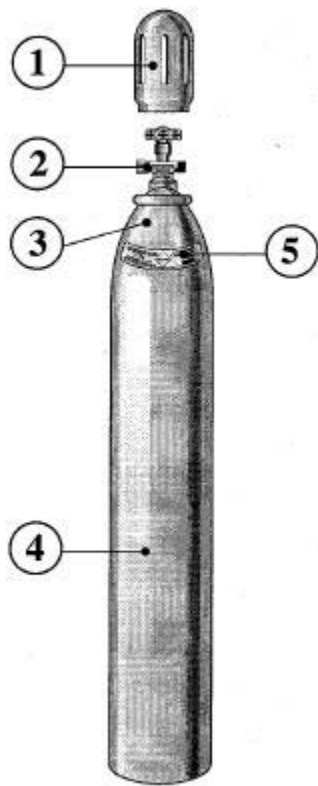
Esta ecuación proporciona el trabajo teórico máximo obtenible por expansión adiabática reversible del gas desde la presión inicial P_2 hasta la final P_1 que puede ser la presión atmosférica o cualquier valor hasta el cual se expande el gas. Un reservorio a presión constituye un riesgo potencial por la posibilidad de liberación súbita de la energía contenida, por ejemplo si se produce la rotura del recipiente.

Si el valor de W_{\max} calculado mediante la ecuación anterior excede a 2 KJ (o su equivalente en capacidad explosiva, que es 4.6 gramos de T.N.T) se deben tomar precauciones de seguridad. Estas incluyen medidas como: instalación de válvulas de alivio de presión y discos de ruptura, de señales de peligro y restricciones al paso y al tránsito de vehículos que puedan impactar y dañar al recipiente. Las normas A.S.M.E. requieren que todo recipiente sometido a una presión manométrica superior a 15 psig debe tener instalada al menos una válvula de alivio y seguridad.

La mayoría de los gases de uso médico están comprimidos a alta presión (200 kgf/cm²) en cilindros de acero al carbón, con una válvula incorporada en cada cilindro y un disco de ruptura integrado a ésta.

Los cilindros de alta presión son envases de acero al carbón, fabricados sin uniones soldadas y tratados térmicamente para optimizar sus propiedades de resistencia y elasticidad.

Estructura y partes del cilindro. Las características de un cilindro son las siguientes:



No	PARTE DEL CILINDRO
1	Caperuza o capuchón protector de la válvula
2	Válvula tipo volante
3	Casquete de Mayor Espesor En esta área donde deben ir inscritos o estampados los números de identificación del cilindro.
4	Cuerpo de pared delgada
5	Etiqueta de Identificación del Gas Debe indicar el nombre del gas, su símbolo químico y su clasificación (oxidante, inflamable, no inflamable, tóxico, no tóxico, etc.) Los gases medicinales deben de identificarse con una cruz roja

Figura 2.3.2 Partes externas de un cilindro

Los componentes de un cilindro estándar se muestran en la figura 2.3.3:

NO.	DESCRIPCIÓN
1	Válvula del cilindro
1a	Volante
1b	Salida de gas/ conexión
1c	Válvula de seguridad (dispositivo de ruptura)
2	Tapón de seguridad
3	Rosca de capuchón
4a	Norma de Fabricación: DOT (Departament of Traspotation) ICC (Instate Commerce Comision)
4b	Material de construcción: 3A (Acero de alto carbón) 3AA (Acero tratado con calor) 3AL (Aluminio)
4c	Presión de llenado en libras
5	Número de serie
6	Marca de fabricante del cilindro
7a	Mes en que se realiza la prueba hidrostática
7b	Marca del laboratorio que realiza la prueba
7c	Año en que se realiza la prueba hidrostática
7d	Indica que las pruebas de expansión y fuga son aceptables y puede ser llenado a una presión 10 % superior a la indicada en el numeral 4c. No aplica a cilindros fabricados en aluminio
7e	Indica que la prueba hidrostática se puede realizar cada 10años a 5/3 de la presión de llenado y no cada 5 años como es lo normal. No aplica a cilindros fabricados en aluminio.

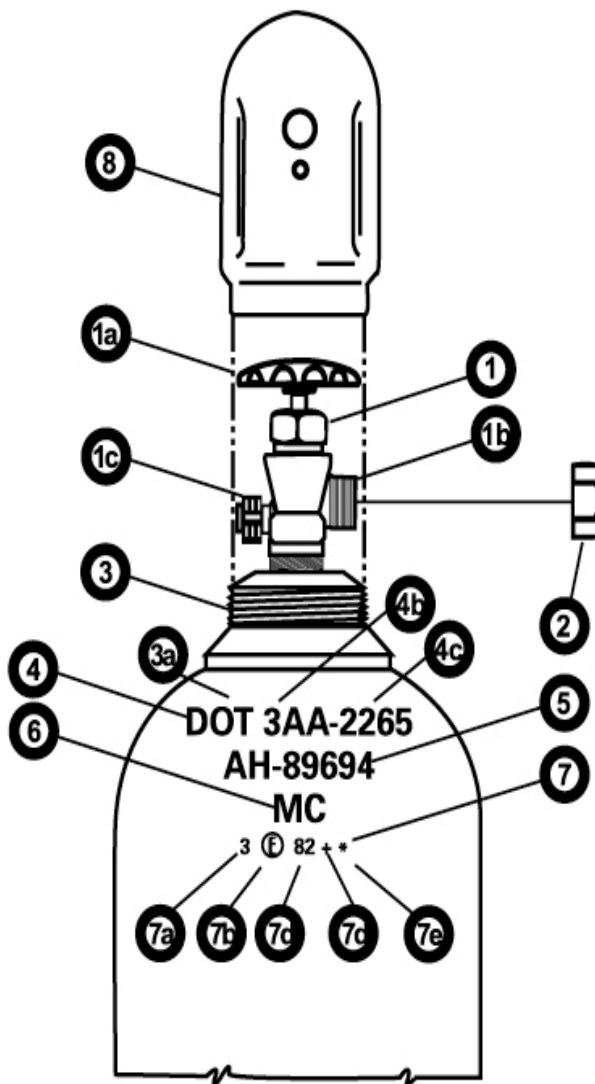


Figura 2.3.3 Componentes de un cilindro

Identificación. La identificación de gases en un cilindro es de primordial importancia. Los cilindros de alta presión se han identificado equivocadamente para el uso médico y su contenido administrado inadecuadamente a los pacientes, dando por resultado lesiones y hasta muerte.

La manera más eficaz de identificar es mediante el etiquetado en el hombro del cilindro y por código de colores de acuerdo a la norma DGN S-11-1970, dictada por la Secretaría de Economía y por la “*Compressed Gas Association*” (CGA).

Cuando se trata de cilindros medicinales y mezclas industriales con nombres comerciales, el cuerpo es blanco y en el oxígeno medicinal el cuerpo es azul claro. Los cilindros que contengan mezclas de dos ó mas gases serán pintados en la ojiva con los colores correspondiente a cada uno de ellos, predominando el color del gas cuya proporción sea mayor.

GAS O MEZCLA DE GASES	COLOR DE LA OJIVA
Oxígeno	Verde
Dióxido de carbono	Gris
Nitrógeno	Negro
Oxido nitroso	Azul obscuro
Mezcla de dióxido de carbono y oxígeno	Verde/gris
Aire	Blanco

Tabla 2.3.1. Identificación de cilindros de gases por colores de la norma DGN S-11-1970 y de la “Compressed Gas Association”

Reguladores de presión. La función principal de un regulador es reducir la alta presión del gas contenido en un cilindro para su uso seguro. Un regulador no es un instrumento de control de flujo y se emplea únicamente para controlar la presión de salida del gas.

El gas a alta presión entra al regulador e ingresa a la cámara de alta presión. Cuando la perilla de control se da vuelta en el sentido de las manecillas del reloj, comprime el resorte y ejerce una fuerza sobre el diafragma, que abre el vástago de la válvula. Esto libera el gas en la cámara de baja presión ejerciendo una fuerza opuesta en el diafragma. Entonces se alcanza un equilibrio cuando la fuerza del resorte en el diafragma es igual a la fuerza del gas en la cámara de baja presión.

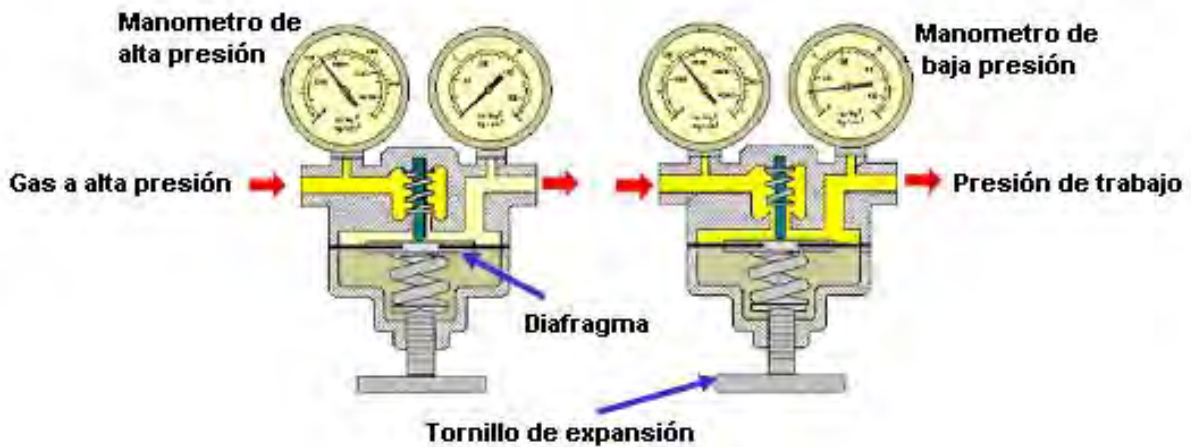


Figura 2.3.4. Estructura de un regulador de presión

Debido a que hay numerosos riesgos asociados con los gases, que varían según el gas, el equipo empleado y el uso, es necesario tomar las medidas de precaución necesarias para trabajar con seguridad en el control de gases a alta presión.

A continuación se describen los tipos de reguladores de presión más comunes:

- a) **Regulador de una etapa.** En un regulador de una etapa, la presión de descarga aumenta conforme la presión del cilindro disminuye, ya que hay menos presión de gas que se ejerce en el diafragma de este modo, se necesita ajustar con la perilla de control con frecuencia para mantener una presión constante de descarga. Sin embargo, esto no representa un problema con tuberías conteniendo líquidos gaseosos donde la presión de entrada se mantiene relativamente constante.



Figura 2.3.5. Regulador de presión a una etapa

- b) **Regulador de dos etapas.** Un regulador de dos etapas funciona de manera similar a dos reguladores de una etapa en serie. La primera etapa reduce la presión de entrada a una presión intermedia prefijada, normalmente de 500 a 350 psig. Los ajustes a la perilla de control reducen la presión intermedia a la presión de descarga deseada.

Como en el regulador de una etapa, la presión de salida de la primera etapa del regulador de dos etapas aumenta conforme la presión del cilindro disminuye. Sin embargo, en vez de que disminuya en el regulador, el gas fluye a la segunda etapa en donde se regula la presión. De este modo, la presión de descarga se mantiene constante incluso cuando se disminuye la presión del cilindro, lo que elimina la necesidad de ajustar con frecuencia la perilla de control.



Figura2.3.6. Regulador de presión a 2 etapas

Válvulas de cilindro. Una válvula se puede definir como un aparato mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación de líquidos o gases mediante una pieza movable que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos.

Las válvulas de los cilindros son dispositivos que permiten el rellenado y vaciado con seguridad. De igual modo, estas válvulas son un medio eficiente y seguro de inyección del flujo de gas dentro de un sistema. No están hechas para controlar la presión. El control de presión se realiza con otros dispositivos, como los reguladores.

Los tipos de válvulas más utilizados para los gases medicinales son:

- a) **Válvulas con sello de presión.** Se usan para gases envasados a alta presión, de tipo industrial. Al igual que la válvula con sello de diafragma, también tienen perillas debido a la baja torsión requerida para cerrarlas y sellarlas.



Figura 2.3.7. Válvula con sello de presión

- b) **Válvulas con Pin-Index.** Se usan en el área médica. Aunque la torsión requerida para cerrar y sellar estas válvulas es baja, el vástago de la válvula está diseñado con laterales planos, de modo que pueda utilizarse una llave apropiada para hacerlo con seguridad.



Figura 2.3.8. Válvula con Pin-Index

Salidas de Válvula de cilindro de gases medicinales. Las salidas de las válvulas de los cilindros tienen roscas que ajustan con las conexiones especificadas por la CGA.

El utilizar los estándares para conexión de la CGA reduce las posibilidades de errores tales como gases incompatibles entre sí o conectar equipos o instalaciones de baja presión a una fuente de gas de alta presión. Por otra parte, las conexiones CGA hacen posible la compatibilidad entre los equipos y los cilindros fabricados por proveedores diferentes.

Las conexiones CGA utilizan varias formas de desempeño, para prevenir equivocaciones entre ellas.

- a) Las roscas izquierdas se usan casi exclusivamente para conexiones de gases inflamables, como el hidrógeno, el propano y el metano. Las conexiones de rosca izquierda se identifican por la muesca especial que aparece en las aristas de la tuerca de conexión. El oxígeno y muchos otros gases utilizan conexiones con rosca derecha. Las distintas conexiones también tienen diferentes tamaños de roscas.

- b) Tuercas con formas geométricas diferentes. Las tuercas pueden variar en diámetro, longitud y forma en general.
- c) PIN-INDEX. Los cilindros pequeños para uso médico, utilizan un sistema de orificios en sus válvulas, para evitar el intercambio de productos. Las conexiones para gas están equipadas con pines que encajan exactamente en los orificios de las válvulas.

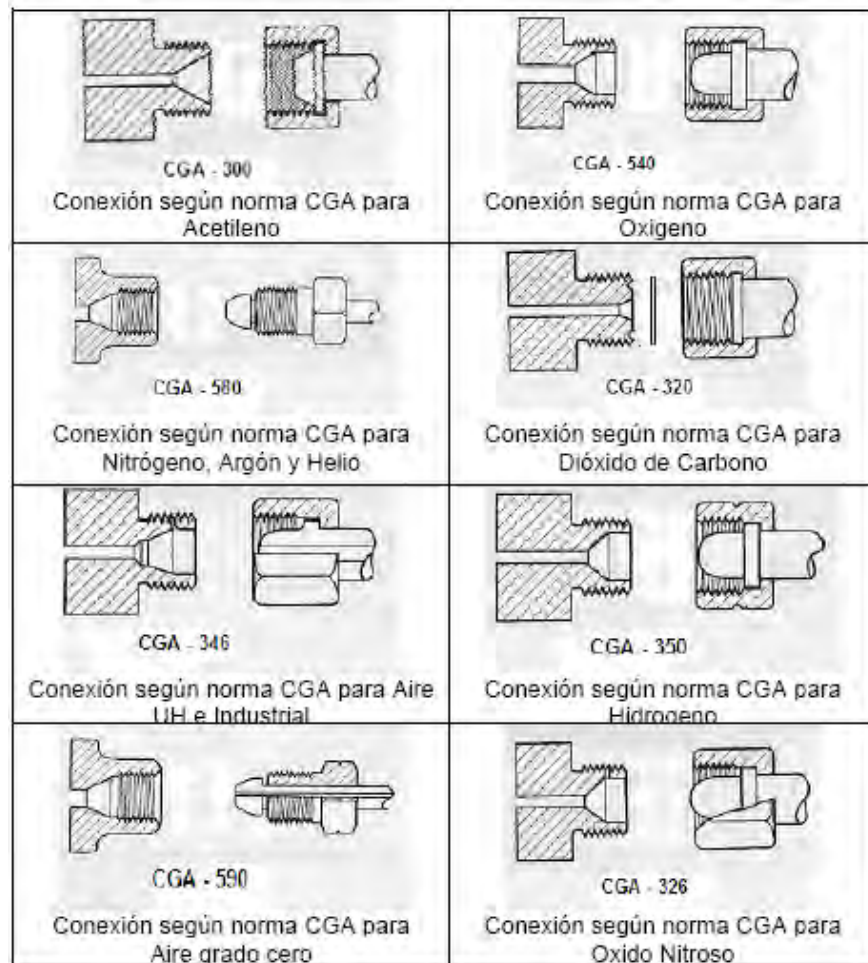


Figura 2.3.9. Conexiones de salidas código CGA

Dispositivos de seguridad para cilindros. El primer dispositivo de seguridad que tienen los cilindros es el capuchón protector de la válvula. Este dispositivo protege la válvula de golpes, debe permanecer en su posición durante el transporte y almacenamiento del cilindro y también cuando se encuentre conectado al cabezal en los modelos de cilindro con capuchón fijo que lo permiten.

La CGA ha clasificado los dispositivos de alivio de presión de acuerdo a su tipo de utilizando letras “CG” seguidas de un número.

Dispositivos tipo CG-1. Un disco de ruptura es un dispositivo operado por presión que provee protección contra el aumento excesivo de presión en el cilindro. Este dispositivo está diseñado para eliminar el exceso de presión en un cilindro y funcionar cuando la presión del cilindro es suficiente para romper el disco, venteadando el contenido del cilindro a la atmósfera. La ruptura del disco provoca un orificio en éste que no puede ser cerrado, es decir, si el disco se rompe se libera todo el gas contenido en el cilindro hasta quedar prácticamente vacío.

Los discos de ruptura instalados en el cilindro de gases comprimidos pueden ser parte integral de la válvula del cilindro, o pueden estar instalados en el cilindro como un aditamento independiente. Los materiales de construcción elegidos deben ser compatibles con el gas almacenado y con los materiales de la válvula los cuales entran en contacto con el disco para minimizar la corrosión.

Uno de los dispositivos de disco de ruptura más comunes consta de:

1. Empaque
2. Disco de ruptura
3. Porta disco

Estos componentes pueden ser suministrados como partes independientes, o como un dispositivo ya armado en fábrica diseñado para ser reemplazado como una unidad

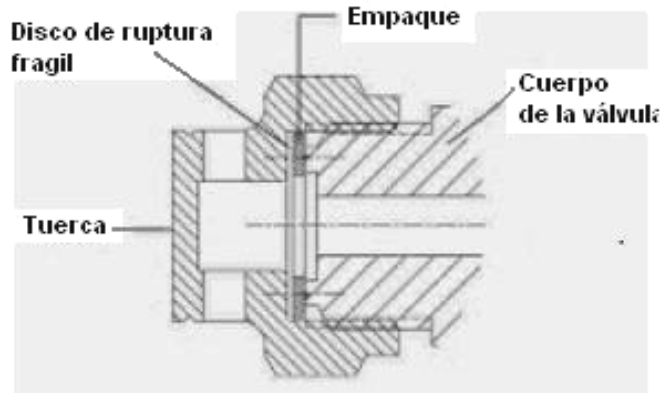


Figura 2.3.10. Disco de ruptura

El empaque es la parte que hace que el sello para prevenir fugas en el dispositivo y puede estar construido de materiales metálicos o no metálicos. El disco de ruptura es la parte operativa que se rompe a cierta presión, liberando el contenido del cilindro. Usualmente están hechos los materiales metálicos. El portal disco es la parte que contiene los orificios o canales de descarga por los cuales pasa el gas para liberarse a la atmósfera. El diseño de estos orificios es radial lo que minimiza el efecto reacción-acción que provocaría que el cilindro salga disparado como un proyectil al liberar el contenido a través de este dispositivo.

Manómetro. Indican la presión a través de un sencillo mecanismo de fuelle y relojería. Los reguladores de presión normalmente cuentan con dos manómetros. Uno indica la presión de entrada del gas que viene del cilindro, y el otro, la presión de salida (presión de trabajo), que se puede regular con el tornillo o mariposa del regulador.

Flujómetros. Los flujómetros son dispositivos especiales incorporados a un regulador, generalmente calibrados para trabajar a una presión de 50 psig y que indican el caudal de gas entregado. La unidad de flujo más usual es el litros/min. y por lo general se encuentran en el rango de 0 a 50 litros/min. la medición de flujo se obtiene por una bolita que flota en un tubo de sección variable, de manera que al variar el flujo la bolita se mueve en el tubo para indicar el paso de más o menos caudal de gas.

Otro principio de medición de flujo es a través de un orificio calibrado, el cual entrega más o menos gas según la presión que recibe. En este caso la lectura de flujo se realiza por presión en un medidor de flujo.

2.3.2 Termos portátiles

La licuefacción de los gases o licuación es el cambio de estado que ocurre cuando una sustancia pasa del estado gaseoso al líquido, por acción de la temperatura y el aumento de presión, llegando a una sobrepresión elevada, hecho que diferencia a la licuefacción de la condensación.

La baja densidad de los gases hace que una pequeña cantidad de gas ocupe gran volumen. Para facilitar el transporte y almacenamiento de estos gases se hace indispensable someterlos a altas presiones y/o bajas temperaturas a fin de reducir su volumen. En este caso, para almacenar oxígeno medicinal líquido se requiere de un recipiente especial que recibe el nombre de tanque-termo, “dewar” o VGL.



Figura 2.3.11. Termo portátil o “Dewar”

Están diseñados para el transporte y almacenaje de gases licuados a temperaturas criogénicas. La mayoría de “dewars” permiten extraer el producto en fase líquida o gaseosa, aunque algunos sólo permiten la extracción líquida.

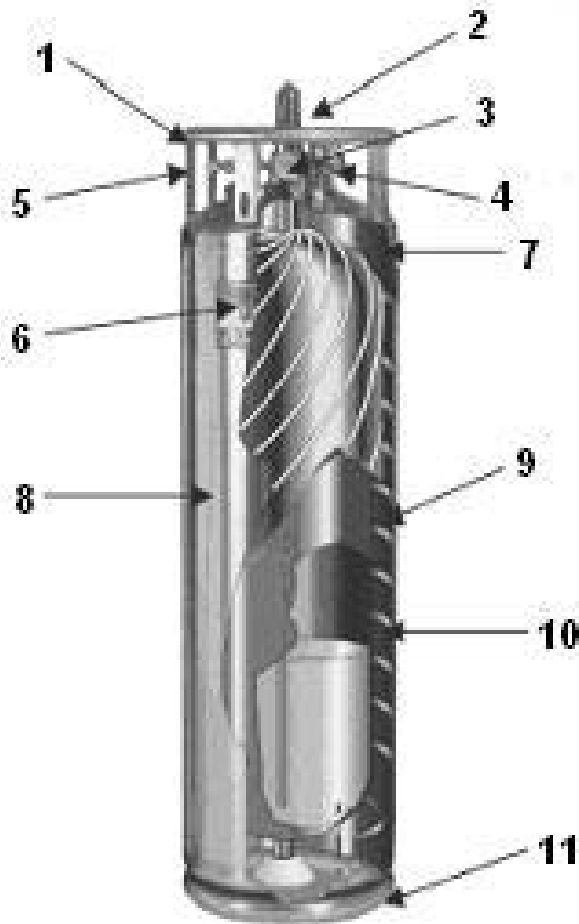
Los termos portátiles tienen dos ventajas principales:

1. Contienen un gran volumen de gas a una presión relativamente baja comparada con los cilindros de gas comprimido.
2. Son una fuente de líquido criogénico que puede manejarse fácilmente

Los termos portátiles están constituidos por dos recipientes concéntricos con espacio anular entre ellos. El tanque interior es de acero inoxidable y el exterior puede ser construido de acero inoxidable o de acero al carbón. Una de las principales características de estos contenedores es que en el espacio anular se hace vacío y se rellena con material aislante térmico, que disminuye el paso de calor del medio ambiente al interior. Al disminuir la temperatura por debajo de $-183\text{ }^{\circ}\text{C}$ el oxígeno se vuelve líquido, a la presión atmosférica usual, al aumentar la temperatura para su forma gaseosa. Por eso es importante mantener en buen estado el aislamiento térmico.

Aunque los “dewars” están aislados, las temperaturas extremadamente bajas de los líquidos criogénicos dan como resultado una fuga constante de calor y vaporización. La vaporización variará y puede ser tan baja como el 0.4% o tan alta como el 3% del volumen del contenedor por día. El producto, si no se utiliza, aumentará la presión en el contenedor que se ventilará periódicamente por medio de la válvula de alivio. Esta es una función normal y segura.

Estructura y partes de un termo portátil. Los componentes del un termo portátil típico se muestran a continuación:



No	PARTES DE UN TERMO PORTATIL
1	Anillo de protección
2	Indicador de nivel
3	Indicador de presión
4	Válvula de producto
5	Válvula de seguridad
6	Etiqueta de identificación
7	Aislamiento al vacío
8	Recipiente externo
9	Espacio anular
10	Serpentín para aumento de presión
11	Anillo base

Figura 2.3.12. Partes externas de un termo “Dewar”

Los componentes de las válvulas de termo portátil se dan a continuación:

No	Parte
50	Manómetro ¼ CBM (0-400 psi)
51	Cruz ¼ “ FTP
52	Disco ruptura ¼ “ NPT (400 psi)
53	Codo ¼ “ NPT
54	Válvula de seguridad ¼ “ NPT (230 psi)
55	Válvula globo 3/8 “ NPT (uso de gas) (verde)
56	Válvula globo 3/8 “ NPT (válvula de liquido) (azul)
57	Válvula globo 3/8 “ NPT (válvula de presión) (verde)
58	Válvula globo 3/8 “ NPT (venteo) (plateado)
59	Conexión a bomba de vacío
60	Indicador de nivel
61	Protector del indicador de nivel (azul)
62	Regulador – economizador (125 psi / 8.6 bar)
63	Codo de 90° 3/8 “ od x 3/8” NPT
64	Codo macho 3/8” OD x 3/8” NPT
65	Tornillos – ¼ 20 x 5/8” lg (ss)
66	Arandelas ¼ “ (ss)
67	Codo de 90° 3/8” odt x 3/8 ” FPT
68	Tubo de cobre 3/8” odt-5”
70	Conector macho ½” odt x 3/8” NPT (oxígeno)
71	Salida de gas 3/8” NPT OD (oxígeno)
72	Placa de identificación (liquido / llenado)
73	Placa de identificación (sistema incremento de presión)
74	Placa de identificación (venteo)
75	Placa de identificación (uso de gas)
76	Tapón protector del disco de ruptura de vacío
77	Sello de garantía (disco de ruptura)
79	Tapón 5/8” odt (oxígeno)
80	Tapón (oxígeno)

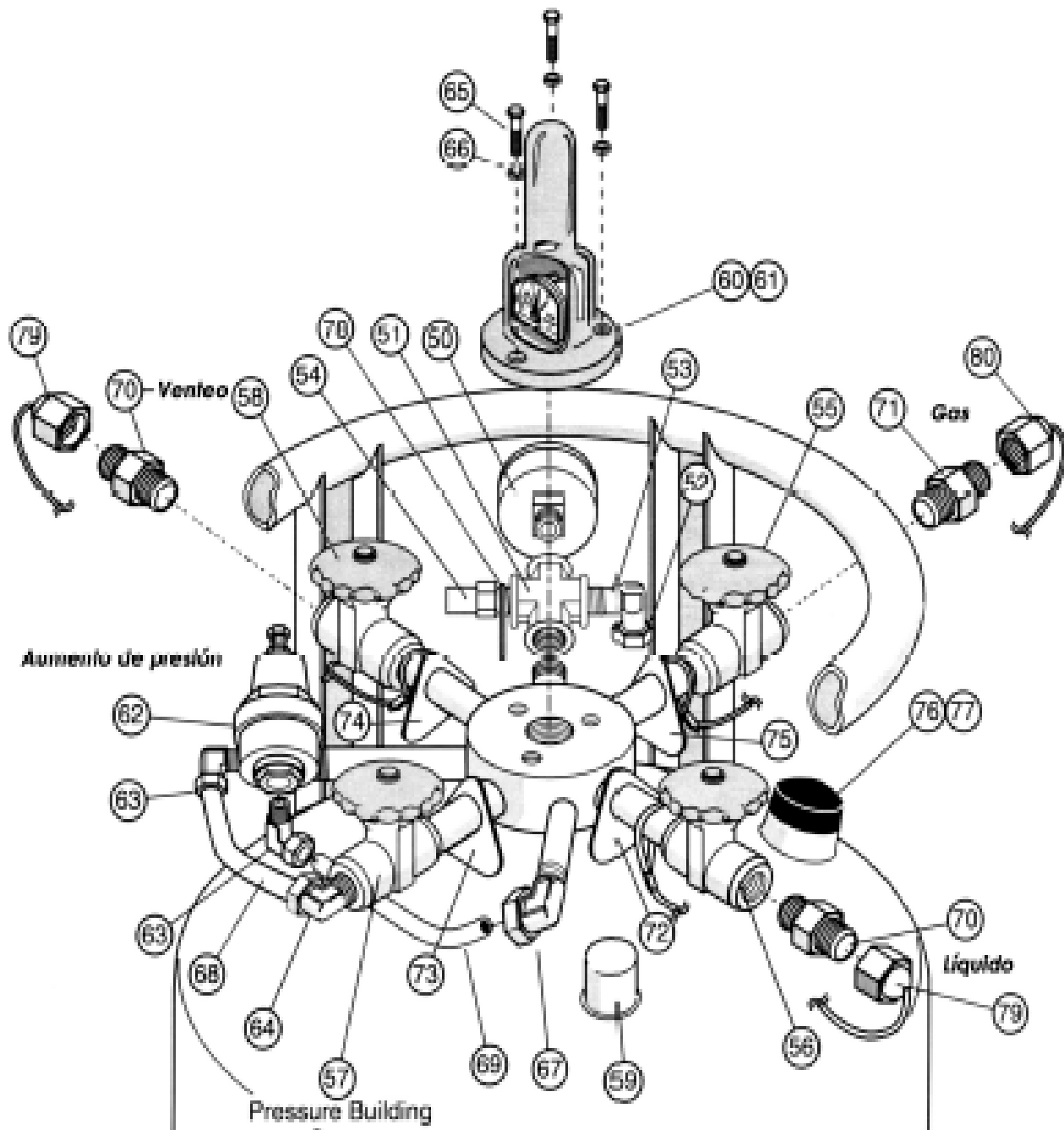


Figura 2.3.13. Despiece del sistema de válvulas superior de un termo portátil

El termo portátil a diferencia de un cilindro, cuenta con más dispositivos de control y de seguridad, los cuales deben ser conocidos por el responsable de la central de gases. Algunos de estos componentes son usados exclusivamente durante la operación normal y requiere de estricta vigilancia por parte del encargado de la central de gases.

Algunos de estos componentes se mencionan a continuación (el número en paréntesis corresponde al que esta en la figura 2.3.13:

- **Manómetro (50).** Indica la presión de operación del termo portátil, dicha presión debe mantenerse siempre en el valor requerido para garantizar el abasto en el punto más alejado de la red de distribución del establecimiento.
- **Válvula de seguridad (54).** Cuando ésta ha operado frecuentemente puede llegar a descalibrarse, por lo que es posible que opere por debajo de la presión de calibración (230 psig). Si el consumo es interrumpido, parte del líquido almacenado se vaporiza y se incrementa la presión en el termo, pero dentro del rango de funcionamiento normal. Sin embargo, si la válvula está descalibrada se puede “aliviar” la presión perdiendo gas.
- **Indicador de nivel (60).** Permite saber cual es el nivel del líquido contenido en el termo. Es una de las variables que se utiliza para tomar la decisión de cambiar la válvula múltiple, para que suministre el gas la bancada de reserva y solicitar la recarga del termo.
- **Válvula de globo (55).** Esta válvula se usa para suministrar de manera continua y segura el gas contenido en el termo. Se conecta al cabezal del manifold por medio de mangueras flexibles de acero inoxidable.
- **Válvula de globo, líquido (56).** Esta válvula sirve durante el proceso de llenado del termo por lo cual no debe ser manipulada durante la operación.
- **Válvula de globo (57).** Esta sirve para liberar presión durante el proceso de llenado del termo.
- **Válvula de globo, venteo (58).** Esta sirve para liberar constantemente el excedente de la sustancia en estado gaseoso que se genera por la transferencia de calor hacia el interior del termo.

2.3.3 Termos estacionarios

Este sistema de suministro debe usarse cuando el consumo de gas es muy alto. Los termos estacionarios son recipientes utilizados para almacenar gas en forma de líquido criogénico y suministrarlo en su forma gaseosa. Se recuerda que, en el caso de los gases medicinales de alto consumo, el oxígeno usa casi exclusivamente este tipo de almacenamiento.

El tanque lo constituye un recipiente interior y uno exterior o envolvente. Al espacio entre los dos recipientes se le hace vacío y se llena con material aislante, generalmente perlita. El recipiente interior, está preparado para operar a una presión máxima de 15 Kg /cm²; está fabricado de acero inoxidable o acero con 9% de níquel, ya que este material no presenta fractura mecánica a las temperaturas tan bajas que se alcanzan. Su función es contener el líquido criogénico, mientras que el tanque exterior se fabrica en acero al carbón y su función es sostener el material de aislamiento térmico y soportar el recipiente interior.

El termo estacionario en su componente interno, mantiene una temperatura menor a -183 °C por lo que el oxígeno permanece en estado líquido, el aislamiento se forma por el espacio anular (vacío) y la perlita.

Los sistemas que integran un termo estacionario que contiene oxígeno líquido son:

- **sistema de vaporización**
- **sistema de llenado**
- **sistema de seguridad**
- **sistema de soporte y anclado a la cimentación**

La configuración de las tuberías de los termos estacionarios puede variar de proveedor a proveedor.

Para que el oxígeno sea transformado del estado líquido a gas, se requiere que pase por un serpentín o evaporador que actúa como intercambiador de calor con el medio ambiente. Este evaporador debe quedar ubicado junto al termo estacionario.

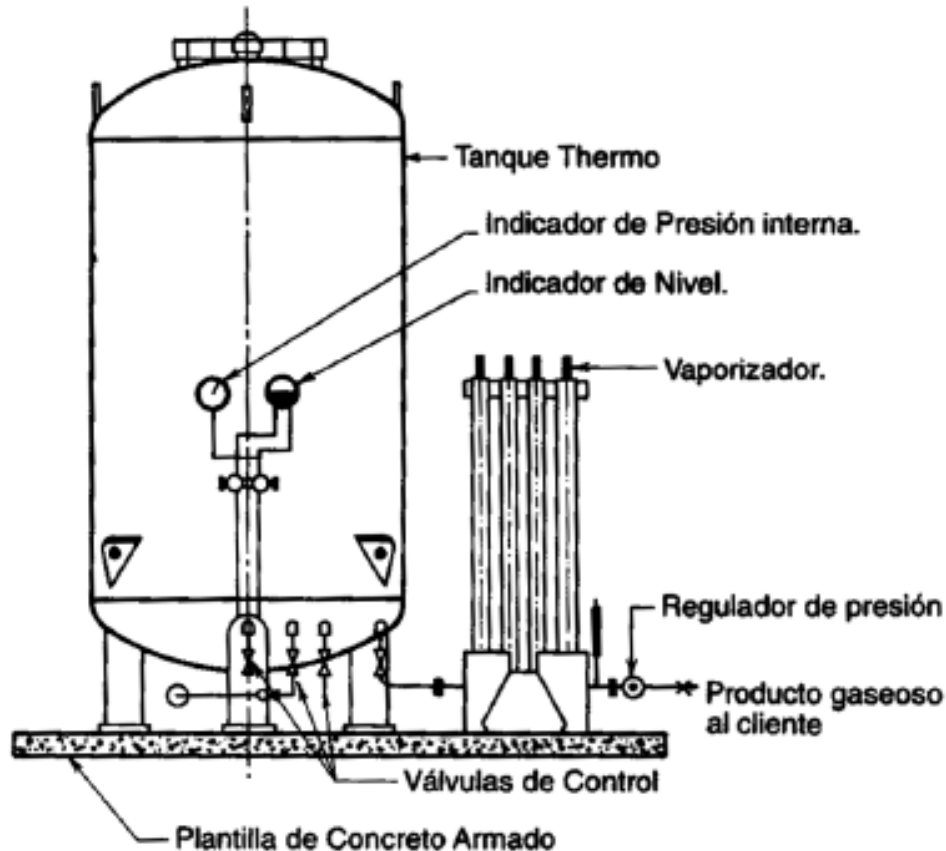


Figura 2.3.14. Termo estacionario típico

2.3.4 Manifold

Se trata un sistema ubicado en la central de gases, que permite, a partir de uno o varios contenedores, el suministro de un gas a presión constante. Está constituido por cuatro componentes principales:

- **Bancada.** Esta integrada por uno o varios contenedores (cilindros, termos portátiles o estacionarios) que operan al mismo tiempo. Por lo general se tiene una bancada de uso y otra de reserva como mínimo.

- **Cabezal.** Se trata de una tubería con conexiones y aditamentos, específicos al gas que se maneja, que se conectan a los conectores integrados en la bancada. Consta de un manómetro, regulador de presión, válvulas de seccionamiento, válvula check y válvula de paso para cada contenedor de las bancadas, tanto para los que estén en uso como los que estén en reserva.
- **Válvula múltiple para selección de cabezal.** De una o varias vías para la conexión de uno o varios cabezales y una salida de la tubería de distribución. Con esta válvula se selecciona, en forma manual o automático, el cabezal con la bancada correspondiente que suministra el gas a la red o tubería de distribución.
- **Dispositivo de control.** Mide y permite regular de forma manual o automática la presión en la red de distribución. Permite también conocer la presión que tiene el cabezal (alta presión), y la línea de distribución (baja presión). Cuenta con mecanismos que permiten detectar la presión de trabajo en las tuberías ya sea de alta o baja presión y activar una alarma cuando la presión disminuye en un 25% de la presión de trabajo

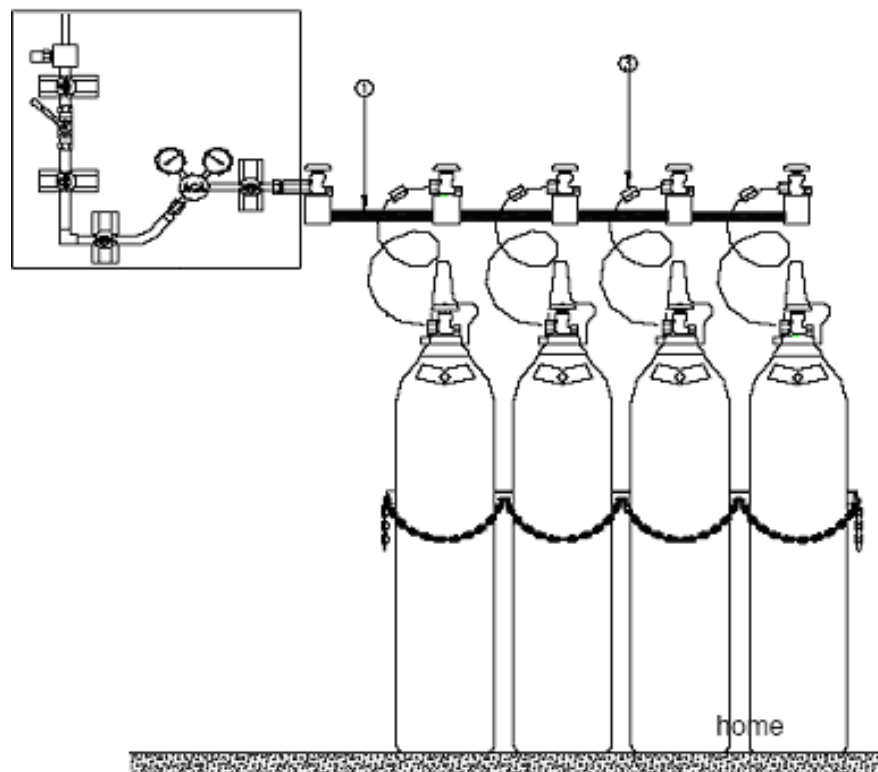


Figura 2.3.15. Configuración típica de un Manifold de una bancada con 4 cilindros

2.4 CENTRAL DE GASES

El ingeniero químico debe tener conocimiento de lo que es Central de Gases para asegurar la seguridad del personal.

Se denomina como central de gases al local que alberga tanto el manifold para oxígeno como para óxido nitroso con áreas separadas y delimitadas para almacenar tanto cilindros llenos como vacíos en número adecuado de acuerdo a las necesidades del establecimiento.

La localización de la Central de Gases debe hacerse tomando en cuenta el o los tipos de sistemas de distribución con que se cuenten, pero fundamentalmente debe estar alejada de fuentes de ignición, flamas, fuentes de calor y de fuentes de energía eléctrica de alto voltaje, transformadores, almacenes de grasas y aceites y contar con buena ventilación. Debe ser techado y con frente de malla ciclónica con sistema de puerta que restrinja el ingreso de personas ajenas al servicio. Es muy importante comprender que en la Central de Gases no debe haber aceites, grasas o materiales combustibles y que los cilindros, llaves y válvulas deben mantenerse libres de aceites y grasas, incluyendo las tomas finales para proporcionar el gas, no debe almacenarse ningún material dentro de la Central de Gases, con excepción de los cilindros llenos o vacíos.

2.4.1 Distancias de seguridad

El área mínima es la necesaria para albergar en forma segura el manifold con las dos bancadas de un cilindro de oxígeno cada una y el del óxido nitroso con una bancada de dos cilindros, uno y el otro de reserva. Sin embargo, en previsión del posible crecimiento del establecimiento, se recomienda que la superficie y la organización se calcule para albergar dos bancadas de 6 cilindros cada una para suministrar oxígeno y de tres a cuatro cilindros para óxido nitroso. Con las áreas tributarias de 40 a 60 cm de cada cilindro. Todos los cilindros deben fijarse a la estructura o a la pared para disminuir el riesgo de que se caigan, se desconecten del cabezal y se golpee la válvula.

Es de extrema importancia, que durante la selección de la ubicación de la Central de Gases, en los establecimientos de atención médica, se consideren los criterios mínimos de seguridad, que permiten salvaguardar las facilidades de carga y descarga de cilindros. Esto implica que las rampas por las que pasen los vehículos que transportan contenedores de gases no tengan materiales inflamables y que se encuentren libres de aceites. Estas rampas de preferencia deben ser de entrada restringida sólo para este servicio y de preferencia deben terminar en el frente de la Central de Gases. Si por alguna razón, el transporte no puede llegar hasta el frente de la Central de Gases, los cilindros deben ser transportados montacargas especiales. En la figura 2.4.1 se muestran las distancias mínimas de seguridad para centrales de gases medicinales.

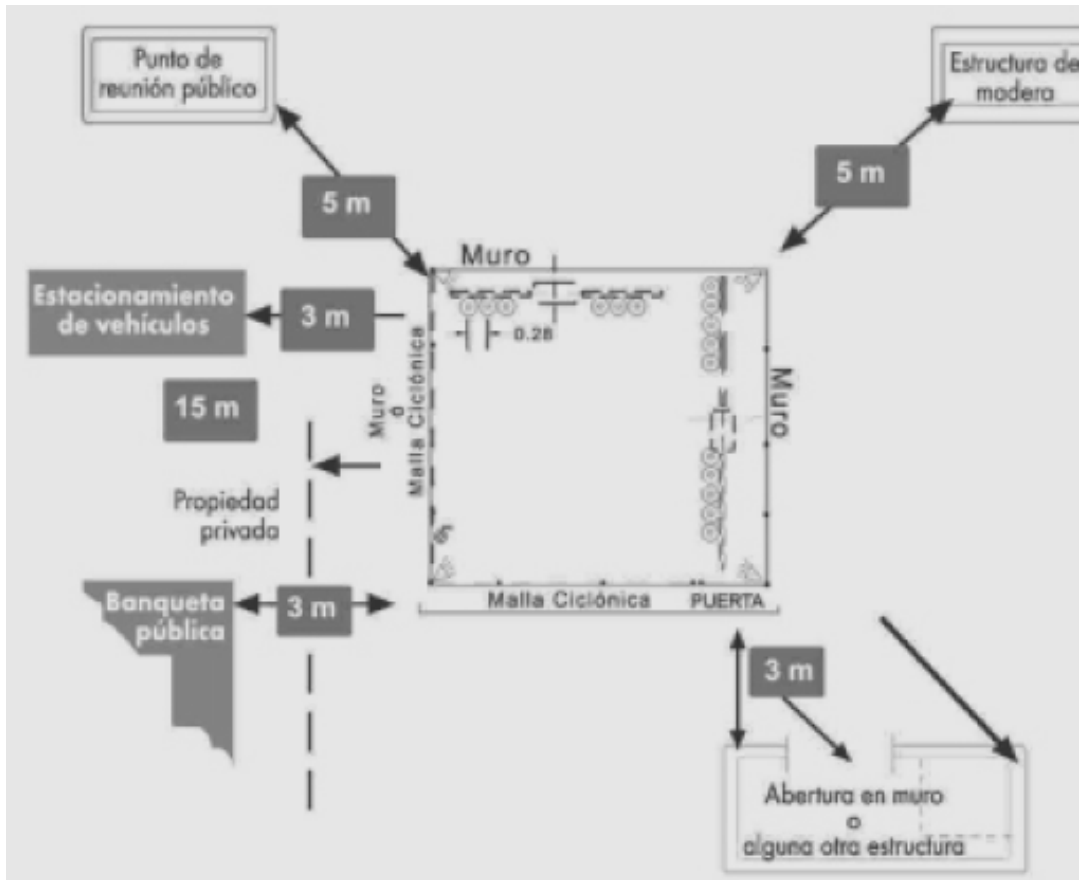


Figura 2.4.1. Distancias mínimas de seguridad en una central de gases

Cuando se habla de un termo estacionario es forzoso el establecer distancias críticas de seguridad. La figura 2.4.2 muestra las distancias de seguridad que debe haber entre una estación de gases con termo estacionario e inmuebles.

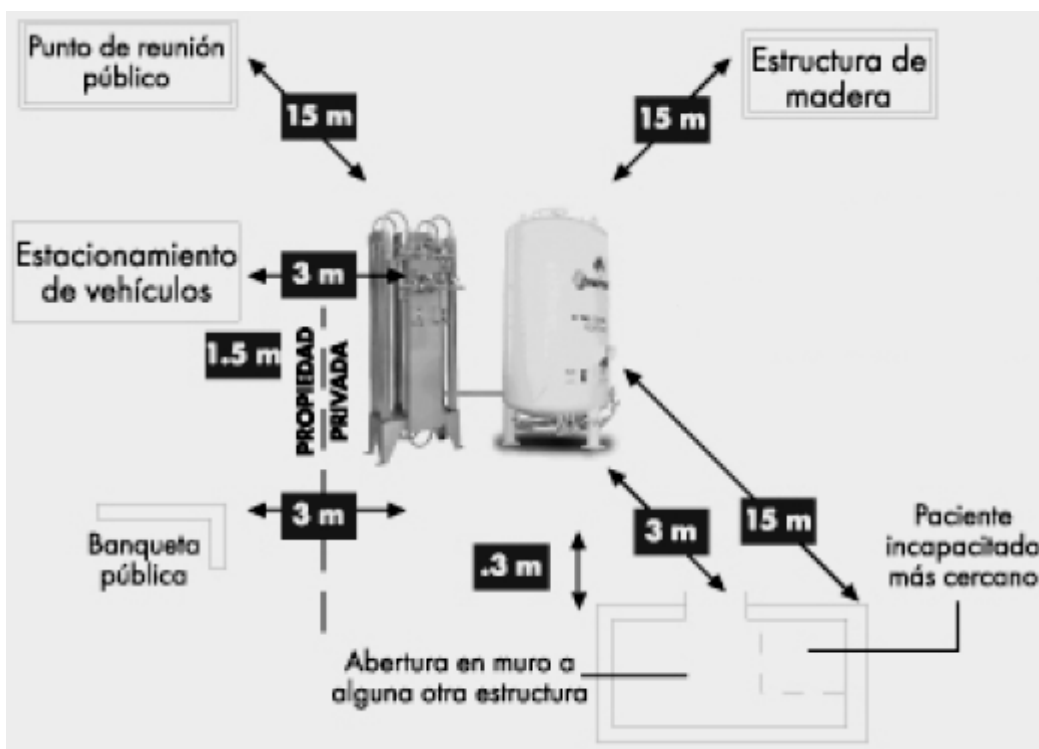


Figura 2.4.2. Distancias de seguridad para termo estacionario

2.4.2 Arreglo del equipo

Es claro que por las características de los gases que se manejan, las Centrales de Gases deben ser ubicadas en lugares abiertos, de tal forma que si se presenta una fuga de producto pueda mezclarse rápidamente con el medio ambiente y esto disminuya los riesgos de producir una flama de alta intensidad.

En el siguiente apartado se muestran los parámetros y el espacio que debe existir entre las Centrales de Gases y el almacenamiento de productos o materias, instalaciones, puntos de reunión, etc. Dichas distancias establecen los criterios mínimos que se deben tener en la toma de decisión de la ubicación de la Central de Gases, dentro de establecimiento.

Para manifolds mixtos de cilindros, tanques portátiles y termos estacionarios, en la figuras 2.4.3 y 2.4.4 se da un plano con distancias mínimas de seguridad, en metros, cuando se usan oxígeno y óxido nitroso.

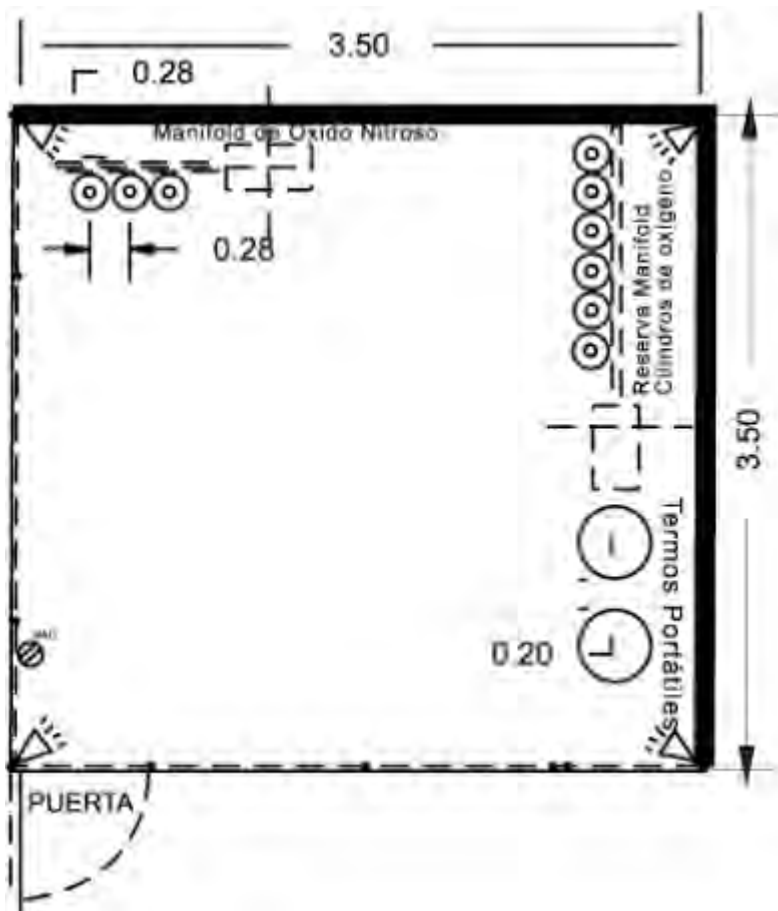


Figura 2.4.3 Plano de la central de gases para suministro de O₂ y NO₂ manifold de cilindros a distancias de seguridad apropiadas en metros.

El termo estacionario puede estar cercano al panel de control y al manifold de reserva. La localización debe ser aceptable al proveedor del gas y al Hospital, y debe estar exclusivamente reservado para el almacenaje del oxígeno líquido y no de otros líquidos criogénicos inflamables. El recipiente no se debe situar dentro de un edificio.

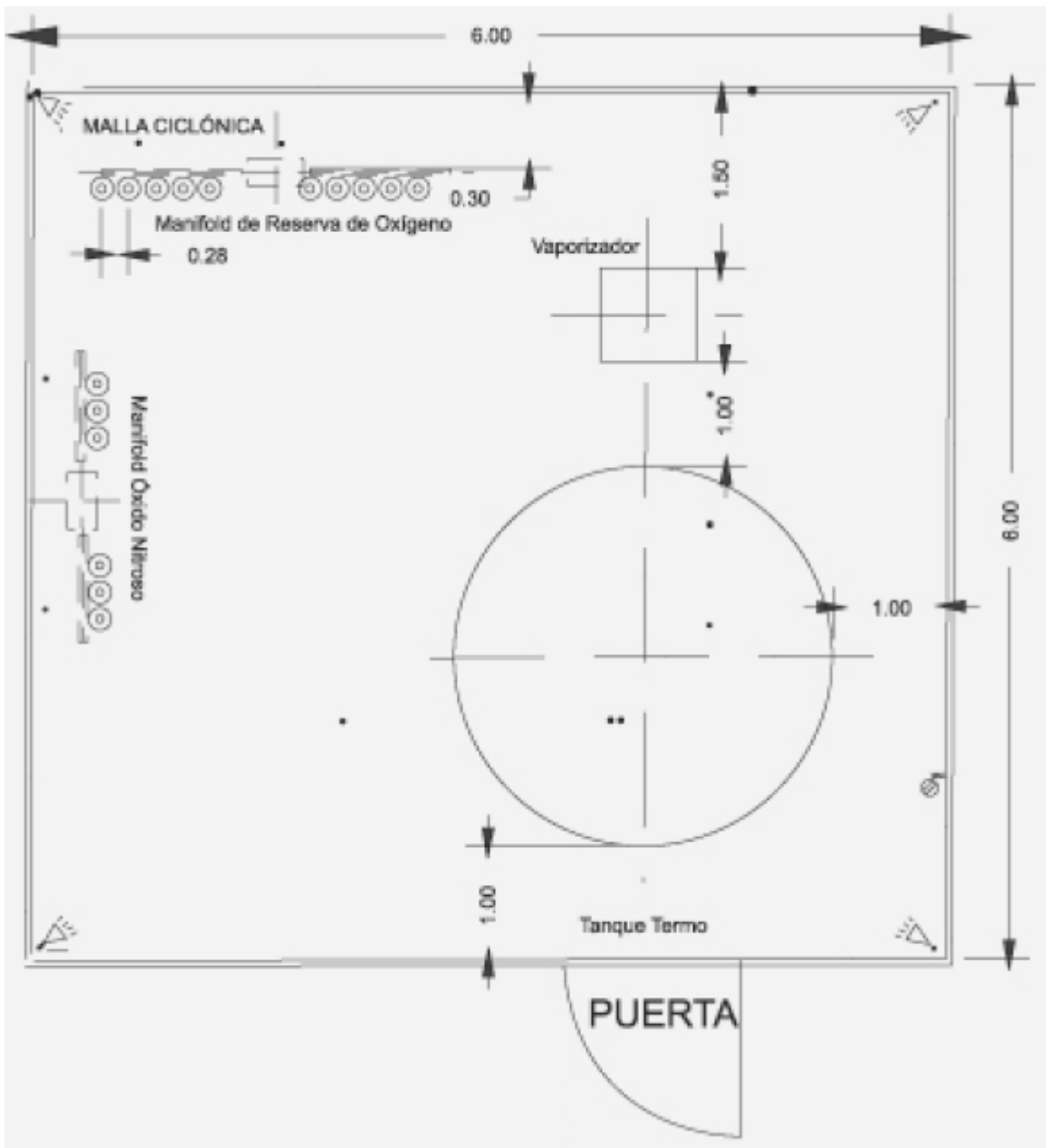


Figura 2.4.4. Plano de la central de gases para suministro de O₂ y NO₂ con termos estacionario y manifold de cilindros a distancias de seguridad apropiadas en metros

2.5 DIAGRAMAS

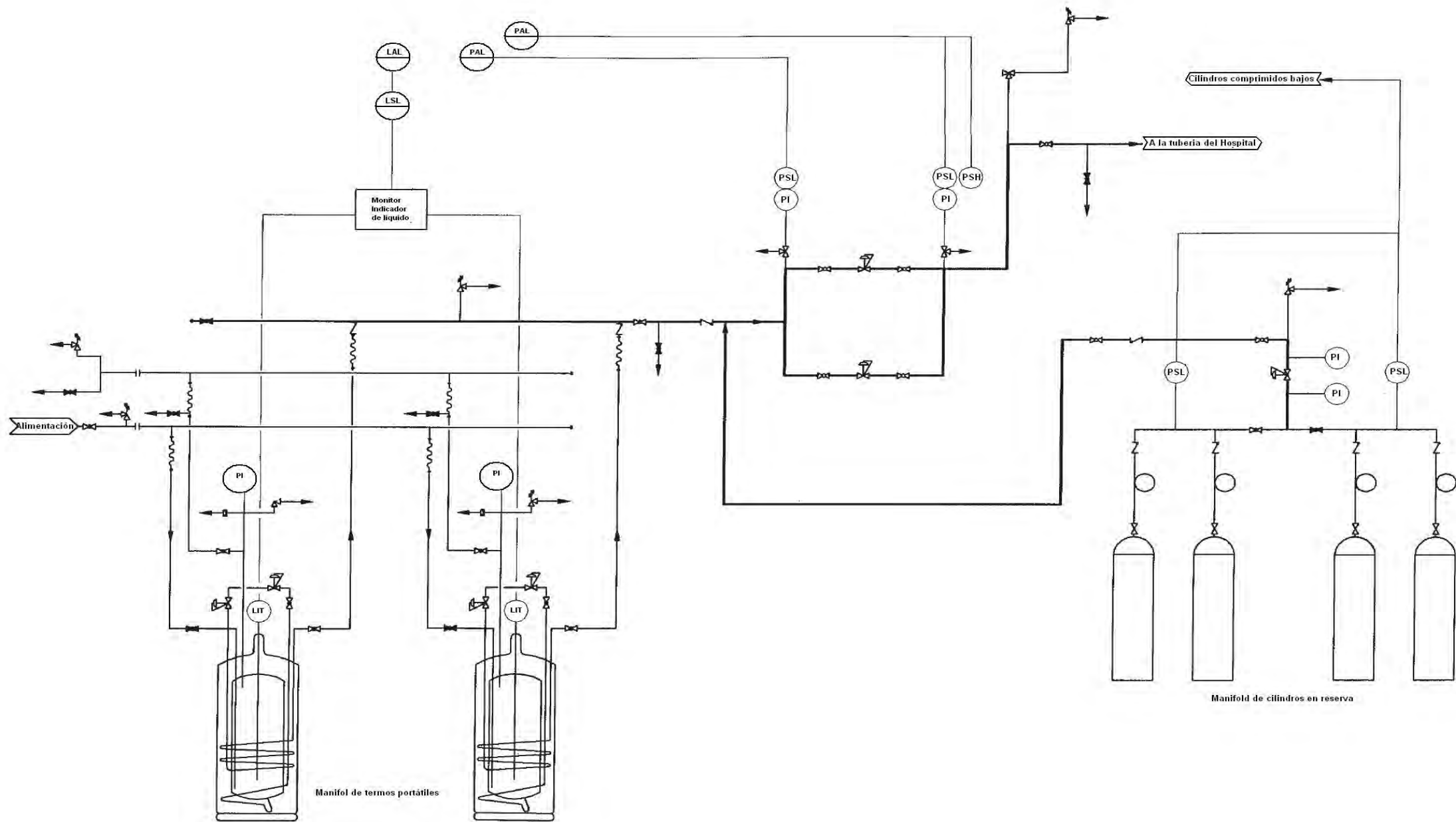


Diagrama 6.1. Configuración típica de un sistema de distribución para gases medicinales con manifold de doble termo portátil en uso y manifold con doble bancada de 2 cilindros en reserva.

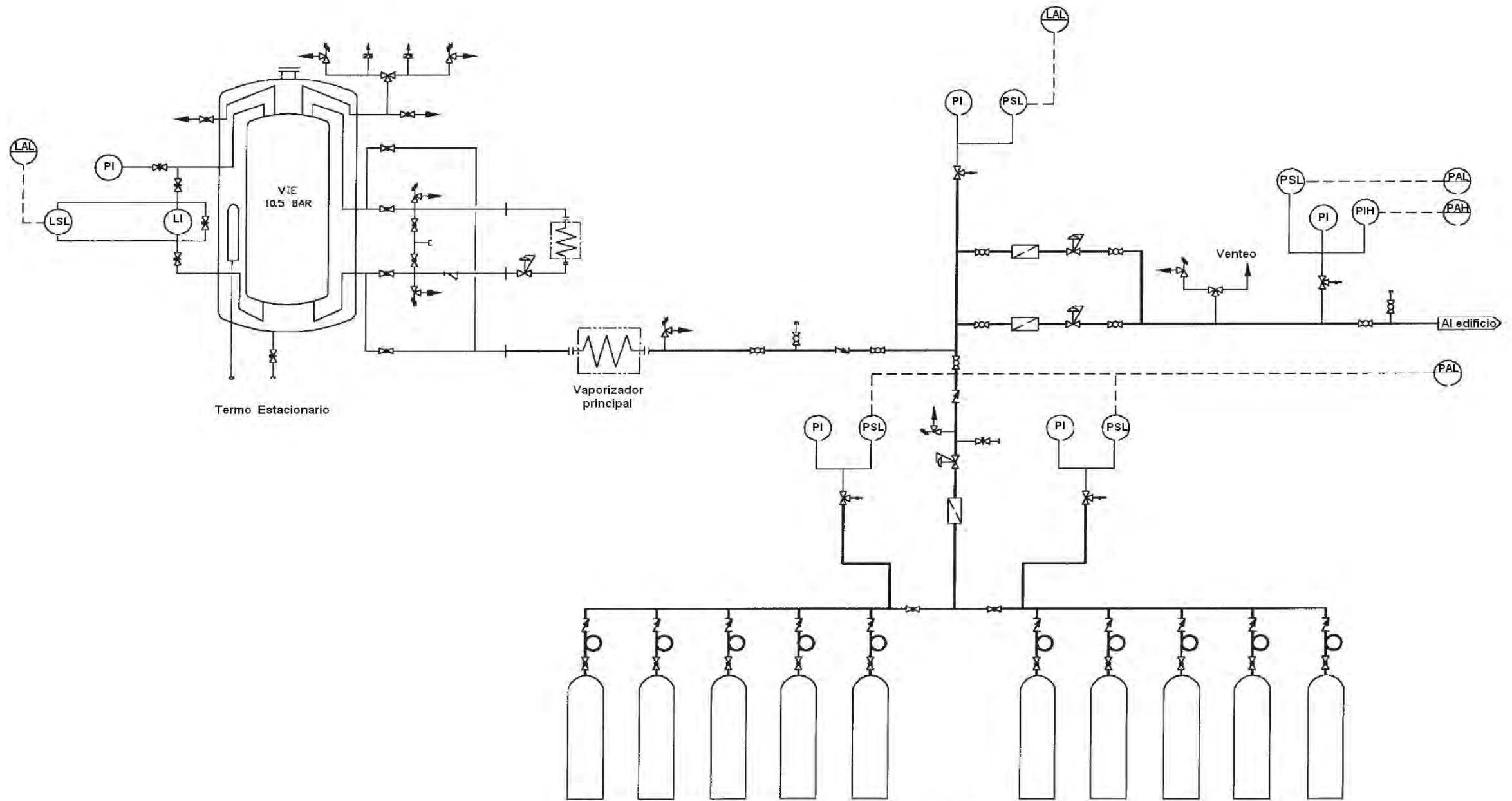


Diagrama 6.2. Configuración de un sistema de distribución para gases medicinales con manifold de doble termo estacionario en uso y manifold con doble bancada de 5 cilindros en reserva.

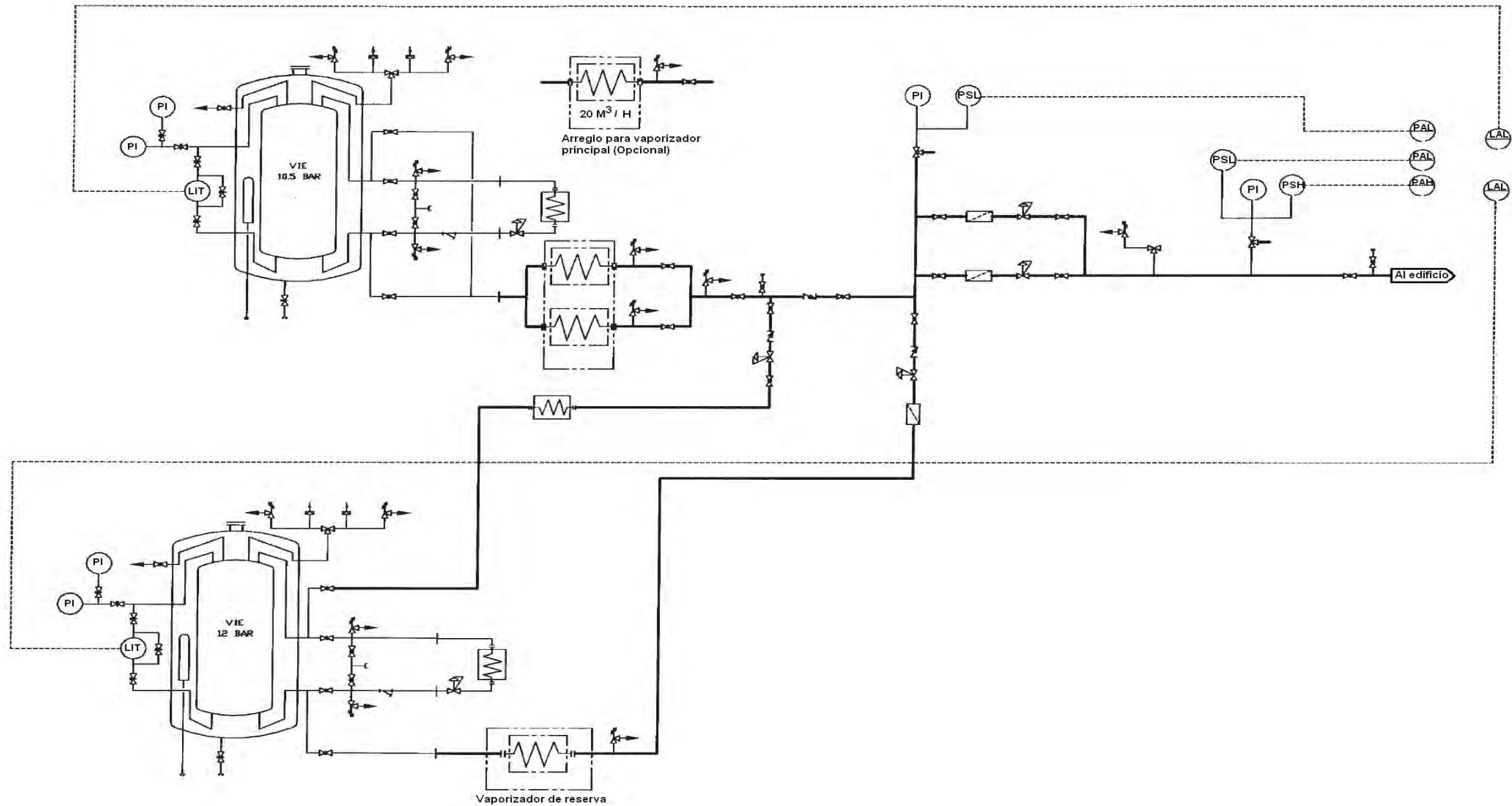


Diagrama 6.3. Configuración de un sistema de distribución para gases medicinales con manifold de termo estacionario en uso y manifold de termo estacionario en reserva.

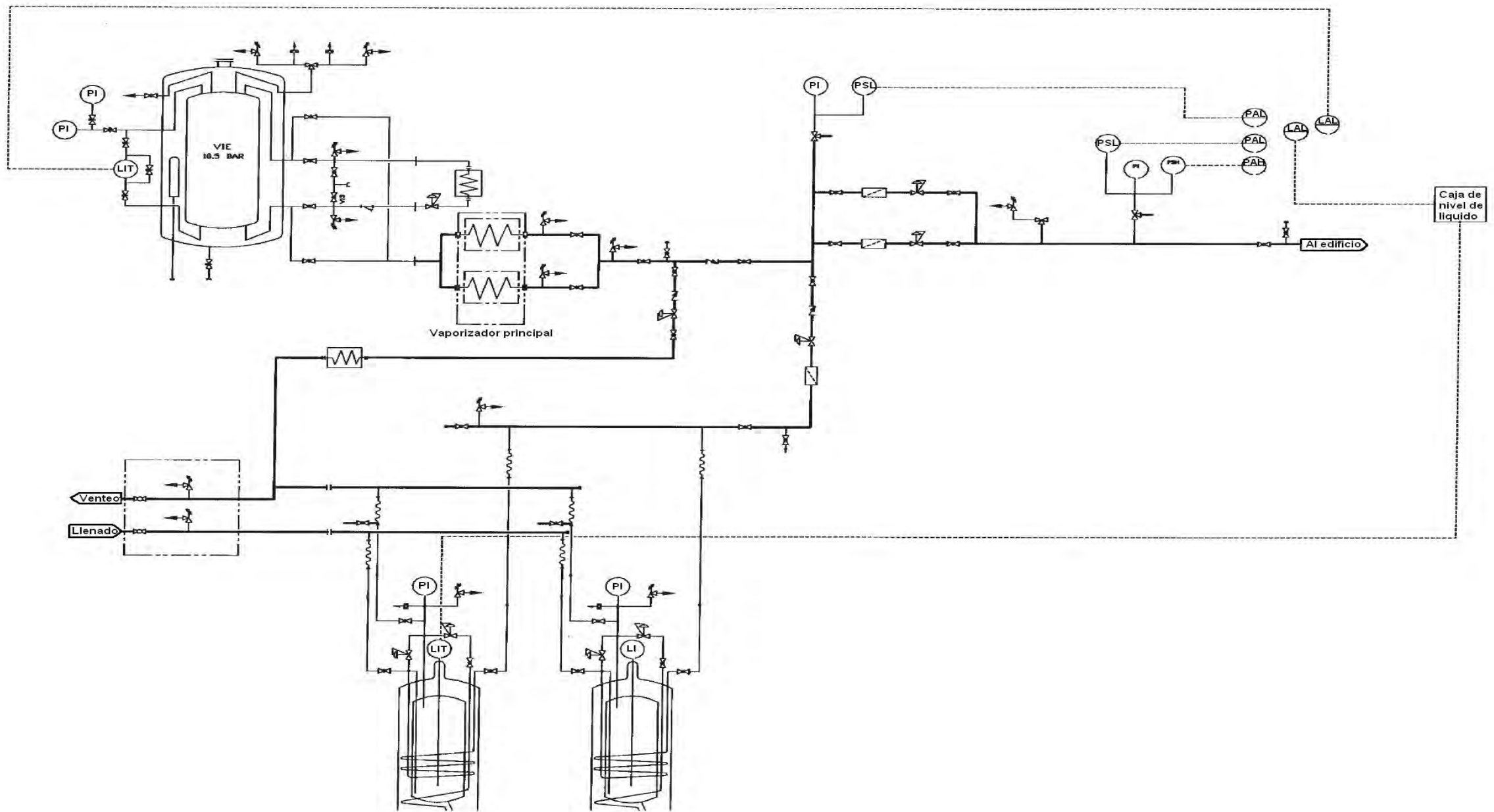


Diagrama 6.4. Configuración de un sistema de distribución para gases medicinales con manifold de termo estacionario en uso y manifold de doble termo portatil en reserva.

CAPITULO 3. NECESIDADES DE ELECTRICIDAD VAPOR, AGUA Y CLIMA ARTIFICIAL

Existe un lugar en todo el complejo hospitalario que tiene particular importancia: *la sala de máquinas* (también llamada cuarto de calderas). Es un recinto destinado, exclusivamente para alojar las calderas y los equipos auxiliares y accesorios de la instalación propia de estas (bombas, suavizadores, contenedores, etc). Se prohíbe la utilización de la sala de calderas como almacén, así como la ubicación en la misma de depósitos de combustible o almacenamiento de los mismos, salvo lo que se permita y requiera para el funcionamiento de las mismas calderas.¹

Es pertinente agregar a esta definición diciendo:

La casa de máquinas es el local técnico donde se alojan los equipos para producción de frío o calor, agua para consumo humano y otros equipos auxiliares y accesorios de la instalación, como son los generadores eléctricos de emergencia, dosificadores eléctricos de agua y redes contra incendio.

El grupo de calderas es muy importante y su trabajo es crítico. El Ingeniero Químico, como jefe de mantenimiento, tiene que conocer muy bien el funcionamiento de los equipos y demás actividades en esta área para poder dar un mantenimiento eficiente y seguro, pues si una caldera no se controla correctamente puede quedar fuera de uso o incluso explotar, con todos los perjuicios que esto lleva (incluso se hablaría del cierre del hospital). De la sala de máquinas depende el agua caliente, el vapor para lavandería, cocina, calefacción y esterilización de equipo médico; controla la temperatura del agua y el aire para toda la institución de manera permanente, purifica y humecta el aire que circula en las diferentes instalaciones del Hospital.

¹ Ricardo Garcia San Jose. Sala de Calderas.

3.1. NECESIDADES DE AIRE, VAPOR Y AGUA

Deducido de las definiciones anteriores, la sala de máquinas se ocupa de generar y distribuir los siguientes servicios al Hospital:

- **Servicio de agua**
- **Servicio de vapor**
- **Servicio de climatización**

3.1.1 Servicios de agua

La Norma Oficial Mexicana NOM-197-SSA1-2000 establece que:

“Los establecimientos (sanitarios) deben tener un sistema de almacenamiento de agua que mantenga la potabilidad de la misma , en su caso, instalar los sistemas de tratamiento o de complemento que sean necesarios.”²

Una instalación para agua en un Hospital es imprescindible, no solo por aspectos puramente hosteleros (agua de bebida, para aseo, para cocina y de limpieza), sino también para aplicaciones sanitarias. En conjunto el sistema realiza la captación, tratamiento y almacenamiento de agua de la red y su distribución.

El esquema de funcionamiento es sencillo. El agua del suministro público llega a un aljibe de almacenamiento, donde es purificada para eliminar microorganismos, y posteriormente es distribuida en dos caudales distintos; uno para ser utilizado en calderas para generación de vapor, y otro que es enviada al inmueble mediante bombas con un grupo hidroneumático de presión, hasta las zonas mas elevadas del edificio, con las condiciones de caudal y presión requeridas.

² Norma Oficial Mexicana NOM-197-SSA1-2000, sección 6.1.4

Central de aguas. Es el lugar del edificio donde se alojan equipos de bombeo, filtrado, descalcificación, cloración, intercambio iónico, bombeo de agua potable de agua contra incendios, y de agua para red de riego y acumuladores.

Para determinar la presión de los niveles mas elevados del inmueble sanitario se necesita conocer la presión del agua en la base de las tuberías ascendentes así como la altura del mueble de mayor elevación. La pérdida debida a la altura de la columna debe ser de 0.43 libras por pie de altura. Por ejemplo, una tubería ascendente de 100 pies de altura de presión de 50 psi en la base tendrá solamente siete libras de presión en el remate, es decir, tendrá una pérdida de 43 libras. En general, una presión de 80 psi, puede elevar el agua hasta el octavo piso del edificio. Esta puede ser proporcionada por equipos hidroneumáticos en la casa de máquinas.

Sistema de agua caliente sanitaria. Una de las instalaciones mas importantes en los servicios de un hospital es la del agua caliente. Dicha instalación debe diseñarse para proporcionar el volumen necesario a la temperatura requerida en cada servicio.

El equipo para agua caliente debe tener capacidad suficiente y proporcionar 6 ½ galones de agua a 100 °F por hora por cama; 4 galones de agua a 180 °F por hora para cocinas y 4 ½ galones de agua a 180 °F por hora para la lavandería.

Calidad del agua. El agua para el inmueble hospitalario es para dos usos: 1) generación de vapor y 2) consumo humano. Para consumo humano, a pesar del tratamiento de potabilización que le da el servicio público, el agua debe estar libre de microorganismos, especialmente de las bacterias *legionella* o *neumophila* . Para ello se controla la población bacteriana mediante pruebas periódicas y purificar el agua por cloración permanentemente.

En el caso de uso para generación de vapor, el agua tiene que ingresar a las calderas con una calidad determinada. En la siguiente tabla se dan algunos datos.

Parámetros Analizados	Concentraciones permisibles (p.p.m)	
	Mínimo	Máximo
Dureza total	0	20
Alcalinidad F	25 0	500
Alcalinidad M	35 0	700
Cloruros	0	250
Fosfatos	30	60
Sulfitos	20	50
Sílice	0	20
Sólidos Disueltos Totales	-	3500

Tabla 3.1. Parámetros permisibles de agua para calderas medidas en partes por millón

En el caso del pH el rango es de entre 9 y 11 para agua de alimentación a calderas.

3.1.2 Servicios de vapor

El vapor generado se usa específicamente para esterilización de ropa y equipo médico en autoclaves, cocción de alimentos en la cocina y calefacción.

El vapor entregado para el inmueble requiere ser vapor sobrecalentado con una fracción de sequedad de 0.97.

3.1.3 Servicios de climatización

Por climatización se entiende el conjunto de condiciones que debe cumplir el aire para el bienestar físico tanto del personal como de los enfermos. Estas condiciones son:

1. **Humedad relativa.** Debe estar en un rango de entre 30 a 65 % en invierno y 40 a 65 % en verano
2. **Temperatura.** Debe ser de 21 °C en invierno y 23 °C en verano

3.2. PROCESOS DE ACONDICIONAMIENTOS

En el diagrama de bloques siguiente muestra los procesos por los que pasa el agua para uso hospitalario.

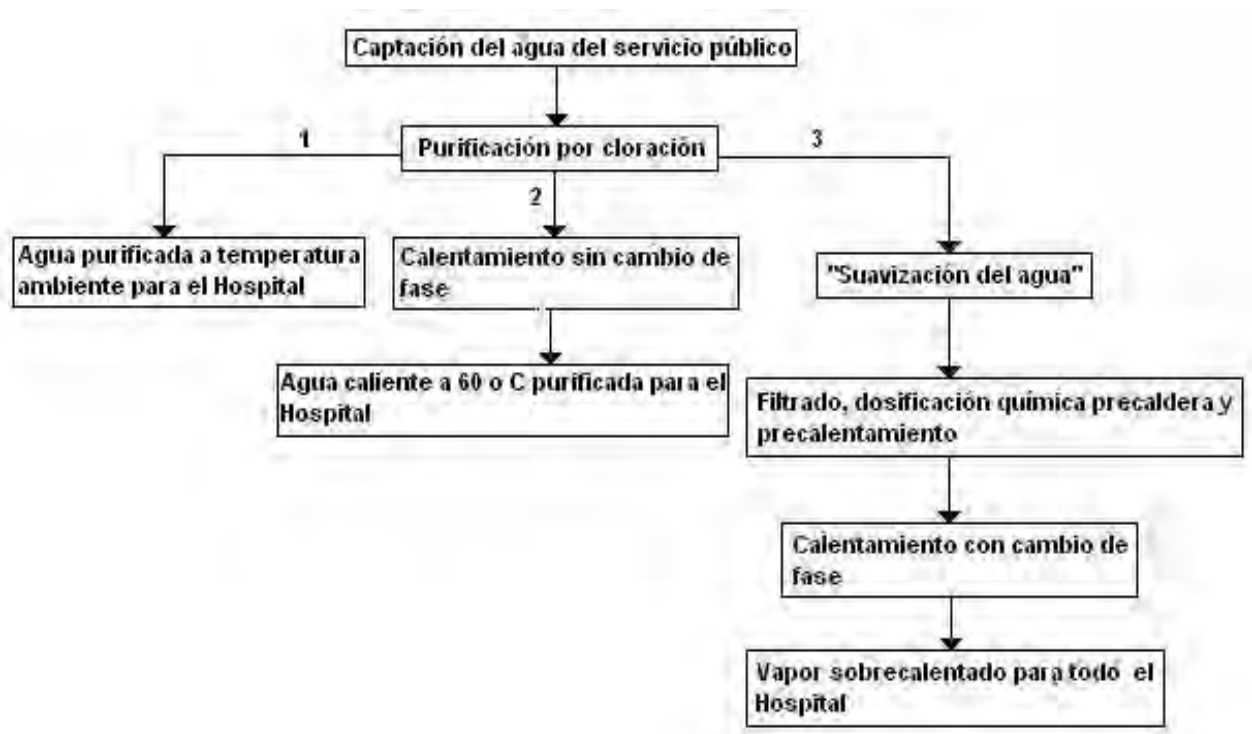


Diagrama 3.2.1. Diagrama de bloques para los procesos de acondicionamiento del agua para uso hospitalario

Las rutas marcadas con los números “1” y “2” son para agua en fase líquida, mientras que la ruta “3” es para fase gaseosa. Interpretese el diagrama 3.1 como un

proceso en si donde los cuadros finales en el mismo son productos finales a los que se quiere llegar.

La principal “materia prima” que se va a tratar es el agua del servicio público. Por lo tanto, para estudiar los procesos de acondicionamiento se propone dividirlos en las siguientes secciones:

- **Acondicionamiento de agua para consumo humano**
- **Acondicionamiento de agua para calderas**
- **Acondicionamiento del vapor para sistema de climatización**

Otra entrada que se considera en los procesos de acondicionamiento es el aire que suministra el sistema de climatización y por lo tanto, también se somete a un acondicionamiento.

3.2.1. Acondicionamiento de agua para consumo humano

Se refiere a tratar el agua que es recibida del servicio público, a pesar de que dicha agua es de carácter potable³ es decir que esta tratada previamente para beberse.

Según Pajares⁴, el agua de calidad apta para el ser humano cuando entra al sistema de distribución público, puede contaminarse a través de conexiones cruzadas, rotura de tuberías del sistema de distribución, conexiones domiciliarias, cisternas y depósitos defectuosos, grifos conrtraincendios dañados y durante la instalación de nuevas tuberías o reparaciones. Asimismo defectos de construcción en la estructura de pozos y depósitos, y factores secundarios que permiten el crecimiento de microorganismos en el agua dentro del sistema de distribución y

³ NORMA OFICIAL MEXICANA NMX-AA-089/1-1986. Protección al ambiente-calidad del agua -vocabulario-parte 1

⁴ PAJARES, Marchand. “Microorganismos indicadores de la calidad del agua de consumo humano en Lima Metropolitana

almacenamiento como: cantidad y calidad de nutrientes, oxígeno, temperatura, pH, concentración de desinfectante y material de tuberías.

Tipos de microorganismos patógenos. Se reconoce que el agua es uno de los principales vehículos transportadores de microorganismos causante de enfermedades provenientes del aparato digestivo del hombre y de otros animales. La tarea de la desinfección del agua potable es la eliminación de las bacterias patógenas y la inactivación de los virus patógenos. Los servicios médicos tienen muy en cuenta controlar especialmente la población de la bacteria *legionella pneumophila*.

Dos hechos son bien sabidos: a) las bacterias *de legionella* son extensas en ambientes de agua tanto fría como caliente; y b) la *legionellosis* es una enfermedad muy silenciosa pero contundente. Según Katarzyna⁵ El inicio del *legionellosis* es un resultado de muchos factores incluyendo la salud de la persona expuesta, la virulencia de cualquier tensión bacteriana particular y la dosis infecciosa recibida. Están en riesgo particular los mas viejos, pacientes tratados por períodos largos por los antibióticos inmunodepresores como son aquellos con transplantes o en tratamientos de cáncer , diabéticos, fumadores y gente con infecciones crónicas de la zona respiratoria. Esta es la razón por la que la contaminación de sistemas de agua caliente en hospitales con *legionella* es una amenaza muy seria para los servicios sanitarios.

El crecimiento de *legionella* está en función de la temperatura. En un rango de entre 20-40 °C favorece su crecimiento, mientras que en un rango de entre 60-70 °C se elimina⁶. Por ende, una manera de eliminar la bacteria es calentando el agua, pero claro esto no es viable para sistemas de agua fría. La forma mas efectiva

⁵ Katarzyna. “The Influence of Contamination of a Hospital Hot-water System with *Legionella pneumophila*”

⁶ KUSNETSOV, J.M. “Efficacy of the three prevention strategies against legionella in cooling water systems”

de desinfección para este tipo de sistemas es mediante algún agente químico, generalmente se usa la cloración.

Esterilización y desinfección del agua. La esterilización de un material implica que se realizó un proceso de eliminación de todas las formas de vida en ese medio, es decir que está completamente libre de gérmenes vivos, y no puede hablarse de un material “quasi” o semi-estéril. Por su parte, el proceso de desinfección se usa sólo para destruir microorganismos patógenos (infecciosos), sin que necesariamente se hayan destruido todos los microorganismos.

La evaluación de la eficiencia de las técnicas para la desinfección y esterilización para la inactivación de microorganismos, demuestra que cada una de ellas presenta ventajas y desventajas. La esterilización se realiza utilizando, principalmente, agentes físicos (calor seco o húmedo) y, en algunos casos, membranas de filtración. En contraposición, en un proceso de desinfección normalmente se utilizan sustancias químicas, denominadas desinfectantes. *El presente trabajo solo mencionará estos últimos.*

Métodos de desinfección de agua. Entre los agentes químicos de desinfección más utilizados, se destacan el cloro elemental gaseoso (Cl_2), el hipoclorito (ClO^-), la mezcla de cloro con amoníaco (Cl_2/NH_3) que forman cloramina, el dióxido de cloro (ClO_2), el ozono (O_3) y el permanganato de potasio (KMnO_4).

Tratamiento	Efecto bactericida
O_3	+++
Cl_2	++
ClO_2	++
Cloroaminas	+
UV	++
Colorantes/ luz visible	+
Irradiación γ	+++

Tabla 3.2.1. Tratamientos para aguas y su poder desinfectante.

El ozono, O₃, al igual que el dióxido de cloro, es inestable y no puede ser transportado ni almacenado y, por lo tanto, debe ser producido *in situ*. Las especies oxidantes son el propio O₃ o los radicales hidroxilo. En comparación con Cl₂, ClO₂ y las cloraminas, es muy eficiente en bajas concentraciones, y más efectivo en la inactivación de patógenos, incluyendo bacterias, protozoarios y virus. También sólo debe ser utilizado como desinfectante primario, pues no tiene efecto residual en agua. El O₃ no forma subproductos de desinfección (SPD) organoclorados, pero pueden aparecer compuestos bromados si el agua contuviera bromuros, además de otros productos orgánicos tales como aldehídos o cetonas.

El permanganato (MnO₄⁻) se obtiene a partir del dióxido de manganeso (MnO₂). Se trata de un compuesto bastante oxidante, y es utilizado principalmente en el control de olor y sabor, remoción de color y control de crecimiento de microorganismos en estaciones de tratamiento de aguas. También remueve hierro y manganeso, y puede ser útil en la remoción y en el control de precursores de THM y otros subproductos antes del uso de otros desinfectantes. El permanganato de potasio inhibe el crecimiento de bacterias (por ejemplo, coliformes, *Vibrio cholerae*, *Salm. Typhi* y *Bact. Flexner*) y virus (polivirus, bacteriófagos).

La radiación UV es una alternativa de creciente aplicación en la desinfección de aguas de abastecimiento y residuales. Se ha comprobado fehacientemente que la radiación UV es eficiente en la inactivación de bacterias, virus (colifago, virus de la hepatitis A, polivirus y rotavirus) y protozoarios (por ejemplo, cistos de *Giardia lamblia* y *Giardia muris*, *Acanthamoeba rhyodes* y *Cryptosporidium*). No se forman subproductos durante la desinfección, y para mantener un efecto residual es habitualmente necesaria la adición de otros agentes químicos.

Por cloración se entiende la adición de cloro al agua. Una de las desventajas de la utilización del cloro es la posible formación de compuestos orgánicos clorados, como triclorometano por reacción con los contaminantes orgánicos.

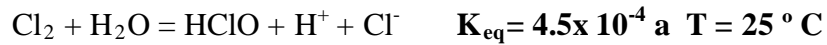
Las cloraminas se forman por reacción del cloro con amoníaco. De las varias especies formadas en esta reacción, la monocloroamina (NH_2Cl) es la activa para la desinfección de agua potable. En comparación con otros desinfectantes menos eficientes para la inactivación de virus y protozoarios, la mezcla cloro/amoníaco provee un efecto residual que la hace útil como desinfectante secundario, para evitar el crecimiento biológico en los tanques de almacenamiento y puntos finales de redes.

El dióxido de cloro también es un oxidante eficiente. Se obtiene normalmente por reacción del Cl_2 , HClO ó HCl con el clorito de sodio. El ClO_2^- es efectivo en la destrucción de patógenos como *Giardia* y *Cryptosporidium*.

Sistemas de dosificación por cloración para uso hospitalario. La práctica ha probado, a la fecha, ser un método confiable y barato de desinfección en los tratamientos de agua potable y de exitosamente evitar la reaparición de bacterias en las tuberías. En todo lugar en que la cloración ha sido usada para la desinfección, ya no han vuelto a ocurrir las severas epidemias debidas al agua potable contaminada.

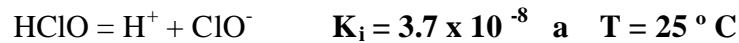
Su uso está muy extendido porque tiene varios aspectos atractivos: logra la inactivación efectiva de una gran gama de patógenos comúnmente encontrados en las aguas, su costo es bajo, y tiene un efecto residual fácilmente controlado y monitorizado que protege al agua de una reinfección.

Cuando el cloro gas (Cl_2) se añade al agua tienen lugar dos reacciones: hidrólisis e ionización. La hidrólisis puede definirse como:



Como el valor de la constante de equilibrio K_{eq} es elevado se pueden disolver grandes cantidades de Cl_2 en agua.

La ionización puede definirse como la siguiente reacción:



Esta ecuación explica que la proporción de ácido hipocloroso disociado es función del pH. A pH bajos, el cloro se encuentra predominantemente como HClO, a pH e 8 predominan los iones hipoclorito (ClO^-), existiendo éstos exclusivamente para valores del pH del orden de 9.5 ó superiores.

El cloro que existe en el agua en forma de ácido hipocloroso (HClO) o de iones hipoclorito (ClO^-) se conoce con el nombre de cloro disponible libre. La distribución relativa de estas dos formas es muy importante ya que la eficacia de la mortandad de microorganismos con HClO es de 40 a 80 veces que con ClO^- .

Los sistemas de desinfección pueden ser suministrados como cloro gaseoso, dióxido de cloro, hipoclorito de sodio y hipoclorito de calcio. La tabla 3.1 muestra los detalles importantes para los principales sistemas por cloración.

Requisitos de cloro. Los requisitos de cloro deben saberse antes de la cloración. El exceso de cloro en el agua de riego, puede causar daños a los cultivos, si son plantas o árboles jóvenes. Por otra parte, los niveles demasiado bajos no resuelven los problemas asociados con el crecimiento de microorganismos en el agua de riego. La cloración deberá adaptarse a la cantidad de agua y al consumo de cloro.

Para cloro, un máximo de 1.2 g/l es lo prescrito. Sin embargo, el valor de cloro no debe exceder 0.3 g/l en el punto de suministro dentro de la red del agua potable.

Desinfectante	Notación química	Estado de agregación	Características comerciales	Modo de aplicación
Cloro gaseoso	Cl ₂	Gas	Licuada en cilindros de acero de 50 kgs y 65 kgs ó tanques de acero de 500 kg o 1,000 kg. Pureza de 99.5% Cl ₂ máx. Concentración de 20 p.p.m al H ₂ O para efecto desinfectante. Presentación en soluciones acuosas con 0.3-3 g/L Cl ₂ o producido en sitio por electrólisis por medio de cloruro de sodio o ácido clorhídrico.	Los cloradores operan por principio de vacío total y solamente son usados para la cloración directa. En el tratamiento de agua, cloración indirecta significa que una solución de cloro es producida en sitio utilizando cloro gaseoso y agua. Vacío total significa que existe un vacío en toda la instalación, por ejemplo: desde el cilindro de cloro, hasta el punto de inyección.
Hipoclorito de Sodio	NaClO	Líquido en solución acuosa	Solución comercial con 150-170 g/L de cloro efectivo, la solución de hipoclorito de sodio solución acuosa de sodio contiene aprox. 12 g/L de sosa cáustica y por consiguiente es fuertemente alcalina. Valor de pH de 11.5 a 12.5, contiene como subproducto aprox. 140 g/L de cloruro de sodio (NaCl) y aprox. 5 g/L de clorato de sodio (NaClO ₃) así como bromato de sodio (NaBrO ₃), es difícil de almacenar, se descompone. Producido en sitio por electrólisis por medio de una solución de cloruro de sodio. Concentración efectiva en la solución de 8.25 g/L dependiendo del proceso de electrólisis. La solución de hipoclorito de sodio producida por medio de la salmuera tiene un valor de pH de 9 a 10.	Se dispone comercialmente como una solución al 150-170 g/L de cloro efectivo y puede ser adquirido desde los proveedores químicos. Bombas de diafragma son controladas por un sistema automático de medición y de control dosifican por goteo el reactivo directamente en el agua.
Hipoclorito de calcio	Ca(ClO) ₂	Sólido (en forma de gránulos o tabletas)	Comercialmente disponible en polvo, gránulos o tabletas; el hipoclorito de calcio debe contener un mínimo de 65% de cloro activo, además contiene 4-7% de sustancias no solubles en agua y un mínimo de 5% de H ₂ O, se usa como solución al 1 a 5%, el valor de pH de la solución es 10-11. Para preparar una solución medidora, se usan sólo gránulos del 65 al 75 por ciento de cloro efectivo, dependiendo del producto. Deben utilizarse tanques de disolución de fondo inclinado.	En la preparación de la solución medidora, ya que el hipoclorito de calcio contiene cerca de un 10 % de materiales no solubles, que son decantados en un tiempo de 30 minutos. Se obtiene una solución clara de hipoclorito de calcio. Para su dosificación se prefieren bombas de diafragma, que son controladas por un sistema neumático automático de control y medición
Dióxido de cloro	ClO ₂	Líquido	Generado en sitio por medio de cloro gas y solución de clorito de sodio o por medio de ácido de cloro solución acuosa clorhídrico y solución de clorito de sodio, la concentración de la solución es de 0.5-4.0 g/l de ClO ₂ .	Se dispone de los generadores de dióxido de cloro en diferentes gamas de capacidad: de 5 a 250 g / H ClO ₂ , hasta los sistemas para producir hasta 5 Kg/H de ClO ₂ .

Tabla 3.2.2 . Características principales de los sistemas de cloración

Un máximo de 0.4 g/L de dióxido de cloro debe ser agregado al agua potable. En el caso de un agua correctamente tratada, 0.15-0.20 mg/L normalmente es suficiente. En general, la cantidad agregada deberá ser ajustada y minimizada a la aplicación individual. Los siguientes, son los posibles modos de control:

- La cantidad de solución de cloro o de dióxido de cloro agregada depende del flujo y volumen total del agua y es controlado por una señal de flujo análoga o digital.
- La dosificación depende del valor del residual medido, si el suministro del agua es constante pero varía el consumo de cloro/ dióxido de cloro. La cantidad de cloro o dióxido que debe agregarse es determinada por la concentración medida. En este caso deberá ser conectada una señal de control externo. En la práctica, es importante que el equipo de medición cloro/dióxido de cloro, suministre también valores exactos por más largos períodos de tiempo, sin mayores maniobras de mantenimiento.
- Dosificación por control combinado: El mejor y más preciso método para el control de la calidad del agua potable es el uso de las dos cantidades medidas (flujo de agua y residual de cloro/dióxido de cloro). Un control externo calcula una tasa de control como función de una cantidad a controlar (ejemplo: señal de flujo). Esta cantidad a controlar resulta en una cantidad constante medida, la cual es controlada, adicionalmente, con base en un valor previamente ajustado. (ejemplo: concentración de ClO_2).
- La solución inicial de cloro o de dióxido de cloro en operación al tandeo, puede ser dosificada ya sea por bombas dosificadoras o por inyectores succionadores.

3.2.2 Acondicionamiento de agua para calderas

La facilidad de deposición de sustancias y la corrosión de las partes metálicas son aspectos que han de tenerse presentes al diseñar los sistemas de vapor, ya que ellos influyen muy significativamente y son consecuencia de la circulación del agua y de la velocidad de transferencia de calor.

Aunque el agua utilizada para todo proceso del hospital sea potable, eso no significa que sea adecuada para usarse en calderas o en la producción de vapor. Lo que necesita el líquido es estar libre de sales alcalinotérreas en solución, que pueden provocar depósitos al precipitarse e incrustarse en las superficies metálicas de tubos y aparatos.

El acondicionamiento del agua para alimentación a calderas es el tratamiento que se da al agua para evitar y reducir problemas en la generación de vapor. Dichos problemas son:

- **Incrustaciones y depósitos**
- **Corrosión**

Importancia de los tratamientos anti incrustantes. La formación de incrustaciones y depósitos de fango se debe a contaminantes en el agua que entre a la caldera, productos de corrosión interna del sistema y/o contaminantes introducidos en el condensado por fugas.

Las incrustaciones se producen sobre las superficies metálicas y calientes. Durante el proceso de evaporación del agua las sustancias contaminantes se concentran en la fase líquida formando una película sobre el metal. Los componentes solubles se redisuelven en el agua que reemplaza a la burbuja de vapor formada anteriormente, pero las sustancias insolubles tienden a precipitar sobre la superficie del metal.⁷

Debido a la calidad no adecuada del agua de alimentación a la caldera, se forman incrustaciones en las superficies interiores de los tubos en las calderas acuotubulares o en el exterior de los tubos en las pirotubulares. Estas incrustaciones crean igualmente una película cuyo coeficiente de transmisión de calor es pequeño, de tal forma, que disminuye el coeficiente de transmisión total, con la consecuente baja en la eficiencia de la caldera.

El coeficiente de transmisión de calor considerando el efecto de las incrustaciones se determina con la siguiente ecuación:

$$K = \frac{1}{\left(\frac{1}{h_h} + \frac{e_{inc}}{\lambda_{inc}} + \frac{e_c}{\lambda_c} + \frac{1}{h_{wi}} \right)}$$

⁷ POWELL, Shepard. “Acondicionamiento de aguas para la industria”

Donde:

- K es el coeficiente de transferencia de calor de los elementos de la caldera (kcal/ h*m²*° C)
- e_{ins} es el espesor de las incrustaciones (m).
- λ_{ins} es el coeficiente de conductividad térmica de las incrustaciones
- h_h es el coeficiente de convección-radiación de los humos (kcal/h* m²* °C).
- h_w es el coeficiente de convección-radiación del agua (kcal/h* m²* °C).
- e_c es el espesor de los elementos de la caldera (m).
λ_c es el coeficiente de conductividad térmica de los elementos de la caldera (kcal/h* m* °C).

Las incrustaciones calcáreas tienen una conductividad térmica aproximada de 0,8 kcal/h*m*°C.

Con éstos datos se tienen los coeficientes de transmisión de calor indicados en la tabla 3.2.

Espesor de la incrustación (mm)	Valor de K (kcal/h*m²*° C)	Disminución de la transmisión de calor (%)
0	47.34	-
1	44.69	5.59
2	42.33	11.21
3	40.20	16.86
4	38.28	22.54
5	36.53	28.53
6	34.93	33.95
7	33.47	39.69
8	32.13	45.44
9	30.19	51.22
10	29.74	56.97

Tabla 3.3.3 Disminución de coeficiente de transferencia de calor en una caldera en función del espesor de las incrustaciones⁸

Con los datos anteriores se deduce que al aumentar el espesor de la incrustación en la tubería, disminuye el valor del coeficiente de transferencia de calor, K, lo que significa que también disminuye de transmisión de calor.

La acumulación de lodos en los tubos dificulta la transferencia de calor resultando así en un sobrecalentamiento del metal que puede llegar a la rotura. Es por esta razón que los tratamientos anti incrustantes son de suma importancia en el mantenimiento a calderas.

Los tratamientos se pueden dividir en dos tipos: externos e internos.

Tratamientos anti incrustantes externos. Se incluyen dentro de este tipo de tratamientos todos aquellos que convencionalmente pueden ser aplicados al agua bruta de alimentación de las calderas. La finalidad de los mismos será reducir las impurezas que originen incrustaciones en los equipos e instalaciones. Los métodos de tratamiento externo pueden implicar una o varias actuaciones individuales, combinadas o secuenciales, seleccionándose en cualquier caso la alternativa que resulte más económica

Generalmente, con la finalidad de eliminar el color y las partículas suspendidas presentes en el agua bruta de alimentación, el primer tratamiento externo que suele diseñarse es la clarificación.

El proceso de clarificación consta de tres partes:

- **Coagulación.** Se debe neutralizar la carga superficial de las partículas, a fin de vencer la fuerza de repulsión entre ellas.
- **Floculación.-** Las partículas deben unirse entre sí para formar otros cuerpos de mayor tamaño que tenderán a asentarse con rapidez.
- **Sedimentación.-** Es el proceso de asentamiento por la acción de la gravedad de los sólidos suspendidos.

Existen coagulantes catiónicos (carga positiva) inorgánicos de muy bajo peso molecular como: sulfato de aluminio, cloruro férrico, sulfato férrico, sulfato ferroso, aluminato de

⁸ Ricardo García San José. Calderas de agua caliente.

sodio y policloruro de aluminio. Estos productos reaccionan con la alcalinidad del agua para formar hidróxidos insolubles cargados eléctricamente. Regularmente cada coagulante tiene un rango de pH específico donde funcionan más eficientemente.

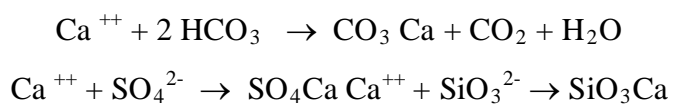
Debido a que los coagulantes tienen cargas de signo opuesto a la de los sólidos en suspensión, estos neutralizan la carga superficial de la partícula. Al neutralizar la carga superficial, las partículas podrán chocar una con otra fácilmente y las fuerzas de Van der Waals facilitan que se aglomeren para formar sólidos ligeramente más grandes llamados microfloculos⁹.

Entre los coagulantes orgánicos se encuentran los poli electrolitos catiónicos de bajo a mediano peso molecular: policloruro de dialildimetilamonio, poli-epiaminas y melanina-formaldehído. Debido a que el coagulante orgánico tiene muchos sitios cargados disponibles, es capaz de atraer y neutralizar muchas partículas coloidales en suspensión para formar floculos muy pequeños.

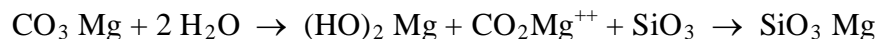
El agua obtenida es un líquido claro después de la sedimentación pero puede tener aún pequeñas, y en todo caso, variables cantidades de sustancias suspendidas, que se eliminan por filtración. La filtración suele realizarse en filtros de presión y en filtros gravitatorios. Generalmente es suficiente con utilizar los sistemas más simples y económicos, bien en forma individual, bien consecutivamente.

La dureza del agua, debida a la presencia de iones calcio y magnesio en el agua bruta, puede reducirse por adición de sustancias que originen su precipitación, resultando sales insolubles de calcio y magnesio.

Las reacciones químicas principales que se producen en el agua de calderas con las sales presentes por el agua de aporte son las siguientes:



⁹ GONZALES, Bauza J.C. "Tratamiento externo e interno de agua de calderas. Influencia en el coste de vapor producido".



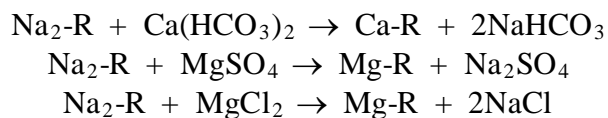
Para tratar el agua dura se dispone de un proceso precaldera de suavización por intercambio iónico. Éste consiste en el paso del agua dura a través de una cama de resina de intercambio iónico contenida en un recipiente, el intercambio iónico se realiza entre iones calcio y magnesio disueltos en el agua y los iones sodio unidos a una matriz de polímero sintético, por un proceso de equilibrio reversible.

El intercambio se realiza rápidamente, de manera que cualquiera que sea el contenido de calcio o magnesio, el tiempo de contacto al pasar por el agua a través de la resina es suficiente para completar la reacción de intercambio. El agua saldrá suavizada hasta que se agoten los sitios activos de intercambio de la resina. La resina de intercambio iónico que se usa normalmente, puede remover los iones calcio y magnesio unidos a cualquier anión (bicarbonatos, cloruros, sulfatos, etc.).

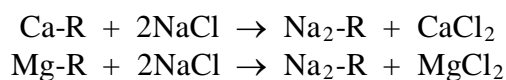
Para regenerar la capacidad de intercambio iónico de la resina se hace pasar una solución muy concentrada de cloruro de sodio, con objeto de invertir el equilibrio de la reacción realizada durante el ciclo de servicio o agotamiento. Este paso se llama regeneración y tiene por objeto sustituir por iones sodio a los iones calcio y magnesio fijados a la resina durante el servicio de suavización.

Las reacciones de intercambio ionico son las siguientes:

Suavización:



Regeneración:



Tratamientos anti incrustantes internos. Por lo común, se consideran tratamientos internos todas las dosificaciones de productos químicos que acondicionan el agua ya tratada con la que se pretende alimentar la caldera, y entre ellos cabe citar en primer lugar los controles del agua con carbonatos y con fosfatos¹⁰.

El control del agua con carbonato sódico, y frecuentemente con hidróxido sódico, se realiza preferentemente para precipitar o eliminar sustancias como calcio, magnesio o sílice en forma de carbonatos, hidróxidos y silicatos, generando lodos o barro no adherentes.

Para complementar este objetivo se dosifican acondicionadores de lodos tales como polímeros orgánicos, los cuales aseguran una correcta anti adherencia de los mismos. El control con fosfatos se conoce y recomienda desde principios de siglo con la finalidad de transformar las sales de calcio y magnesio de tal manera que puedan ser dispersadas y eliminadas. Fosfato sódico, fosfato ácido de sodio, metafosfato sódico o pirofosfato sódico son utilizados como precipitantes de hidróxido magnésico, silicato magnésico o fosfato cálcico. El fosfato sódico puede también ser utilizado para controlar el pH de las calderas, sin necesidad, por tanto, de utilizar hidróxido sódico, y evitando en esta forma las reacciones negativas asociadas con este último producto, entre las que se destaca la destrucción de la película protectora de magnetita. Ambos controles son eficaces en la eliminación del dióxido de carbono presente en el agua, con lo que se podrá evitar la formación del ácido carbónico y, por tanto, impedir un ataque ácido sobre las superficies de las calderas, es decir, su corrosión.

Cuando estos tratamientos internos se realizan a fin de controlar las incrustaciones, es en general aconsejable, mantener el agua de la caldera en el rango de 10,5 a 11,5 de pH, y establecer una dosis de fosfato residual de 20 a 50 ppm.

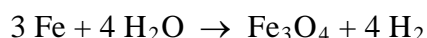
Origen de la corrosión. Para que esta aparezca la corrosión, es necesario que exista presencia de agua en forma líquida, el vapor seco con presencia de oxígeno no es corrosivo, pero los condensados formados en un sistema de esta naturaleza los son. Otro factor

¹⁰ RIGOLA, Lapeña Daniel. "Tratamiento de aguas industriales: aguas de proceso y residuales".

En las líneas de vapor y condensado, se produce el ataque corrosivo más intenso, mas precisamente en las zonas donde se acumula agua condensada. La corrosión ocurre a un bajo valor de pH, el dióxido de carbono abarca por si mismo los metales del sistema y acelera la velocidad de la corrosión del oxígeno disuelto cuando se encuentra presente en el condensado.

El oxígeno disuelto ataca las tuberías de acero al carbono formando montículos o tubérculos, bajo los cuales se encuentra una cavidad o celda de corrosión activa: esto suele tener una coloración negra, formada por un óxido ferroso- férrico hidratado.

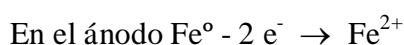
Una forma de corrosión que suele presentarse con cierta frecuencia en calderas, corresponde a una reacción de este tipo:



Esta reacción se debe a la acción del metal sobrecalentado con el vapor.

Otra forma frecuente de corrosión, suele ser por una reacción electroquímica, en la que una corriente circula debido a una diferencia de potencial existente en la superficie metálica.

Los metales se disuelven en el área de más bajo potencial, para dar iones y liberar electrones de acuerdo a la siguiente ecuación:

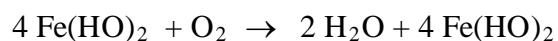


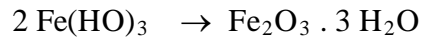
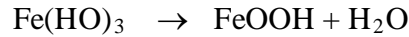
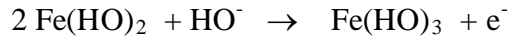
Los iones oxidrilos (HO^-) formados en el cátodo migran hacia el ánodo donde completan la reacción con la formación de hidróxido ferroso que precipita de la siguiente forma:



Si la concentración de hidróxido ferroso es elevada, precipitará como flóculos blancos.

El hidróxido ferroso reacciona con el oxígeno adicional contenido en el agua según las siguientes reacciones:





Otra causa de corrosión puede ser el vapor de agua a altas temperaturas. El acero al carbón soporta la oxidación hasta una temperatura de 480 °C.

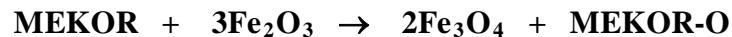
Tratamientos anticorrosivos. El uso de la hidrazina como un efectivo eliminador de oxígeno-pasivador en sistemas de generación de vapor ha sido bien documentado en la industria durante los últimos 40 años. La sustancia orgánica llamada metil-etil-cetoxima, conocida con el nombre comercial de **MEKOR**, elimina el oxígeno para proteger al sistema de corrosión por picaduras y además pasiva las superficies de hierro y cobre formando capas protectoras de magnetita y cuprita

El **MEKOR** reacciona de tres formas diferentes con el oxígeno para proteger al sistema de generación de vapor:

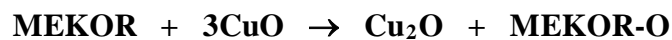
1. Principalmente, el **MEKOR** reacciona con el oxígeno disuelto.



2. Reacciona con el oxígeno del óxido férrico (Hematita) para formar superficies pasivadas de óxido ferroso (Magnetita).



3. Reacciona con el oxígeno del óxido cúprico (Tenorita) para formar superficies pasivadas de óxido cuproso (Cuprita).



Sin el uso de algún eliminador de oxígeno-pasivador, el oxígeno disuelto participa en las reacciones de corrosión que revierten al fierro metálico y magnetita a óxido férrico

(Herrumbre). El **MEKOR** convierte al ion férrico a ion ferroso, que es más soluble y puede ser eliminado fácilmente por medio de las purgas continuas.

La reacción de corrosión del óxido férrico es repetitiva, por lo que se pierde fierro del sistema en forma constante. El **MEKOR** forma una barrera protectora de magnetita que protege al sistema de la corrosión.

3.2.3. Acondicionamiento del aire para sistema de climatización

La sección de **acondicionamiento de aire** define el tratamiento al que es sometido el aire de ingreso al inmueble.

Los sistemas de climatización utilizados en hospitales son aquellos llamados todo aire a volumen constante. Estas a su vez se dividen en *simples* y *multizona*, siendo estos últimos los de uso mas frecuente y los únicos que se analizarán en este trabajo.

Sistemas multizona. En estos sistemas se atiende a un local o grupo de locales que constituyen una única zona climatizada del edificio, mediante un conducto único, operado por un termostato

Muchas veces los espacios de una misma zona deben atenderse con aire frío y caliente en forma simultánea, por ello, los sistemas todo aire multizona de volumen constante, permiten ajustar los requisitos zonales, y por ello, se diseñan para modificar la temperatura de impulsión a las mismas, generalmente mediante los siguientes métodos:

- **Recalentamiento**
- **Distribución de doble núcleo**

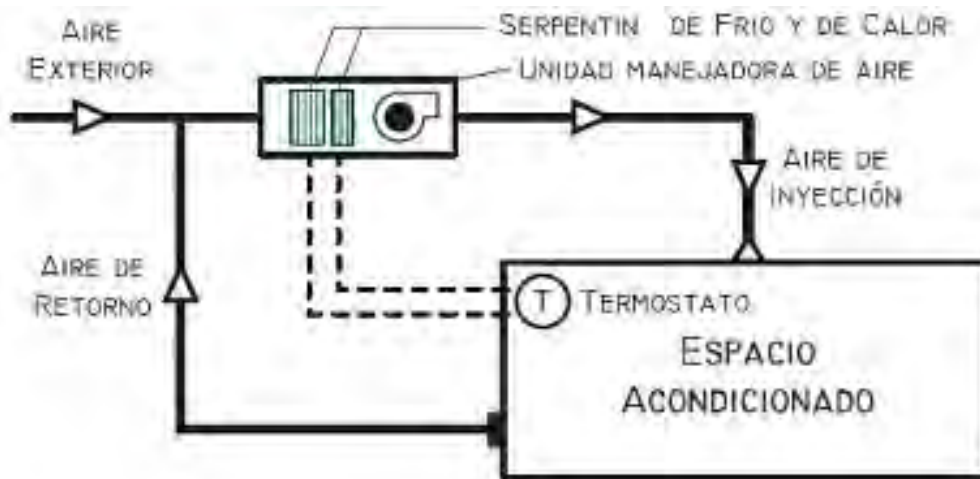


Figura 3.2.1. Equipo básico de un sistema todo aire multizona

Método recalentamiento. Se basa en tratar centralmente el aire empleando un solo conducto de distribución para todas las zonas, *recalentando* el aire mediante una batería calefactora comandada por un regulador de temperatura en los locales o grupos de locales servidos.

Método doble conducto. En estos sistemas, la unidad central suministra dos flujos de aire con temperaturas distintas, se mezclan las cantidades de aire necesarias de manera que alcancen la temperatura exacta del aire a inyectar. En la central primaria de acuerdo a las necesidades se efectúa el calentamiento y refrigeración en cada conducto o zona de distribución mediante baterías de calor y frío y el aire se transporta mediante el ventilador a través de dos sistemas de conductos separados a los locales a abastecer. La mezcla de ambos caudales se efectúa en una caja motorizada individual para cada local a climatizar o eventualmente en difusores especiales con cajas de regulación incorporadas y en general se emplea un solo sistema de conductos de retorno a la unidad de tratamiento central.

3.3. DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS

El cuarto de calderas se divide en varios sistemas especializados, cada uno con sus respectivos equipos de trabajo, los cuales son:

- **Sistema de agua caliente sanitaria (A.C.S) y calderas**
- **Sistema de tratamiento por intercambio iónico para agua de alimentación de calderas**
- **Sistema de aire acondicionado**

Por motivos prácticos para este trabajo, solo se hará una descripción de los equipos sin llegar a profundizar demasiado en su diseño, por los motivos ya dichos al principio del capítulo 2. *Sin embargo, a modo de informar al lector, en el **Anexo B** se dan algunos criterios básicos de selección y diseño de equipos principales para la sala de máquinas.*

3.3.1 Sistema de agua caliente sanitaria y calderas

Los sistemas de A.C.S son aquellos que distribuyen agua de consumo sometida a algún tratamiento de calentamiento.

Los equipos que constituyen un sistema de A.C.S son:

- **Caldera**
- **Acumulador**

Tipos de caldera. Existen varias formas de clasificación de calderas, entre las que se pueden señalar:

a) Según su utilización:

- de vapor
- de agua caliente
- Móvil o portátil
- fija o estacionaria

b) Según la presión de trabajo:

- baja presión 0 a 2.5 Kg/cm²

- media presión 2,5 a 10 Kg/cm²
- alta presión 10 a 225 Kg/cm²
- supercríticas más de 225 kg/cm²

Según la circulación de agua dentro de la caldera:

- Circulación natural : el agua se mueve por efecto térmico
- Circulación forzada: el agua se hace circular mediante bomba.

Sin embargo, la clasificación más aceptada se basa en la circulación del agua y de los gases calientes en la zona de tubos de las calderas. Según esto se tienen dos tipos generales de calderas:

- a) **Calderas piro-tubulares.** Básicamente son recipientes metálicos, comúnmente de acero, de formas cilíndricas o semicilíndricas, atravesados por grupos de tubos por donde circulan los gases de combustión.

Por problemas de resistencia de materiales, su tamaño es limitado. Sus dimensiones alcanzan a 4,5 m. de diámetro y 10 m. de largo. Se construyen para capacidades máximas de 15.000 kg/h de vapor y sus presiones de trabajo no superan a 18 kg/cm². Pueden producir agua caliente o vapor saturado. En el primer caso se les instala un estanque de expansión que permite absorber las dilataciones del agua. En el caso de calderas de vapor poseen un nivel de agua a 10 o 20 cm. sobre los tubos superiores.

A algunas calderas mixtas se les instala un banco de tubos recalentadores de vapor, ubicado en el hogar o cerca de él.

Entre sus características se puede mencionar;

- sencillez de construcción
- facilidad de inspección, reparación y limpieza
- gran peso.

- b) **Calderas acuotubulares.** Se componen de uno o más cilindros que almacenan el agua y vapor (colectores) unidos por tubos de pequeño diámetro por donde circula

el agua. Estas calderas son apropiadas cuando los requerimientos de vapor, en cantidad y calidad son altos. Se construyen para capacidades mayores a 5000 kg /h de vapor (5 ton/h), con valores máximos, en la actualidad de 2000 ton/h.

Permiten obtener vapor a temperaturas del orden de 500 °C y presiones de 200 kg/cm² o más. Debido a que utilizan tubos de menor diámetro, aceptan mayores presiones de trabajo, absorben mejor las dilataciones y son más seguras. Su peso en relación a la capacidad es reducido. Requieren poco tiempo de puesta en marcha y son más eficientes. No se construyen para bajas capacidades debido a que su construcción más compleja las hacen más caras que las calderas piro-tubulares

Componentes de una caldera. Las principales partes que componen a una caldera son:

- **Alimentadores.** El área requerida para la parrilla, para un tipo y una capacidad dados de un alimentador, se determina por la rapidez máxima permisible de quemado por pie cuadrado, establecida por experiencia. El límite práctico de salida de vapor, en calderas con alimentación mecánica del combustible es cerca de 400 000 lb/h.
- **Pulverizadores.** Los pulverizadores de inyección directa tienen la capacidad para pulverizar 100 toneladas por hora. El pulverizador proporciona la mezcla activa necesaria para secar el porcentaje de materia volátil en el combustible y tiene una relación directa con la temperatura recomendada del aire primario para la combustión.
- **Quemadores.** El propósito principal de un quemador es mezclar y dirigir el flujo de combustible y aire de tal manera que se asegure el encendido rápido y la combustión completa. En los quemadores de carbón pulverizado, una parte del 15 al 25% del aire, llamada aire primario, se mezcla inicialmente con el combustible para obtener un encendido rápido y actuar como un medio de transporte del combustible. La porción restante o aire secundario se introduce a través de registros en la caja de viento.

El quemador de tipo circular está diseñado para quemar carbón mineral y puede equiparse para quemar cualquier combinación de los tres combustibles principales,

se deben tener las precauciones adecuadas para evitar la formación de coque en el elemento carbón, si se esta quemando combustóleo y carbón mineral. Este diseño tiene una capacidad hasta de 165 millones de Btu/h para el carbón, y mas elevada para combustóleo o gas.

- **Hogares.** Un hogar es una cámara donde se efectúa la combustión. La cámara confina el producto de la combustión y puede resistir las altas temperaturas que se presentan y las presiones que se utilizan. Sus dimensiones y geometría se adaptan a la velocidad de liberación del calor, el tipo de combustible y al método de combustión, de tal manera que se haga lo posible por tener una combustión completa y se proporcione un medio apropiado para eliminar la ceniza.

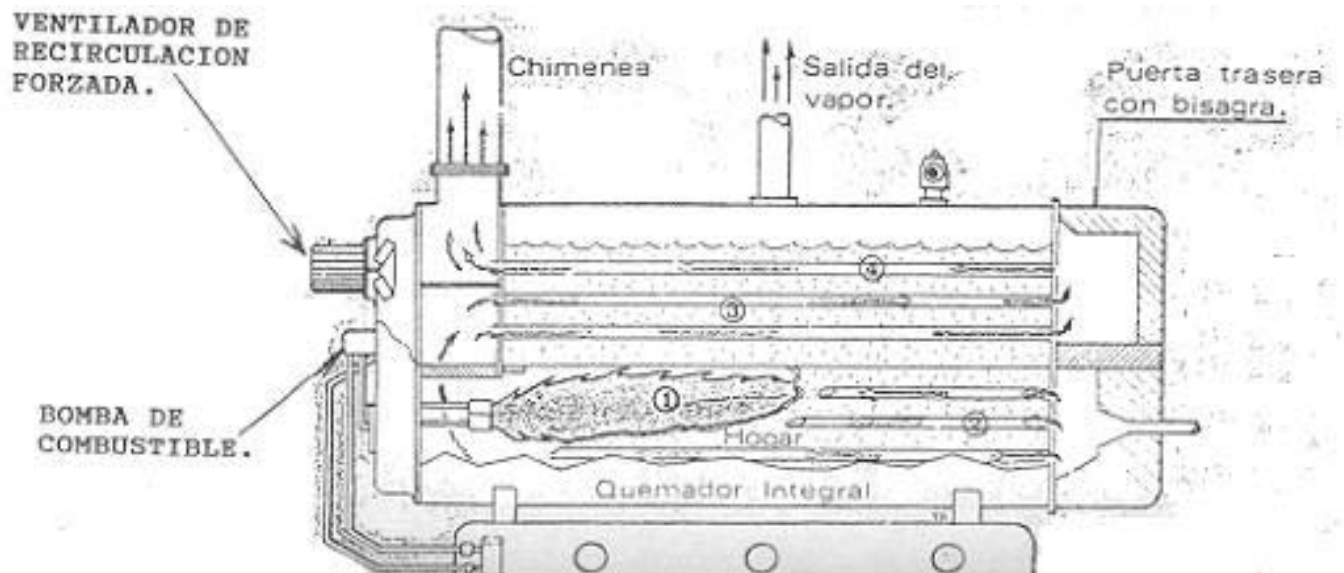


Figura 3.3.1. Descripción general de los componentes de una caldera

Sistemas automáticos de control de agua de calderas. En estos sistemas, el tipo de control automatizado utilizado trata de mantener un valor deseado (sea de presión, temperatura, etc) dentro de rango determinado, midiendo el valor existente, comparándolo con el valor deseado, y obteniendo una diferencia. Cualquier diferencia que salga de los parámetros de seguridad establecidos da como resultado que se accione un mecanismo de seguridad que generalmente para la caldera sin acción humana alguna.

Hay dos tipos sistemas de control: para vapor y para agua

- **Sistemas de control para presión.** El control de la presión en el colector de vapor puede ser obtenido mediante la regulación de entrada de combustible al hogar de la caldera. La base de dicha regulación es mantener constante la presión de vapor en la caldera, tomando las variaciones como una medida de la diferencia entre el calor tomado de la caldera como vapor y el calor suministrado. La señal procedente del caudal de aire es modificada por un relé de relación para ajustar la relación entre el aire y el combustible, luego esta pasa a un controlador que la compara con la señal de caudal de combustible. Si la proporción no es correcta, se emite una señal al servomotor de mando del ventilador o a la válvula de mariposa, de modo que el caudal de aire es ajustado hasta que la relación combustible-aire sea la correcta. En la regulación de la combustión puede darse preferencia en el mando al combustible o al aire para que la operación de la caldera corresponda a un sistema determinado.
- **Sistemas de control para agua.** La regulación del agua de alimentación que establece el nivel de la caldera depende de múltiples factores, del tipo de caldera, de la carga, del tipo de bomba y del control de presión del agua de alimentación, sin embargo; la presión de la caldera y el método de montaje son los factores principales en el momento de seleccionar un controlador de bajo nivel de agua.

La mejor recomendación para todas las calderas con combustión automática es una combinación de alimentador de agua y controlador de bajo nivel de agua. Esta combinación agrega la cantidad de agua que es necesaria para mantener un nivel de funcionamiento seguro, además; está puede interrumpir el circuito del quemador si el nivel de agua cae en la zona de emergencia.

El sistema de control del agua de alimentación también puede realizarse de acuerdo con la capacidad de producción de la caldera. En la regulación de nivel de un elemento, representada en la figura 3.3.2, el único instrumento utilizado es el controlador de nivel que actúa sobre la válvula del agua de alimentación.

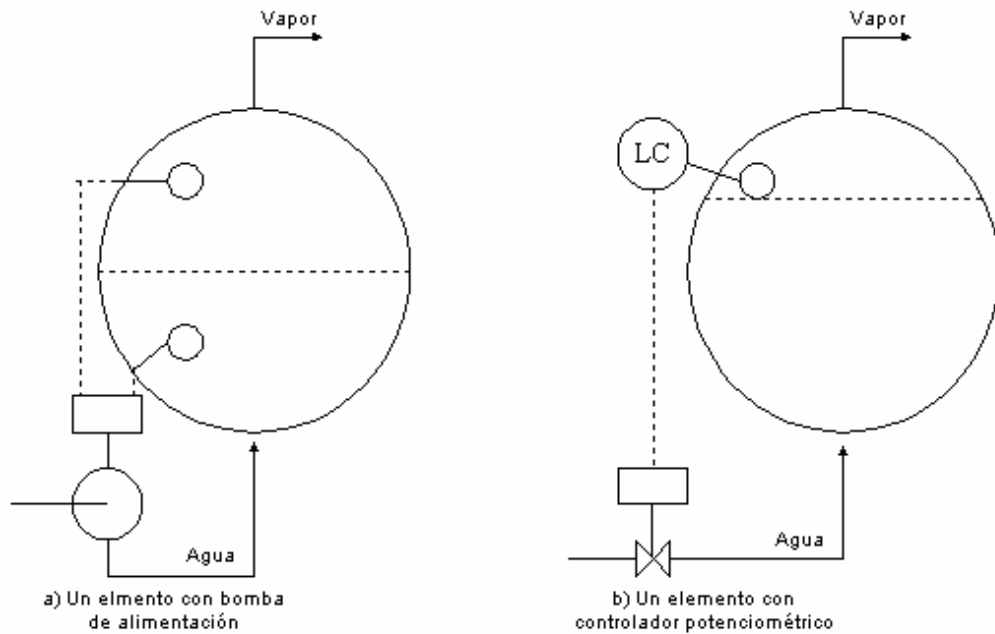


Figura 3.3.2. Control de nivel de agua actuando sobre la válvula del agua de alimentación

El instrumento medidor de nivel puede ser del tipo desplazamiento o de presión diferencial de diafragma. En la figura 3.3.3 se puede observar el diagrama del sistema de control de nivel de agua de un elemento.

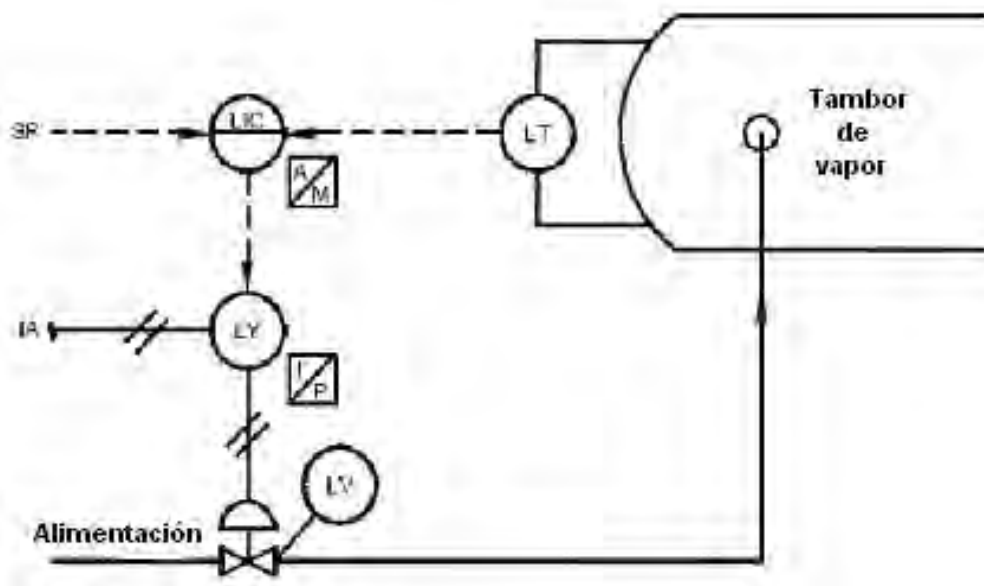


Figura 3.3.3. Diagrama de sistema de control de nivel de un elemento

Acumulador de agua caliente. Es el depósito o depósitos que almacenan el agua caliente, incrementando la inercia térmica del sistema y permitiendo la utilización de generadores de calor de potencia inferior a la demanda máxima puntual del sistema.

La instalación debe permitir que el agua llegue a una temperatura de 70° C y los materiales en contacto con el agua deben ser capaces de resistir la acción de la temperatura y de los desinfectantes (cloro).

Para atender la demanda de agua caliente sanitaria, se proyecta la instalación de un depósito acumulador horizontal en acero inoxidable, de 1010 mm de altura, 1000 mm de diámetro, 1500 mm de largo, provisto de un intercambiador de calor del mismo material, con una capacidad de acumulación de 500 l/h. Dicho acumulador irá instalado en el cuarto de caldera. Dicho acumulador de agua caliente se muestra en la figura 3.3.2

Un tipo de intercambiador muy extendido en su aplicación es el de tipo multitubular, que está constituido fundamentalmente por un haz tubular, por cuyo interior circula el agua caliente primaria (calentada mediante caldera), colocado en el interior de una carcasa cilíndrica, circulando el agua a calentar por el espacio existente entre el haz tubular y la carcasa.



Figura 3.3.2. Acumulador de agua caliente sanitaria.

3.3.2 Sistema de tratamiento por intercambio iónico para agua de alimentación de calderas.

La suavización consiste en el paso del agua dura a través de una cama de resina de intercambio iónico contenida en un recipiente, el intercambio iónico se realiza entre iones calcio y magnesio disueltos en el agua y los iones sodio unidos a una matriz de polímero sintético. A este tipo de intercambio se le llama intercambio catiónico, como se describió anteriormente

Las resinas del intercambio catiónico están cubiertas generalmente con los iones positivamente cargados del sodio. Cuando el agua que contiene los cationes disueltos entra en contacto con la resina, los cationes "se intercambian" con los iones libremente sostenidos del sodio en la resina.

Resinas de intercambio catiónico. Ha habido una mejora constante en materiales de intercambio de iónico. Resinas con base de estireno, las resinas fenólicas y de acrílico son algunas que se ha desarrollado. Las capacidades de intercambio fueron aumentadas grandemente con el desarrollo de los cambiadores de estireno-base. Estas resinas se fabrican en forma esférica, la tensión y la forma tensión-libre para resistir la degradación física. Son estables en las temperaturas tan altas como 300 °F y son aplicables sobre una gama ancha del pH.

Equipo típico de intercambio iónico. La resina de intercambio iónico se contiene en tanques especialmente construidos donde forma una cama, generalmente de 30 a 60 pulgadas de espesor. En algunos casos, es apoyado por otra cama de grava o de antracita. En otros casos, algunos métodos de ayuda especiales, sin grava o antracita, se utilizan. Durante la operación normal, el agua se incorpora a través de la tapa del tanque por una tubería, y con ayuda de aspersores se distribuye sobre la superficie de la cama del cambiador como se muestra en la figura 3.3.3. El agua tratada es retirada por la tubería del colector en el fondo.

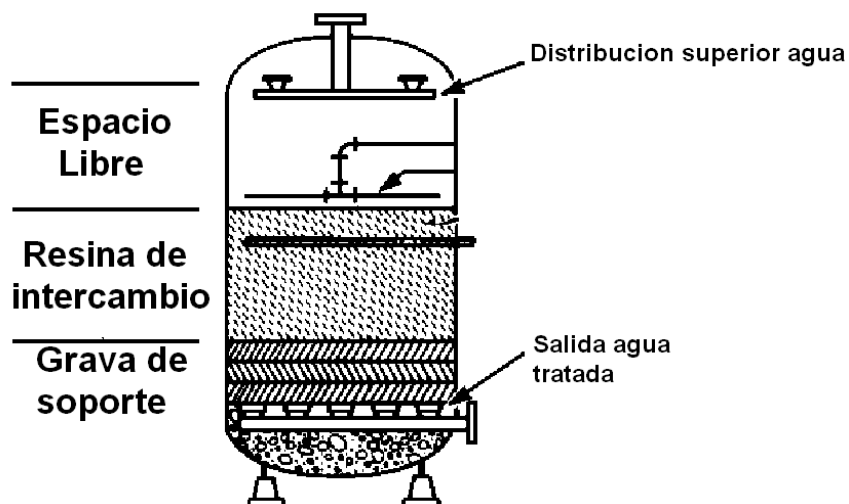


Figura 3.3.3. Equipo manual de intercambio iónico con alimentación superior

Tipos de Suavizadores de agua. Los suavizadores pueden ser: manuales, semiautomáticos, o automáticos.

- Un suavizador manual puede ser un tanque que sostiene la resina de intercambio y la tubería apropiada para el agua cruda (entrada o “*inlet*”) y salida del agua tratada (“*outlet*”). Los tanques se deben construir del material resistente a la corrosión debido a las soluciones de sal concentradas que se utilizan.
- Para la operación semiautomática, se fijan los interruptores del sistema cuando el recargar es necesario. El sistema termina el proceso sin necesidad de atención adicional.
- Para la operación automática, todos los pasos de proceso de recargar son controlados por un mecanismo de sincronización.

Regeneración de equipos. La regeneración del material del intercambio implica tres pasos: retrolavado o “*backwash*”, *introducción de los productos químicos* y *aclaración*.

El retrolavado es un flujo inverso al normal para eliminar cualquier materia suspendida en la cama y a la “pelusa” de la cama, para romper áreas embaladas de arriba. Se hace esto momentos antes que se regenera la unidad.

Durante la regeneración y clarificación, productos químicos se introducen en la superficie superior de la cama y se quitan a través del enchufe inferior. El agua clara elimina los rastros de producto químico.

Las unidades del intercambio de iónico están instaladas generalmente en duplicado para permitir servicio continuo durante la regeneración.

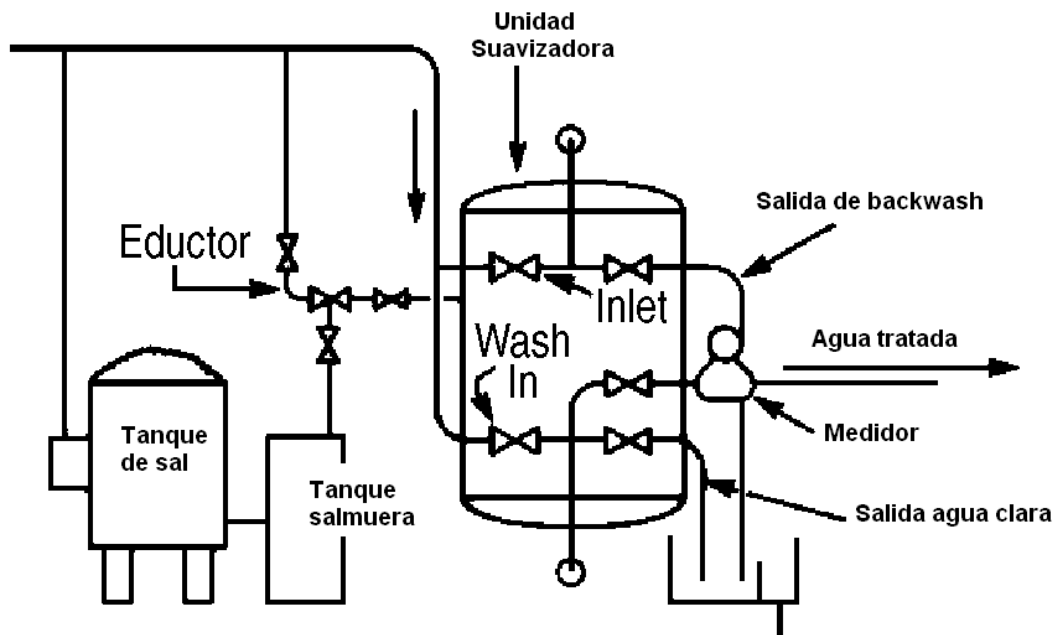


Figura 3.3.4. Sistema de regeneración

3.3.3. Sistemas aire acondicionado

3.3.3.1 Sistemas unitarios

El sistema secundario básico¹¹ es un todo-aire que consiste en una unidad de aire-dirección y un sistema de la distribución del aire. La unidad de aire-dirección se puede diseñar para la fuente a volumen de aire constante o un variable para el punto de distribución de velocidad de aire baja, media o alta.

La mayoría de los componentes se pueden adquirir en secciones semiensambladas, listas para ensamblarse en el lugar de la instalación, o también completamente ensambladas de fábrica. En la figura 3.3.5 se muestra una versión esquemática simplificada de un administrador de aire, con los serpentines de calefacción y de enfriamiento, el

¹¹ El sistema primario se refiere a aquel que provee electricidad y combustible. Los sistemas secundarios son los HVAC en si mismos.

humidificador y los reguladores de flujo. El ventilador está situado corriente abajo de los serpentines; esta ubicación es conocida como configuración de aspirado.

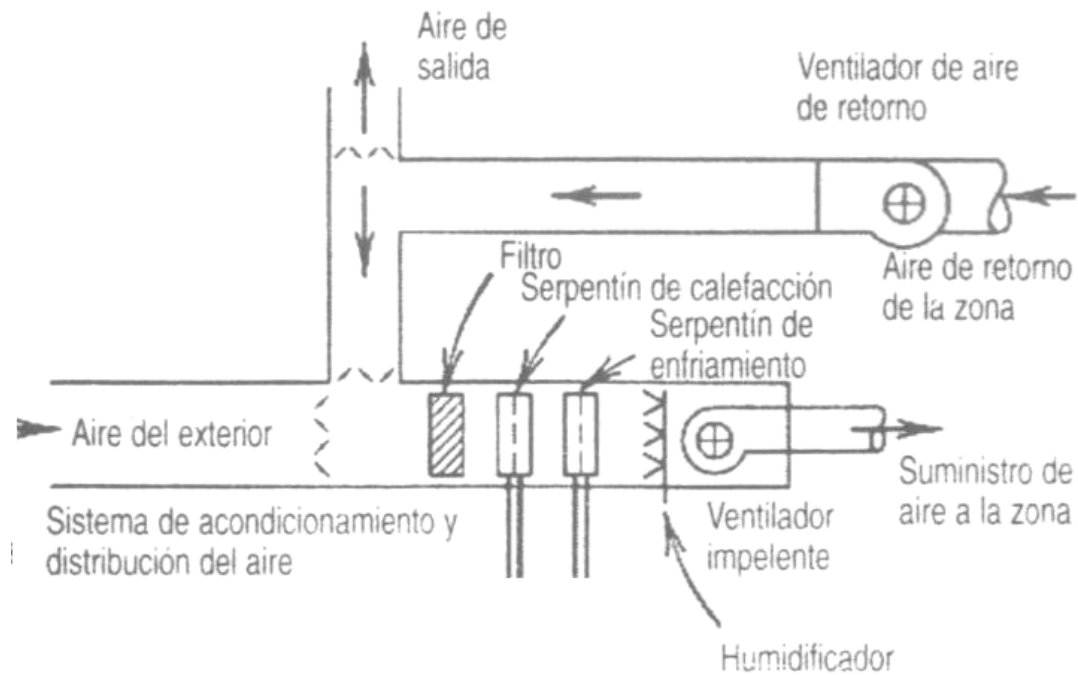


Figura 3.3.5. Descripción de un sistema unitario para aire acondicionado

Cuando varias zonas van a ser acondicionadas por un solo administrador de aire. Los serpentines calentadores y enfriadores pueden ser colocados lado a lado (en paralelo). A los serpentines de calefacción y de enfriamiento también se les denomina haces de tubos calientes y haces de tubos fríos, respectivamente. El diseño con el ventilador corriente arriba de los serpentines es conocido como configuración de impulsión. El área de descarga del administrador puede estar dividida para que sirva a varias zonas, con controles de temperatura independientes en cada una; el administrador de aire también puede utilizarse sin reguladores de flujo en sistema de ducto dual.

Los componentes internos del administrador central de aire incluyen serpentines de enfriamiento y de calefacción (y de precalentamiento en algunas unidades). Estos serpentines usualmente son del tipo de tubo con aletas. El humidificador de un administrador de aire comercial que generalmente funciona con vapor como se muestra en la figura 3.3.6 del lado derecho. Los ventiladores son de tipo centrífugo. El filtro es de tipo unitario, ver figura 3.3.6 del lado izquierdo. Los ductos para llevar aire a las áreas se

diseñan específicamente para el edificio en que se van a instalar. Estos ductos deben entregar el aire acondicionado al área de la manera menos ruidosa y más económica posible.

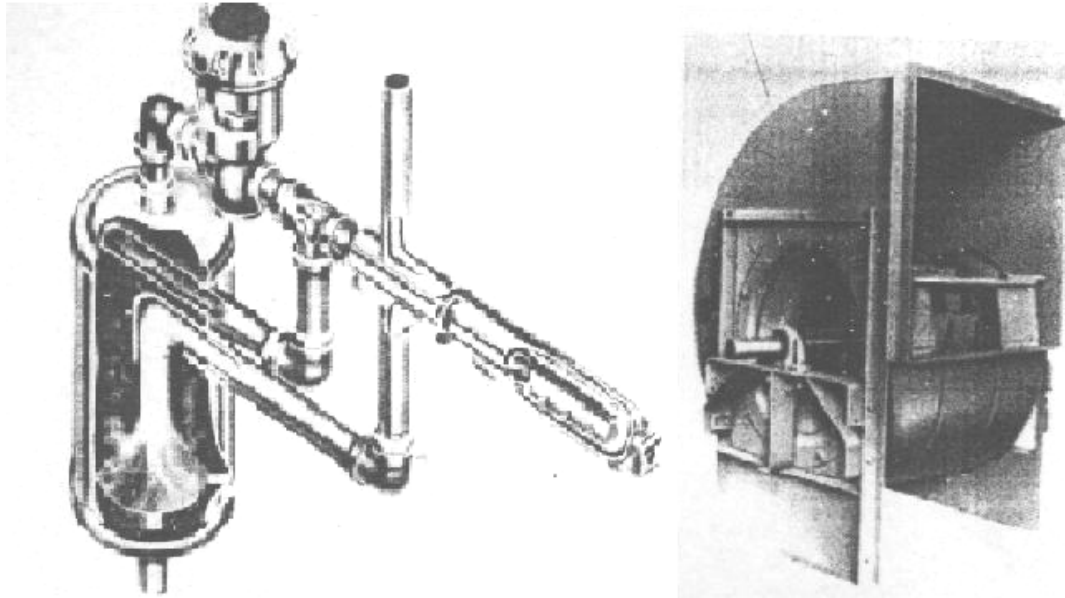


Figura 3.3.6. Derecha: Humedificador típico comercial. Izquierda: Ventilador tipo centrífugo

3.3.3.2. Arreglos para sistemas unitarios de climatización

Arreglo multizona típico. El sistema está constituido básicamente por una caja de mezcla, una sección de filtros, un ventilador y baterías de calefacción y de refrigeración. Estas baterías conducen, respectivamente, a un plenum caliente y a uno frío. Finalmente, una serie de compuertas de mezcla permiten realizar la mezcla adecuada para cada zona. Ver figura 3.3.7

El termostato de la zona 1, T_1 , realiza la mezcla en función de la temperatura detectada, regulando un servomotor M_1 , acoplado a las compuertas de mezcla que sirven a dicha zona. La mezcla así producida es conducida por medio de un único conducto hasta los locales de dicha zona.

La temperatura del plenum caliente es regulada en función de la temperatura exterior mediante el termostato T_c . Normalmente, en verano no es necesario efectuar calentamiento.

Así mismo, la temperatura del plenum frío es regulada, en invierno, por el termostato T_F , que modula las compuertas de aire exterior, retorno y expulsado. Como es lógico, la temperatura del plenum frío será la que se necesite para compensar la carga térmica positiva.

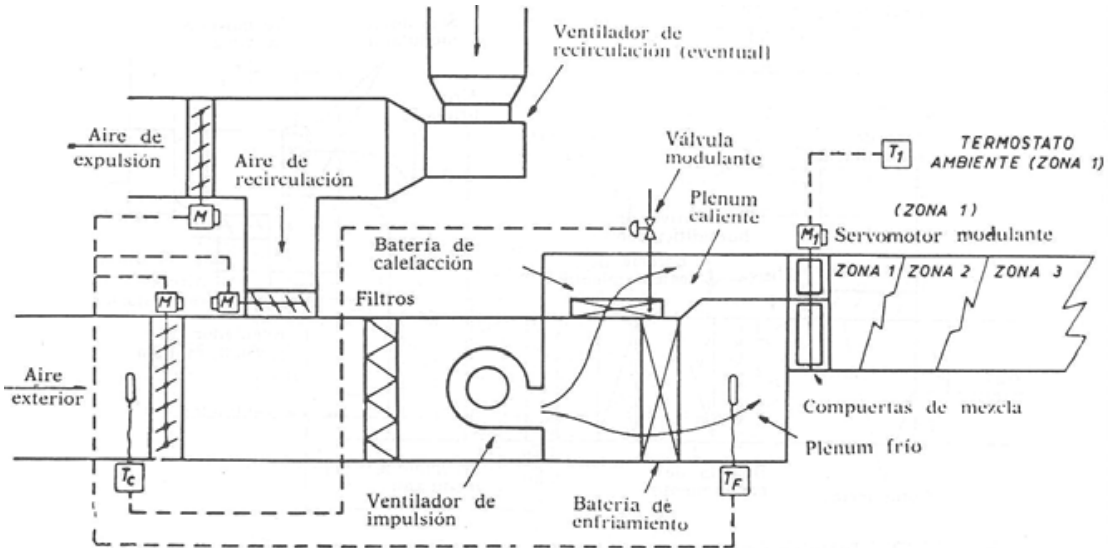


Figura 3.3.7. Esquema de instalación multizona

Arreglo de doble ducto. Se suministran dos corrientes de aire, una caliente y otra fría, que son mezcladas por un dispositivo terminal gobernado por un termostato ambiente. Estas instalaciones pueden ser tanto de alta velocidad como de baja, aunque la distribución más difundida es la de alta velocidad con terminales de mezcla de alta caída de presión.

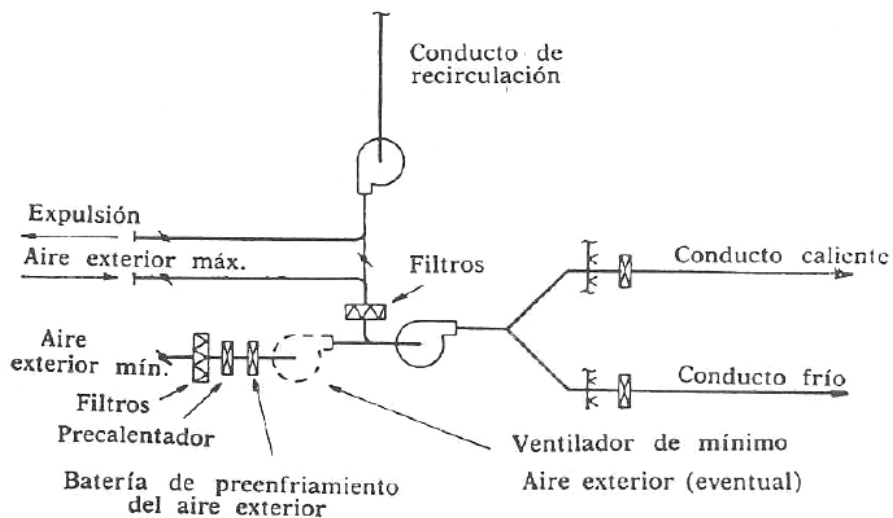


Figura 3.3.8. Esquema de instalación de doble ducto

Arreglo por recalentamiento. Su propósito es permitir el control zonal o local en áreas de carga desigual, o proporcionar calefacción o enfriamiento en áreas perimetrales con diferentes orientaciones, o para aplicaciones en donde se desee un estricto control térmico del espacio. La palabra recalentamiento implica un proceso de calentamiento secundario, en el que se aplica calor al aire primario o al aire recirculado del recinto. Se produce un sistema individual de recalentamiento de baja presión cuando se inserta un serpentín de calefacción al paso del suministro de aire de la zona. Los sistemas más sofisticados utilizan ductos de alta presión y dispositivos reductores de presión que permiten la estabilización del sistema en la zona de recalentamiento. El medio utilizado para la calefacción puede ser agua caliente, vapor o electricidad.

El aire acondicionado frío es suministrado desde una unidad central a una temperatura fija. El termostato de control activa la unidad de recalentamiento cuando la temperatura de la zona cae por debajo del límite superior del rango preestablecido en el instrumento de control. El regulador de flujo de aire ambiental siempre debe estar suficientemente abierto para suministrar el mínimo de aire exterior requerido para mantener la calidad del aire interior. Puesto que la humedad puede constituir un problema, muchos diseñadores instalan un higrostatato en la toma de aire exterior para asegurar que no se utilice aire ambiental para enfriamiento cuando su nivel de humedad sea demasiado alto.

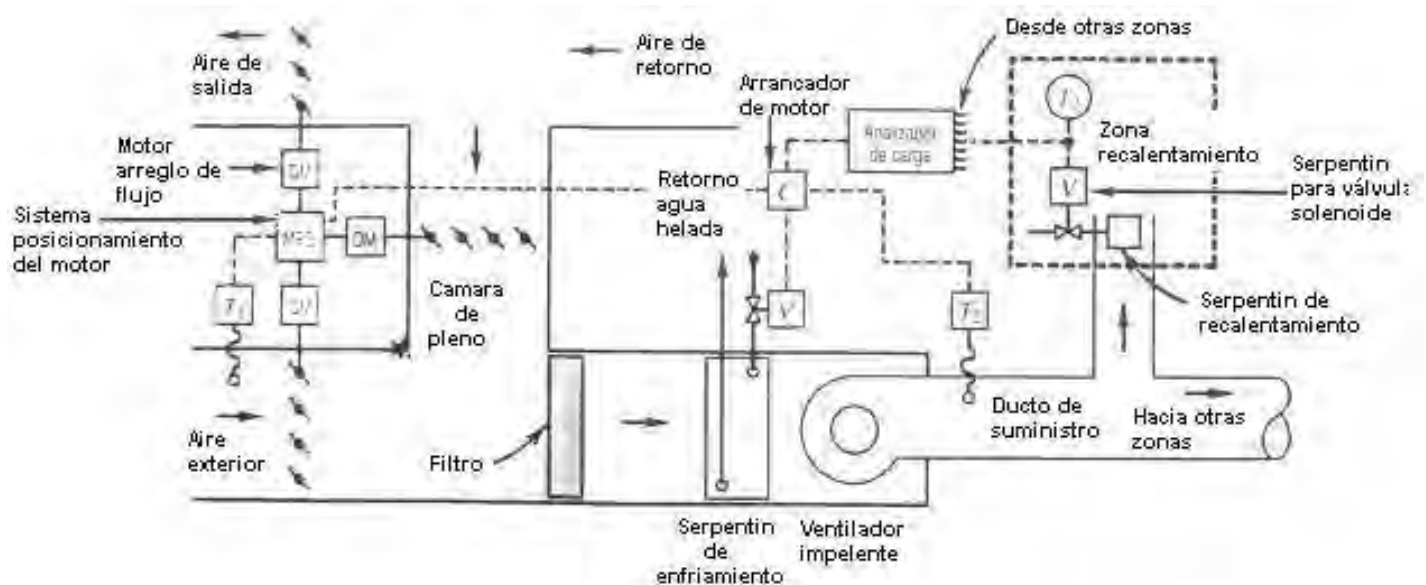


Figura 3.3.9. Esquema de instalación por recalentamiento.

CAPITULO 4. DISCUSION DE RESULTADOS

4.1 AVANCES EN LOS ÚLTIMOS 10 AÑOS EN MATERIA DE MANTENIMIENTO HOSPITALARIO

El pensamiento común es relacionar al Hospital sólo como una entidad a donde se recurre con la finalidad de recuperar la salud, o donde se realizan acciones de reconocimiento para establecer si nuestro organismo está con buena salud que nos permita realizar nuestras actividades cotidianas.

Pese a todo, gracias al creciente uso de la normalización ISO (**para mayor información sobre este tema puede consultar el Anexo C**), que puede ser usada en casi todo tipo de sectores incluido el sector salud, el Hospital puede y es considerado como una Empresa que cumple con un sistema de gestión de calidad para dar un buen servicio.

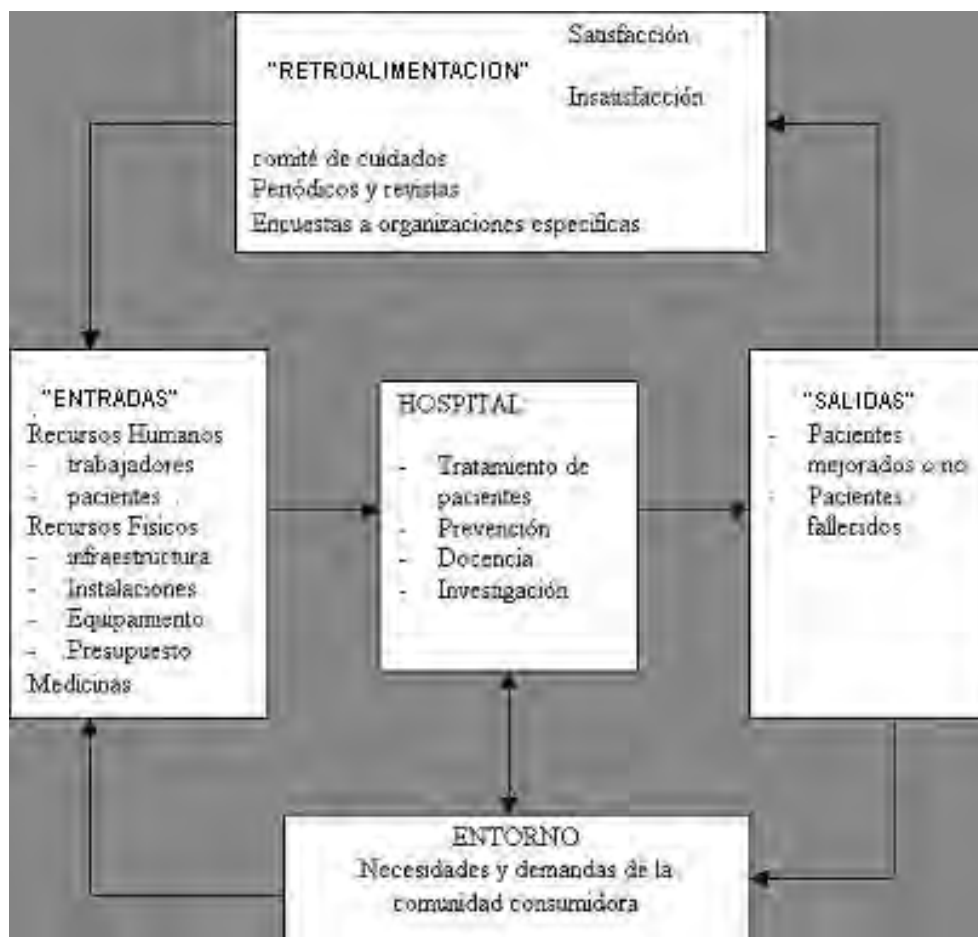


Figura 4.1.1. Diagrama de bloques para un Hospital desde el punto de vista de la gestión de calidad

4.1.1. El Hospital como Empresa

Son conceptos, aparentemente no vinculados pero que en realidad si lo están. Para demostrar la vinculación entre el Hospital y una Empresa se recurre a la simple definición de términos, lo que ayudará a concebir la relación que existe entre ellos.

La Empresa. A pesar de que existen varias definiciones para este concepto, se consideran a la Empresa como la entidad que recibe capital para adquirir bienes y servicios, los que al ser transformados producen un beneficio, devolviéndose el Capital y los intereses generados

El Hospital. El Hospital es un conjunto de elementos humanos, materiales, y tecnológicos organizados adecuadamente para proporcionar asistencia médica: preventiva, curativa y rehabilitación, a una población definida, en las condiciones de máxima eficiencia y de óptima rentabilidad económica. El trabajador y el paciente deben permanecer en condiciones óptimas garantizadas por el diseño y mantenimiento adecuado de las instalaciones del Hospital, que a su vez tendrá que estar dentro de una organización sanitaria superior y comprenderá la formación de personal sanitario, así como la investigación y desarrollo.

La Empresa-Hospital. Haciendo un paralelo entre las definiciones de Empresa y Hospital, encontramos puntos comunes como los que a continuación se indican:

- Conjunto de elementos humanos y materiales
- Actividades coordinadas Organización adecuada
- Asistencia médica Ofrece un servicio
- Productividad Máxima eficiencia
- Formación de personal sanitario
- Investigación y desarrollo Innovación

Dando lugar a la conclusión que el Hospital es una Empresa compleja cuya dedicación es la asistencia médica o atención de servicios de salud.

Es por esto que durante los últimos 10 años las instituciones de salud en México se han visto expuestas a grandes transformaciones de tipo legal y político, administrativo y financiero, enfrentándolas a un entorno altamente competitivo, requiriendo para ellas, desarrollar mecanismos que garanticen la eficiencia y productividad en su gestión como empresas y calidad en la prestación de los servicios como estrategia para seguir vigentes. Estos cambios y exigencias involucran directamente las unidades de ingeniería y mantenimiento de las entidades de salud, quienes tienen bajo su responsabilidad garantizar la disponibilidad de los recursos físicos y tecnológicos que le permiten a las entidades de salud ofrecer cada uno de los servicios y desarrollar actividades en función del bienestar social en salud, bajo un esquema de racionalización y optimización de los recursos.

4.2 DESARROLLO DE PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento se define como el conjunto de actividades desarrolladas con el fin de conservar las propiedades (inmuebles, equipos, instalaciones, herramientas, etc.), en condiciones de funcionamiento seguro, eficiente y económico, previniendo daños o reparándolos cuando ya se hubieran producido.

Cuando existe un buen mantenimiento, esos tiempos de servicio o de vida pueden prolongarse, siendo un factor económico importante para el Hospital, al que podemos subdividir para efectos del mantenimiento en infraestructura, equipamiento e instalaciones.

4.2.1 Objetivos del mantenimiento hospitalario

El objetivo final del Hospital es la atención de servicios de salud y hacia ese fin deben dirigirse todas las actividades del mantenimiento hospitalario, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- **Aspecto técnico.** Con el cual se llega a cumplir el objetivo inmediato de conservar la infraestructura, equipamiento e instalaciones del Hospital, en condiciones de funcionamiento seguro, eficiente y confiable, para no interrumpir los Servicios.
- **Aspecto económico.** Con el cual se llega al objetivo básico del mantenimiento, contribuir por los medios disponibles a sostener lo más bajo posible el costo de operación del Hospital. Estos dos aspectos del mantenimiento, que se dan en cualquier Empresa, se verán acrecentados grandemente con el objetivo social en el caso de los Hospitales.
- **Aspecto social.** Para el Sector Salud, una falla técnica que repercute en el paciente, no se puede calcular inmediatamente como valor dado en dinero, hay solamente raros casos donde es posible calcular una falla en el sentido del valor del dinero (cuando una cadena de frío no funciona se malogran las vacunas y medicamentos,

en este caso es posible calcular la pérdida económica). El término social se manifiesta cuando debido a una falla del equipo se produce una pérdida de vida, o se agrava la situación de salud en que ingresó el paciente; como casos concretos podemos citar la falla de la válvula de ingreso del gas de anestesia o el mal funcionamiento de la cama calentadora de bebés, que pueden dar resultados funestos, o el caso del paciente que adquiere otra enfermedad dentro del Hospital por una falla en el equipo de esterilización.

4.2.2 Sistema gestión de mantenimiento

El concepto de sistema de gestión de mantenimiento, exige estandarizar los pasos y procedimientos para llevar a cabo las tareas operativas y administrativas, relacionadas con la conservación y mantenimiento de la infraestructura y los equipos, de un establecimiento de salud.

Un Sistema Gestión de Mantenimiento en Instituciones del Sector Salud, busca aplicar rutinas de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo sobre la infraestructura general, los equipos especializados, la infraestructura logística básica y la infraestructura de servicios en Centros de Salud, como se muestra en la figura 4.2.1

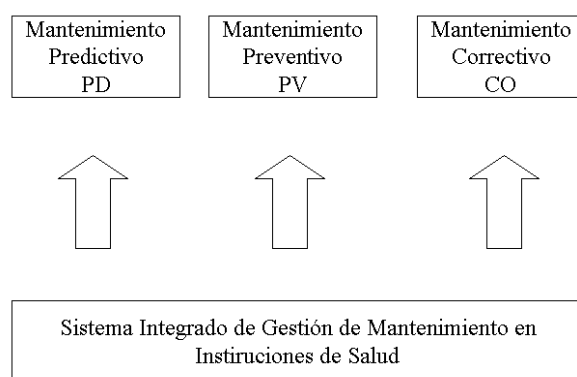


Figura 4.2.1. Diagrama del Sistema de Gestión de Mantenimiento en Instituciones del sector Salud

Mantenimiento correctivo. Es el conjunto de procedimientos utilizados para reparar una máquina ya deteriorada. Mediante el mantenimiento correctivo no solo se repara maquinaria ya deteriorada sino que se realizan ajustes de equipos cuyos procesos evidentemente tienen fallas.

Mantenimiento preventivo. Incluye inspección periódica de máquinas y equipos, para evaluar su estado de funcionamiento e identificar fallas, además de prevenir y poner en condiciones el equipo para su óptimo funcionamiento (limpieza, lubricación y ajuste). Es también en este tipo de mantenimiento, en el que se reemplazan piezas para las cuales el fabricante del equipo ha identificado que tienen un número específico de horas de servicio

Mantenimiento predictivo. Consiste en el monitoreo continuo de máquinas y equipos con el propósito de detectar y evaluar cualquier pequeña variación en su funcionamiento, antes de que se produzca una falla.

La nueva misión del mantenimiento es mantener la operación de los procesos de producción y servicio de las instituciones sin interrupciones no programadas que causen retrasos, pérdidas y costos innecesarios, todo ello al menor costo posible.

Es prioritario resaltar la importancia que tiene los términos calibración y metrología, dado que los equipos especializados de salud necesitan de estos procesos, dado el grado de complejidad y exactitud requerida en su funcionamiento.

El Sistema de Gestión de Mantenimiento en una Institución de Salud busca lo siguiente:

- Prolongar la vida útil de los equipos que hacen parte del componente logístico de la institución.

- Optimizar los procesos de almacenamiento y transporte de equipos y suministros de ayudas humanitarias.
- Optimizar la operación de los equipos en situaciones de emergencia y crisis, disminuyendo las acciones correctivas in situ.
- Conformar los fondos de reposición necesarios para reemplazar equipos que han cumplido con su Ciclo de Vida.

Para que el concepto de gestión integral de mantenimiento se cumpla, la unidad de mantenimiento debe intervenir en los procesos de compra de equipo, almacenamiento, reciclaje y en los procesos para determinar la vida de baja de equipos y elementos que ya han cumplido sus ciclos de vida.

Además, dicho programa también pretende optimizar y normalizar criterios para la aceptación de equipos donados y el manejo de suministros y abastecimientos de procedencia nacional e Internacional.

En la figura 4.2.2. se puede apreciar las entradas, procesos y salidas del Sistema Integral de Gestión de Mantenimiento:

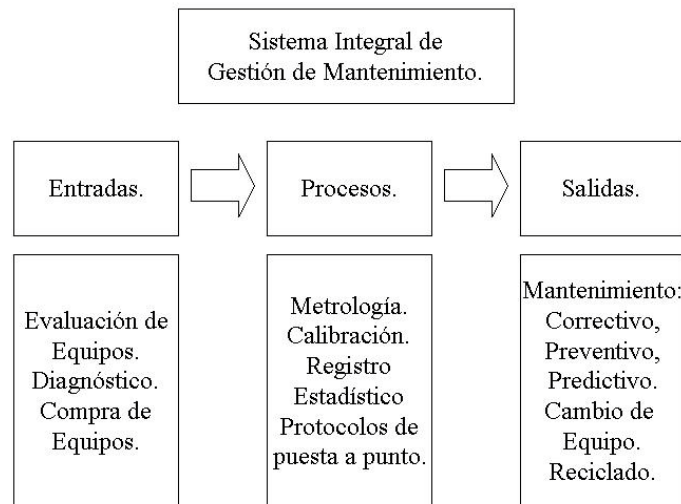


Figura 4.2.2. Entradas, procesos y salidas del Sistema de Mantenimiento

4.2.3. Acciones correctivas, preventivas y predictivas

Sea cual fuere el tipo de mantenimiento a aplicar, se deben establecer y mantener actualizados los procedimientos para aplicar acciones correctivas y preventivas en mantenimiento.

Cualquier acción correctiva o preventiva que se tome debe ser de un grado adecuado que garantice la completa funcionalidad del equipo durante las operaciones de emergencia.

Los procedimientos de acción correctiva deben incluir:

- El manejo efectivo de fallas en equipos y los informes de no conformidades en mantenimientos.
- Investigación de las causas de las fallas, registrándose debidamente los resultados de la investigación.
- Determinación de la acción correctiva necesaria para eliminar las fallas de funcionamiento.
- Aplicación de controles para garantizar que se emprenda la acción correctiva y que ésta sea eficaz.

Los procedimientos para acción preventiva deben incluir:

- El uso de fuentes adecuadas de información, como por ejemplo el monitoreo continuo a mano, para detectar, analizar y eliminar las causas de fallas potenciales.
- Determinación de los pasos necesarios para tratar cualquier problema que requiera acción preventiva en el marco del Programa de Mantenimiento
- Iniciación del mantenimiento preventivo y aplicación de controles para asegurar que éste es eficaz.
- Asegurar que la información pertinente sobre las acciones tomadas se someta a revisión continua y registro.

Los procedimientos para acción predictiva deben incluir:

- Determinación de los equipos especializados que requieren de la implementación de procesos de mantenimiento predictivo.

- Determinación de los pasos necesarios para tratar cualquier problema que requiera acción predictiva en el marco del Programa de Mantenimiento
- Determinar los costos y la justificación para la implementación de sistemas permanentes de monitoreo predictivo en términos financieros estándar, tales como: total de ahorros en reparación y mantenimiento, tasa interna de retorno, periodo de retorno, incremento de producción. Esto facilita los procesos de toma de decisiones.

Se debe aplicar y registrar cualquier cambio a los procedimientos documentados, resultante de la acción correctiva y preventiva.

Bitácoras de los equipos. Las bitácoras, u hojas de vida, de los equipos garantizarán un adecuado inventario de los diferentes elementos, lo cual facilitará el manejo de los mismos y su mantenimiento.

Toda hoja de vida de equipos para control de mantenimiento tiene la siguiente información:

- Nombre del equipo, marca, color y serie.
- Fecha de recepción del equipo, condiciones de funcionamiento.
- Componentes del equipo.
- Usos del equipo.
- Combustibles y aceites que se necesitan para el funcionamiento.
- Listado de repuestos y proveedores.
- Duración de las garantías.
- Precauciones en su utilización.
- Historial operativo de emergencias.
- Personal especializado en su utilización.
- Historial de traslados.
- Historial de mantenimiento.
- Procedimiento para puesta a punto.
- Fechas de limpieza, inspección visual y reemplazo de piezas defectuosas.
- Fechas de cambio de aceites y combustibles.
- Personas responsables del mantenimiento y operación del equipo.
- Observaciones generales.

4.2.4. Estrategias para la implementación de un Sistema de Gestión de mantenimiento

Por estrategia se entiende como el efectivo y eficaz modo de utilizar los recursos materiales (equipos, inmuebles, etc.), naturales (medio ambiente) y humanos (personal).

Para el éxito en el desarrollo de las estrategias de mantenimiento planteadas es importante aplicar el enfoque particular en el área de ingeniería y mantenimiento hospitalario que consta de los siguientes componentes:

- Definición de los perfiles del personal encargado de las áreas de ingeniería y mantenimiento.
- Fomentar la participación de los profesionales de Ingeniería en la toma de decisiones en las diferentes etapas que comprometen el planeamiento, adquisición y gestión de los recursos tecnológicos y físicos en entidades de salud.
- Implementar programas de capacitación orientados a los diferentes niveles del proceso.

Resumiendo, para ejecutar acciones efectivas en el área de mantenimiento es preciso contar con personal calificado y actualizando constantemente su información, así como tener un registro de información del equipo y necesidades del Hospital.

COMENTARIOS FINALES

Se ha hablado durante todo este trabajo de las principales actividades que mantienen en funcionamiento un Hospital: el suministro de gases medicinales, desinfección del agua para consumo humano, generación de vapor, agua caliente y clima artificial. También se mencionó sobre procedimientos así como una descripción de equipos con respecto a su funcionamiento y estructura.

La importancia de todas estas actividades es clara e indiscutible. Sin éstas el Hospital no podría siquiera funcionar.

Aun más, los Hospitales modernos, según la normalización ISO implementada desde hace 10 años, tienen que cumplir con un servicio de calidad al cliente (el paciente). Para garantizar dicha calidad *necesita* cumplir con un sistema de gestión de calidad. Dicho sistema establece que en toda organización, todos los departamentos se enfoquen en llegar a un objetivo final: la satisfacción del cliente. Es por ello que es de primordial importancia que TODOS los departamentos trabajen en conjunción para llegar al objetivo final de la empresa.

Cada departamento, bajo las condiciones de las normas ISO, es tratado como un proceso con entradas y salidas. En el caso del departamento de mantenimiento sus entradas serían los equipos y sustancias. El proceso serían los protocolos de acondicionamiento y almacenamiento, las pruebas de calidad, información de diseño, bitácoras, cálculos, etc. Como salidas serían los procedimientos de mantenimiento respectivos para garantizar la vida útil de equipos así como el mantener el ambiente hospitalario operable y confortable.

Entre los principios para la gestión de calidad se menciona que los procesos deben ser liderados por una persona preparada, con escolaridad y experiencia adecuada, que pueda establecer unidad de propósito y dirección. Este puesto es el de jefe de ingeniería, lugar que puede ser ocupado por el Ingeniero Químico, gracias a su vocación y preparación (aunque puede darse el caso de formarse equipos con un Ingeniero Mecánico u otro Ingeniero Químico).

Por tanto, las funciones del Ingeniero Químico, como jefe de ingeniería o mantenimiento, deben ser:

- Planear y ejecutar el plan de conservación del Hospital
- Supervisar a los trabajadores encargados de la operación de la casa de máquinas y de talleres especializados
- Inspeccionar el equipo e instalaciones con regularidad, para asegurarse de su eficiente servicio
- Autorizar la erogación para adquirir piezas que deben ser utilizadas en la compostura de las instalaciones y aparatos
- Supervisar la instalación del equipo complicado o que requiera instalaciones e interpretar las especificaciones técnicas, incluye calderas, suavizadores, dosificadores de agua, etc.
- Operar los diversos aparatos, según su observación y experiencia.
- Dirigir las operaciones de calefacción, refrigeración, acondicionamiento del aire, succión central, provisión de gases medicinales, etc.
- Controlar el trabajo del personal a sus órdenes a través de los procedimientos administrativos del caso.
- Proporcionar los informes que requiera el gobierno federal.

El principal objetivo del Ingeniero Químico, según los principios de la gestión de calidad, es el mantener operando los servicios de gases medicinales, vapor, agua y climatización, dando mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo a equipos, así como manejar información con respecto al acondicionamiento de los equipos ya mencionados, dar unidad y dirección al área así como tomar medidas necesarias para que esto se lleve a cabo, entre otras cosas, con el único objetivo final de proporcionar al paciente un ambiente propicio para su tratamiento y recuperación.

Podemos concluir finalmente que sin duda el papel de un Ingeniero Químico en las unidades hospitalarias mexicanas en lo que respecta al mantenimiento y conservación de las mismas, es de vital importancia y representa una excelente área de oportunidad para un desarrollo personal y profesional en beneficio de la comunidad.

BIBLIOGRAFIA

1. ABELLO-LINDE. **“Los gases medicinales como repercusión en la gestión”**. Barcelona, España. 2004
2. ASHRAE. **“HVAC handbook. American Society of Heating.”** E.U. 2001
3. BARRANTES, Dall’Anese Jose. **“Sistemas de control en calderas de vapor”**. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. 2006
4. CÁRDENAS, Ocampo Eduardo. **“Ingeniería Hospitalaria con calidad humana”**. México. 2004
5. CASTELLAN, Gilbert William. **“Fisicoquímica”**. Addison-Wesley. Mexico. 1998
6. COLDELCO. **“Norma estandar operacional. Cilindro de gas para uso industrial”**. Codelco. Chile. 2002
7. COX; Robert. **“Effective design of heating, ventilation and air-conditioning systems for healthcare facilities”**. Hospital Engineering and Facilities management, EU. 2004
8. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. **“Guidance for Industry. Current good manufacturing practice for Medical Gases”**. Center for drug evaluation and research. US . 2003
9. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES. **“Medical Gas Containers and Closures; Current Good Manufacturing Practice Requirements”**. F.D.A. USA. 2006
10. FORD, Tim, **“Protecting public health in small water systems”**. Montana Water Center, Montana, EU, 2004
11. GARCIA Jose Ricardo. **“Sala de Calderas”**. El instalador. España. 2001
12. GONZALES, Bauza J.C. **“Tratamiento externo e interno de agua de calderas. Influencia en el coste de vapor producido”**. E.T.S.I.I. México. 2000
13. GONZALES, Muñoz Oscar. **“Curso en interpretación de la norma ISO 9001-2000”**. Departamento de Educación Continua de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Cuautitlán, México. 2007
14. GUIMARAES, José Roberto, Jorge Ibáñez, Marta I. Litter y Ramón Pizarro. **“Desinfección de agua”**. Centro Europeo de Ensayos Energía Solar, España
15. INFRA. **“Manual de buenas prácticas en instalaciones y en el manejo de gases medicinales en establecimientos de atención medica”**. Infra. México. 2006
16. INFRA. **“Manual de seguridad”**. Infra. Mexico. 2006
17. ISSSTE. **“Mantenimiento de Calderas”**. ISSSTE. México, DF. 2000.
18. **“Reglamento de inspeccion de calderas de vapor”**. México. 1939.
19. JORDI, Marca Grastacós. **“Guía técnica para la Prevención y Control de la Legionelosis en instalaciones”**. Ministerio de Sanidad y Consumo. Madrid, España. 2006
20. KUSNETSOV, J.M. **“Efficacy of the three prevention strategies against legionella in cooling water systems”**. Journal of Applied Microbiology, Helsinki, Finlandia, 1997
21. LAPEÑA RIGOLA MIGUEL. **“Tratamiento de aguas industriales”**. Alfa-Omega, México, 1999
22. MARON, SAMUEL HERBERT. **“Fisicoquímica fundamental”**. Mexico. Limusa. 1990
23. MALAGON-LONDOÑO. **“Administración hospitalaria”**. 2da edicion. Médica Panamericana, Bogota, 2001

24. MINISTERIO DE ECONOMIA Y PLANIFICACION. **“Guía para el análisis y evaluación de calderas y redes de distribución de vapor”**. M.E.P. La Habana, Cuba. 2000.
25. MINISTERIO DE SALUD PUBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL. **“Manual de procedimientos estandarizados para mantenimiento”**. Ministerio de salud pública y asistencia social. San Salvador, El salvador. 1999
26. McQUISTON, Faye C. **“Calefacción, ventilación y aire acondicionado. Análisis y diseño”**. Limusa. México. 2003.
27. NALCO CHEMICAL COMPANY. **“Ion exchange processes”**. Nalco. EU. 1999.
28. NORMA Oficial Mexicana NOM-197-SSA1-2000
29. PAJARES, Marchand. **“Microorganismos indicadores de la calidad del agua de consumo humano en Lima Metropolitana”**. UNMSM. Lima, Perú. 2001
30. PANCER, Katarzyna. **“The Influence of Contamination of a Hospital Hot-water System with *Legionella pneumophila*”**. Indoor Built Environ. Poland E.U. 2005
32. POLING, E. Bruce. **“The properties of gases and liquids”**. 5ta Edición. Mc-Graw Hill. EU. 2004
33. POWELL, Shepard. **“Acondicionamiento de aguas para la industria”**. Limusa. México, DF. 1966.
34. PRANDO, Raul R. **“Manual de gestión de mantenimiento a la medida”**. Piedra Santa. San Salvador, El salvador. 1996
35. QUALI, Nestor. **“Sistemas de aire acondicionado”**. Alsina. Buenos Aires Argentina. 2001
36. QUEENSLANDS HEALT. **“Steam Service for Hospital Autoclaves and Sterilising Service”**. Capital Works. EU. 2000
37. RIGOLA, Lapeña Daniel. **“Tratamiento de aguas industriales: aguas de proceso y residuales”**. Alfa Omega. México, DF. 1999
38. RODRÍGUEZ, Jorge A. **“Introducción a la termodinámica con algunas aplicaciones a la ingeniería”**. Universidad Tecnológica Nacional. Argentina. 2003
39. ROESKE, Wolfgang. **“Desinfección de agua potable con cloro y dióxido de cloro”**. Revista Agua Latinoamericana. 2004
40. SELMEC. **“Selección de calderas”**. SELMEC. México. 2001
41. SMITH, J. M. **“Introducción a la termodinámica en ingeniería química”**. 5ta edición. McGraw-Hill. Mexico. 1997
42. WANG, Shank. **“Air conditioning and refrigeration engineering”**. CRC Press. New York, EU. 2000

ANEXO A. CRITERIOS DE SELECCIÓN Y DISEÑO DE EQUIPOS PARA GASES MEDICINALES

A. LINEAMIENTOS GENERALES DE DISEÑO PARA MANIFOLDS

a. Bancada principal.

Los manifolds se deben conectar con la tubería vía un panel de control que proporcione dos bancadas iguales de cilindros. El cambio de la bancada principal, (operación en "Duty"), a la bancada de espera, (operación en "Stand by") debe ser automático. La temperatura del gas puede caer tan bajo como $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ cuando el gas pasa a través del regulador en la capacidad máxima, y el equipo se debe diseñar para esto, usando acero al 9% de níquel.

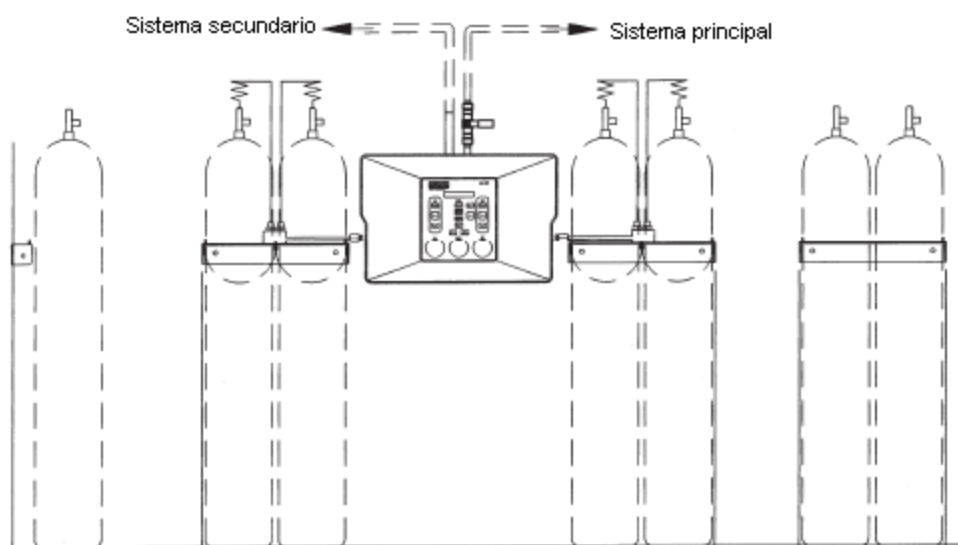


Figura 1. Manifold con panel de control

El almacenaje total se proporciona generalmente con base en el consumo semanal; cada banco del manifold debe sostener al menos el consumo de dos días y el almacén debe tener el consumo de al menos tres días.

La capacidad nominal útil de los cilindros usados comúnmente en los manifolds se da en la tabla 1.

Gas	Capacidad nominal a 137 kg/cm ² [litros]	Capacidad "real" util [litros]
Oxígeno	6 800	6 540
Oxido Nitroso	9 000	8 900
Mezcal Óxido Nitroso/ Oxígeno	5 000	4 740
Aire para uso médico	6 400	6 220
Mezcla Oxígeno/Dióxido de carbono al 5 %	6 800	6540

Tabla 1 Capacidades de cilindros de gases medicinales

En un manifold automático, un cambio de *servicio* ("duty") a "*Stand by*" debe ocurrir a una presión que asegure la mayor utilización posible del contenido de los cilindros de la bancada en *servicio*. Si la operación normal de control del cambio depende de una fuente eléctrica, el diseño debe ser tal ante una falla eléctrica no interrumpe el flujo del gas al sistema de la distribución.

Los manifolds y los paneles de control se deben diseñar y certificar para el uso de cilindros a 200 kgf/cm². Los manifolds principales deben incorporar una válvula de no retorno para permitir remover y reemplazar cualquier cilindro y para prevenir la descarga residual de un banco de cilindros.

La presión mínima de 35.6 kgf/cm² que debe estar disponible en cada unidad terminal es el mínimo requerido para el equipo médico. Al diseñar el sistema de la distribución, la caída de presión permisible es del 10% (en unidades terminales incluyendo los montajes de manguera) y requiere una presión mínima de la planta de 42.8 kgf/cm². El regulador de presión de la línea tiene una tolerancia de control de el +/- 4%; la presión máxima, como a condiciones estáticas, es de 46.9 kgf/cm².

Debe haber válvulas de regulación separadas para cada bancada de cilindros y el sistema de control debe ser diseñado para poder cambiar los cilindros de un banco, o el regulador de presión para un banco se puede reacondicionar, sin la pérdida de continuidad de la fuente de gas.

Las válvulas de seguridad deben ser del tipo check e instalarlas en cada tubería de la distribución abajo del regulador de presión del manifold y la válvula de aislamiento principal. Una válvula de seguridad de la presión se debe también instalar entre el manifold de emergencia y el sistema de distribución de la tubería. Debe tener una capacidad del flujo por lo menos igual a la del regulador de presión inmediatamente a contracorriente desde ella.

Esta línea de descarga se debe ventear a la atmósfera, fuera del edificio, en un área donde la descarga del oxígeno, óxido nitroso, mezclas, etc., no contribuyan a un riesgo de fuego o lesión al personal. Debe estar bien lejos de cualquier ventana o toma de aire. Los extremos de las tuberías de la descarga se deben dar vuelta hacia abajo para prevenir el ingreso de la suciedad y de la humedad, y se coloquen y protejan para no formar escarcha sobre ellas.

En instalaciones provistas de oxígeno líquido usando termos portátiles, los arreglos de las válvulas de seguridad son similares a los sistemas donde se utilizan oxígeno gaseoso.

b. Bancada de seguridad.

El manifold de cilindros para emergencia se debe situar en el cuarto de la fuente primaria. Los cuartos para manifolds de reserva para otros sistemas se deben instalar de forma semejantemente en un cuarto apropiado aparte.

La bancada de emergencia debe ser diseñada para proporcionar el mismo caudal que la bancada primaria y debe tener suficiente capacidad para proveer al sistema de suministro por lo menos 4 horas. Cuando para tal disposición se necesiten de seis cilindros o más en cada banco, los cilindros adicionales se deben mantener aparte. En un almacén se instalarán

una válvula check y válvula de cierre inmediatamente a contracorriente desde la conexión del manifold de reserva al sistema de la distribución de la tubería.

Una fuente de reserva para emergencia de dos cilindros normalmente sería considerada adecuada para un sistema manifold de cilindros donde el consumo no es muy alto. La válvula de un cilindro debe estar permanentemente abierta de modo que el gas esté inmediatamente disponible. La válvula del segundo cilindro debe estar cerrada de modo que por el uso alternativo la fuente de suministro continua puede ser mantenida.

Los requisitos para la capacidad de la fuente de reserva se deben precisar en la política operacional y deben considerar la situación local de la fuente para los cilindros, la fuente líquida (termos portátiles) en caso de una emergencia y el flujo del sistema que serían requeridos. El proveedor del gas debe ser consultado para establecer la cantidad de cilindros de reserva óptima.

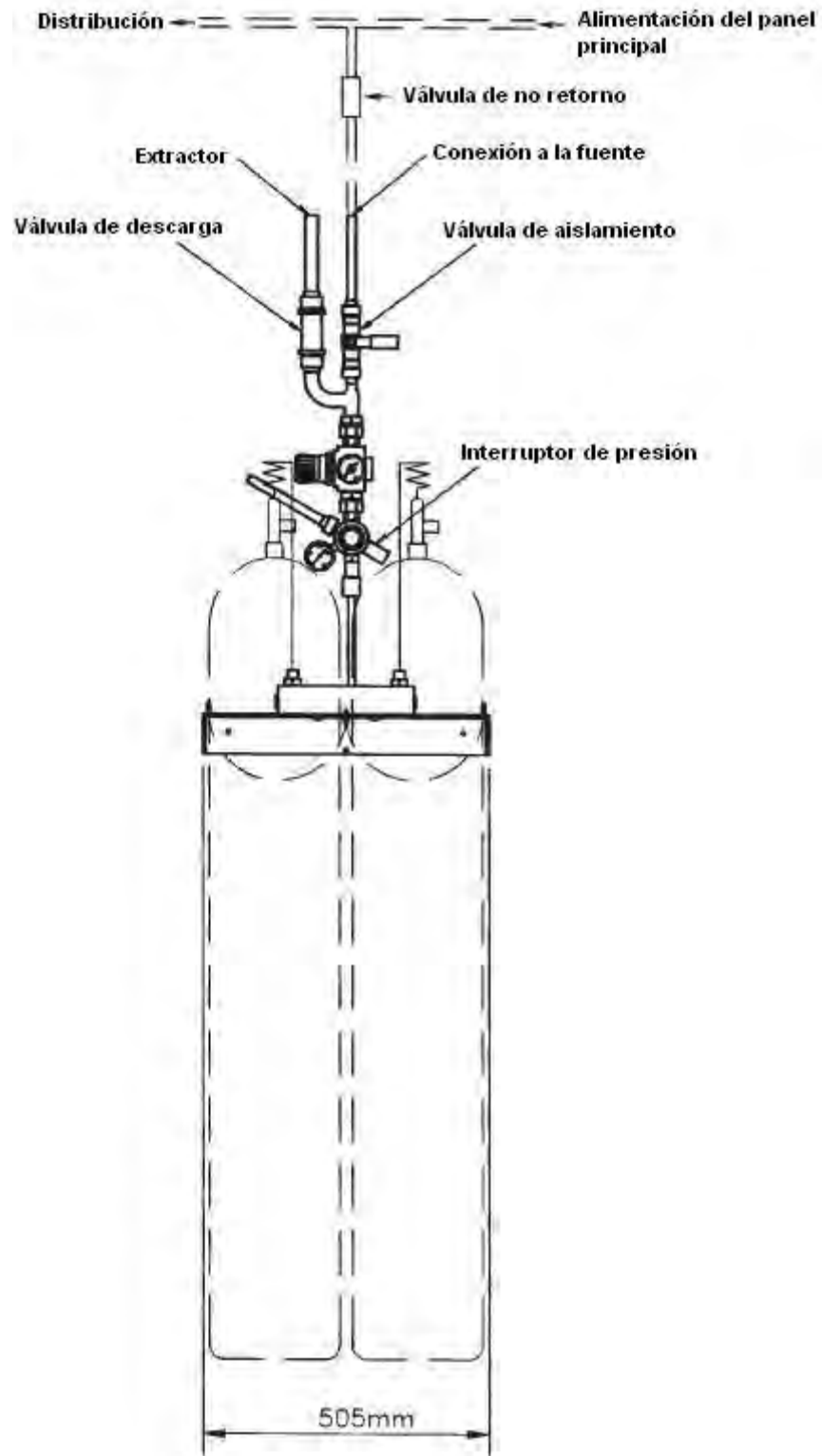


Figura 2. Configuración típica de una bancada de emergencia

B. LINEAMIENTOS DE DISEÑO PARA SISTEMAS CON TERMOS PORTÁTILES Y TERMOS ESTACIONARIOS

En esta parte se darán los principios de diseño para sistemas de distribución de gases criogénicos, tanto en termos portátiles como en termos estacionarios. De hecho, solo se mencionarán los lineamientos de diseño para oxígeno líquido ya que los usados para oxido nitroso son muy similares.

a. Sistemas de distribución usando oxígeno líquido en Termos estacionarios

El termo estacionario es un recipiente sujeto a presión interna, que opera a condiciones criogénicas, hecho acero inoxidable o acero con 9 % níquel, preparado para resistir una presión máxima de 15Kg/cm^2 , apoyado dentro de un recipiente externo, similar a un frasco a vacío y mantiene una temperatura menor a $-183\text{ }^\circ\text{C}$, por lo que el oxígeno permanece en estado líquido. El uso del termo estacionario tiene ventajas sobre otros sistemas de fuente del oxígeno donde existen las altas demandas, y se utiliza siempre que pueda demostrar ser más económico, a condición de que haya una localización conveniente para éste. Las instalaciones del termo estacionario demuestran un ahorro significativo del trabajo manual con respecto a los manifolds de cilindros convencionales.

Los componentes de un sistema de termo estacionario son:

- Sistema de llenado.
- Instalación de Oxígeno de reserva.
- Instalación independiente de emergencia.
- Sistema de vaporización.

La instalación de reserva de oxígeno líquido se selecciona normalmente para prever por lo menos un consumo de 14 días. Se debe incluir una fuente de respaldo de emergencia equivalente a 24 horas de uso promedio, disponible en sitio. Esta puede ser proporcionada por otra estación de termo estacionario, manifold de termos portátiles o de cilindros de gas comprimidos, según sea apropiado para cada sitio.

Un máximo de 20 cilindros están conectados normalmente con el manifold de la emergencia (diez en cada bancada). Es esencial que cualquier variación del número de los cilindros conectados al “manifold” de emergencia sea validada y documentada por el proveedor del gas, claramente indicando responsabilidades y expectativas para el suministro de cilindros.

El sistema de vaporización a medio ambiente pasa el líquido a gas a una presión de funcionamiento requerida de 10.5 kgf/cm^2 .

El panel de control y la instrumentación están normalmente montados centralmente en el frente del recipiente. Los detalles del recipiente a presión se dan en una placa montada en un extremo. El recipiente se debe etiquetar claramente con el nombre del producto.

El panel de control se diseña para aceptar una fuente de oxígeno gaseoso del termos estacionario a 10.5 kgf/cm^2 ó de un manifold de espera a 8.5 kgf/cm^2 y reducir la presión 4.2 kgf/cm^2 en el sistema de distribución de la tubería principal del oxígeno.

b. Sistemas de distribución usando oxígeno líquido en Termos portátiles

Tradicionalmente, el oxígeno medicinal se ha provisto con “manifolds” y cilindros. Sin embargo, para inmuebles que requieran necesidades más altas de gas que las proporcionadas por manifolds de cilindros pero que requieran un flujo casi ininterrumpido, entonces se usan sistemas mixtos de “manifolds” con tanques de oxígeno líquido.

El “manifold” será clasificado según el uso anual medio, con instalaciones de cilindro de líquido que satisfagan idealmente los consumos anuales de entre de 3000 y $40.000 \text{ N}\cdot\text{m}^3$ por año.

Mientras que el consumo mínimo del Termo Estacionario refleja un uso anual de aproximadamente 27.500 N*m³ por año, hay un traslape del consumo anual entre 27.500 N*m³ y 40.000 N*m³ por año, donde el termo estacionario o una instalación de cilindros con oxígeno líquido se podría considerar para satisfacer un requisito particular o para acomodar restricciones posibles del sitio.

Las ventajas de los cilindros de oxígeno líquido son:

- a. Aumento de eficacia;
- b. Ahorro de trabajo para el hospital;
- c. Mejora el ambiente de seguridad;
- d. Mayor seguridad de la fuente principal y en la reserva;
- e. Espacio reducido del manifold y del cilindro.

Los cilindros de oxígeno líquido medicinal son de "doble pared" con vacío entre ellos y el aislamiento térmico de múltiples capas. Son convenientes para el transporte y el almacenaje del oxígeno líquido, y proporcionan un sistema de fuente autónomo completo de gas para el uso del hospital.

En la práctica, los cilindros de oxígeno líquido son requeridos para ser instalados en el "manifold" junto con el panel de control, las alarmas y los sistemas de reserva.

El "manifold" se diseña para permitir un número de cilindros para ser acomodados de tal manera que se complementan sus características de funcionamiento particulares, dando un solo punto del enchufe del gas al panel de control.

El panel de control se diseña para mantener una presión del enchufe de 4.2 kgf/cm² y un caudal requerido de hasta de 500 litros por minuto.

Las alimentaciones de la fuente de reserva en el panel de control, cuando la presión del líquido del cilindro cae debajo de un valor preestablecido, comenzarán a distribuir un flujo

de oxígeno automáticamente. Esto asegura un abastecimiento constante de oxígeno a la presión correcta requerida.

La fuente del oxígeno de emergencia consiste en un manifold de cambio manual o automático en la operación automáticamente. El tamaño del manifold se debe determinar por los requisitos de un Hospital.

Los cilindros se deben localizar a por lo menos a una distancia de 3 metros de:

- a. Drenajes abiertos
- b. Fosas;
- c. Trincheras;
- d. Cualquier abertura a cuartos subterráneo;
- e. Cualquier material combustible.
- f. Grasas y aceites.

ANEXO B. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE EQUIPOS PARA SISTEMAS A.C.S Y AIRE ACONDICIONADO

A. DISEÑO Y SELECCIÓN DE SISTEMAS A.C.S

a. Generalidades.

En los circuitos de ACS, los criterios de selección se deben basar en el control de la temperatura del agua por encima de los 60 °C. El caudal instantáneo demandado por la instalación de ACS varía de forma extremadamente brusca de un instante a otro. Estas variaciones obligan generalmente a disponer de una reserva acumulada que sea capaz de compensar la demanda de un determinado momento.

El sistema más utilizado en las instalaciones de agua caliente sanitaria es el centralizado, en el cual los focos caloríficos son calderas centrales instaladas en salas de calderas, pudiendo funcionar mediante combustibles sólidos, líquidos o gaseosos. El agua caliente sanitaria se obtiene por calentamiento indirecto en intercambiadores de calor, a donde llega un circuito primario desde la caldera, (en circuito cerrado), que va cediendo el calor al agua contenida en el secundario del mismo. Un tipo de intercambiador muy extendido en su aplicación es el de tipo multitubular, que está constituido fundamentalmente por un haz tubular, por cuyo interior circula el agua caliente primaria (calentada mediante caldera), colocado en el interior de una carcasa cilíndrica, circulando el agua a calentar (ACS) por el espacio existente entre el haz tubular y la carcasa.

Para que un sistema de preparación de agua caliente sanitaria cumpla satisfactoriamente con su función, es esencial que disponga de una potencia calorífica suficiente, auxiliada por una acumulación térmica en su caso, para absorber los caudales del consumo punta sin perjuicio para la estabilidad de la temperatura del agua en los puntos de consumo.

El sistema de producción centralizado con lleva un conjunto de instalaciones necesarias para la producción del ACS, su almacenamiento y distribución hasta los diferentes puntos de consumo (lavabos, duchas, grifos, etc.), lo que da lugar a una instalación compuesta por una serie de elementos variados, unido a una red de tuberías ampliamente ramificadas por

todo el edificio, y con unas temperaturas del agua caliente tales, que el conjunto puede constituir una instalación propicia para la proliferación de *Legionella*.

Los sistemas de acumulación deben ser diseñados de manera que se tenga en cuenta el fenómeno de la estratificación de la temperatura del agua, con el fin de suministrar agua caliente sanitaria a una temperatura constante.

Cuando se proyecte o efectúe una instalación de conducción de agua, se debe realizar una correcta selección del material de las tuberías y, en general, de los circuitos, puesto que hay aguas cuya composición puede ser corrosiva para diferentes materiales.

Para determinar el mejor material, el proyectista debe tomar en cuenta la prevención de la corrosión en circuitos de agua, así como las siguientes premisas:

- a) Características del agua y determinación de su grado de agresividad frente a los diversos materiales existentes.
- b) Experiencia de las instalaciones ya realizadas en la misma zona y con el mismo tipo de agua.
- c) Temperatura del agua como factor de aceleración de la velocidad de corrosión.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores para las tuberías pueden emplearse materiales como el cobre o algunos plásticos como polietileno (PEX), polibutileno (PB), polipropileno (PP), etc.

Si se utiliza acero galvanizado se debe tener presente que, en función de la composición química del agua, se pueden presentar procesos de corrosión a partir de 50 °C y más aceleradamente hasta los 70 °C.

En el diseño de instalaciones de agua, no se deben instalar tuberías de cobre que precedan a las tuberías de acero galvanizado, a fin de evitar que el cobre soluble se deposite aguas abajo sobre el acero galvanizado y cause ataques galvánicos.

Los intercambiadores de calor deben construirse en materiales resistentes a la corrosión como aceros inoxidable adecuados, titanio, etc. Los acumuladores de agua caliente sanitaria son normalmente de acero al carbono con un revestimiento, aunque también se construyen en acero inoxidable. Los acumuladores de acero al carbono revestido, tienen un comportamiento frente a la corrosión que depende del tipo de agua y las condiciones de trabajo y la mayoría incorpora un sistema de protección catódica complementario. Los acumuladores de acero inoxidable pueden sufrir corrosión localizada en función del tipo de acero inoxidable utilizado, de las técnicas de construcción del depósito, del tipo de agua y de las condiciones de trabajo (principalmente la temperatura).

b. Selección del equipo.

Para una correcta selección del equipo a utilizar se han de tener en cuenta las características que se presentan a continuación:

- Todos los sistemas, equipos y componentes, se diseñarán para poder efectuar y soportar tratamientos de choque térmico a una temperatura de 70 °C. El sistema de calentamiento debe ser capaz de elevar la temperatura del agua hasta 70 °C o más para su desinfección.
- Se debe calcular la instalación de forma que la temperatura del agua permanezca en todo punto de la instalación por encima de 50 °C. Para ello es necesario aislar térmicamente equipos, aparatos y tuberías.
- Cuando se prevean equipos y aparatos en reserva, deben aislarse mediante válvulas de corte de cierre hermético y deben estar equipados de una válvula de drenaje situada en el punto más bajo.
- Con el fin de impedir la estratificación del agua y evitar que se mantenga un volumen de agua templada, los depósitos deben de tener una elevada relación altura/diámetro y deben ser instalados verticalmente. Si se prevén varios depósitos, la conexión deberá hacerse en serie.
- Existen dispositivos de filtración con un tamaño de poro adecuado para la retención de bacterias que pueden ser instalados en los puntos terminales de la red. Estos pueden ser especialmente recomendables en instalaciones de muy alto riesgo, tales

como salas de hospitalización, transplantados, inmunodeprimidos, oncología, u otras.

Características técnicas. En la fase de diseño de los sistemas se han de tener en cuenta los siguientes aspectos:

- a) **Materiales.** Se han de utilizar materiales, en contacto con el agua de consumo humano, capaces de resistir una desinfección mediante elevadas concentraciones de cloro u otros desinfectantes o por elevación de temperaturas, evitando aquellos que favorezcan el crecimiento microbiano y la formación de biocapa en el interior de la instalación.

- b) **Facilidad de desmontaje para la realización de operaciones.** Todos los equipos y componentes deben ser fácilmente accesibles para la revisión, mantenimiento, limpieza y desinfección. Se establece un criterio para la catalogación de los depósitos de acumulación:
 - Los depósitos mayores de 750 litros deben disponer de una boca de hombre fácilmente accesible, con un diámetro mínimo de 400 mm o un sistema equivalente para permitir realizar operaciones de limpieza, desinfección y protección contra la corrosión.
 - En los depósitos menores de 750 litros (considerados domésticos), es suficiente disponer de un acceso que permita la limpieza manual de todas las superficies interiores.

Es recomendable que los puntos terminales, como grifos y duchas, cuenten con elementos desmontables que permitan su correcta limpieza y desinfección.

- c) **Facilidad de desaguado** Las redes de tuberías deberán estar dotadas de válvulas de drenaje en todos los puntos bajos. Los drenajes se deberían conducir a un lugar visible y estar dimensionados para permitir la

eliminación de los detritos acumulados. Los depósitos de acumulación deberán contar con una válvula de desagüe en el punto más bajo del mismo, de forma que permita su completo vaciado. La purga del acumulador permitirá la toma de muestras. En termoacumuladores de pequeño volumen la toma de muestra se podrá realizar del punto más cercano.

- d) **Características de las conducciones.** Se debe evitar la formación de zonas de estancamiento del agua, como tuberías de desviación, equipos y aparatos de reserva, tramo de tuberías con fondo ciego, etc. Los tramos de tubería en los que no se pueda asegurar una circulación del agua y una temperatura mínima superior a 50 °C no pueden tener una longitud superior a 5 metros o un volumen de agua almacenado superior a 3 litros. Esto sería aplicable a los sistemas que disponen de válvula mezcladora, en los que se deben garantizar 50 °C antes de la propia válvula.

Selección de calderas. Tres criterios deben ser considerados al momento de seleccionar una caldera para cumplir con los requerimientos de la aplicación.

Estos criterios son:

1. **Requerimientos de códigos y normas.** Existe un número de códigos y normas, leyes y regulaciones que abordan a las calderas y el equipo asociado que deben ser considerados cuando se diseña un sistema de generación de vapor. Los requerimientos regulatorios son dictados por varias instituciones y todas ellas se enfocan principalmente en la seguridad. Algunas reglas claves a considerar son:

- La industria de las calderas está estrictamente regulada por la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME: American Society of Mechanical Engineers) y por los códigos ASME, los cuales gobiernan el diseño, la inspección y el seguro de calidad de las calderas.

- Los recipientes a presión de las calderas deben presentar el estampado ASME. (Desaeradores, economizadores y otros recipientes sujetos a presión interna también deben estar estampados por ASME).

2. Vapor o agua caliente. El objetivo principal de una caldera es suministrar energía para alguna operación en alguna instalación en calefacción, procesos de manufactura, lavandería, cocinas, etc. La naturaleza de la operación dictará si se empleará una caldera de vapor o de agua caliente.

El agua caliente comúnmente se emplea calentado las aplicaciones de calentamiento con la caldera suministrando agua al sistema a una temperatura entre los 82 y 104 °C La presión de operación para sistemas que emplean agua caliente es de 2.1 a 8.8 kg/cm² . Bajo estas condiciones, existe una amplia variedad de productos para caldera de agua caliente. Si los requerimientos del sistema para agua caliente son mayores a los 115 °C, deberá ser considerada una caldera de agua caliente de alta temperatura.

Las calderas de vapor están diseñadas para aplicaciones de baja y alta presión. Las calderas de baja presión están limitadas a 1kg/cm² y se utilizan comúnmente para aplicaciones de calentamiento. Las calderas de alta presión se utilizan generalmente para cargas de procesos y pueden operar a presiones entre 5.3 y 50 kg/cm². La mayoría de los sistemas de las calderas de vapor requieren vapor saturado.

Las calderas de vapor y agua caliente se definen de acuerdo a la presión de diseño y presión de operación. La presión de diseño es la máxima presión utilizada en el diseño de la caldera con el propósito de calcular el mínimo grosor permisible o las características físicas de las partes del recipiente a presión de la caldera

3. Carga de la caldera. La carga del sistema es medida ya sea en unidades de energía (kJ, kcal, Btus, etc.) o en unidades de flujo másico de vapor (kg/hr, tons/hr, lbs/hr, etc.) a una presión y temperatura específicas. En esta sección de la carga del sistema, incluiremos referencias tanto al vapor como al agua caliente. Sin embargo,

no todas las situaciones o criterios se aplican a ambos por igual.. El conocimiento de la carga del sistema proporciona la siguiente información:

- La capacidad de la(s) caldera(s), tomado del máximo de requerimiento de carga del sistema.
- Las condiciones de apagado de la(s) caldera(s), tomadas del mínimo de requerimiento de carga del sistema.
- Las condiciones de máxima eficiencia, tomadas de la carga promedio del sistema.
- La determinación de los requerimientos totales de la carga del sistema requiere un entendimiento del tipo de carga en el sistema.

Diseño y selección del suavizador. Para el procedimiento de seleccionar un suavizador adecuado para la alimentación del agua a la caldera, muchas consideraciones deben de ser revisadas. Es básico obtener un análisis del agua, los caballos de vapor de la caldera y la información pertinente sobre la recuperación de vapor en condensados. Cada una de estas áreas deberá de ser calculada antes de comenzar el proceso de selección del suavizador.

Análisis de la Dureza en el Agua. El grado de dureza en cada lugar nunca deberá de ser asumida. Se debe hacer todo el esfuerzo posible para obtener un análisis del agua en el lugar en donde se va a instalar la caldera. Esto nos va a asegurar una alta eficiencia en el proceso de selección del suavizador.

El orden para seleccionar un suavizador de agua, comienza con determinar como primer paso la cantidad de dureza. Muchos de los análisis del agua expresan la dureza en p.p.m. Las partes por millón deben convertirse a “granos por galón” (gpg), para poder calcular el tamaño del suavizador. Para convertir la dureza expresada en ppm a gpg hay que dividir los ppm entre 17.1.

Determinar el volumen de agua de reemplazo. Para determinar la cantidad de agua empleada para alimentar una caldera, se necesita hacer algunos cálculos; para convertir la

capacidad promedio de la caldera a abastecimiento máximo de agua en galones. La capacidad promedio de una caldera es expresada de muchas maneras, como sea, todas se pueden convertir a el factor común que es “Caballos Vapor Caldera”. Por cada caballo vapor caldera, la caldera requiere alimentarse con 4.25 galones por hora. Para convertir la capacidad de la caldera expresada en otras unidades le anexamos tabla 1 de referencia.

Capacidad de la caldera	Factor de Conversión (HP)
Libras de Vapor por hora	Divide / 34.5
BTU's	Divide / 33,475
Pies cuadrados - tubo de agua	Divide / 10
Pies cuadrados - tubo de humo	Divide / 12

Tabla 1. Factores de conversión para capacidades de caldera

Una vez determinada la capacidad de la caldera en caballos de fuerza hay que considerar dos factores adicionales. El primero es calcular la cantidad de agua necesaria de abastecimiento a la caldera en un período de 24 horas y la cantidad de condensado recuperado en una caldera. El operador de la caldera o el ingeniero de diseño generalmente conocen esta información. La cantidad de condensados recuperada es restada de la capacidad máxima de alimentación a la caldera, calculada del los caballos vapor o caballos de fuerza. La cantidad neta se obtiene del resultado de la cantidad máxima con base en los caballos de vapor, menos la cantidad de condensados recuperados en el sistema.

Un método muy preciso para determinar la cantidad neta de agua de reposición a la caldera por cada hora, o el porcentaje de condensado recuperado, puede ser sencillo de determinar en calderas en operación mediante la comparación del análisis del agua del condensado en el tanque de recuperación y del agua de reposición. En la comparación de estos dos flujos de agua uno puede ser muy preciso en la determinación de la cantidad de condensados recuperados en el sistema.

El segundo paso es obtener el número de horas al día en que la caldera está en operación. Esto no es solo importante en la determinación del volumen de agua para alimentar la caldera, también es importante esta información para determinar el diseño de nuestro sistema de suavización. Una caldera que opera las 24 horas del día, necesitará agua

suavizada todo el tiempo, por lo tanto en el diseño se tiene que considerar dos unidades suavizadores (una como uso principal y otra como reserva). En sistemas en donde la operación es solamente 16 horas al día, un suavizador de una unidad cumple con las necesidades de la caldera. El tiempo típico para regenerar un suavizador es menor a tres horas.

Capacidades promedio del Suavizador. Hay que estar familiarizado en cuales son las capacidades de un suavizador. Obviamente, los esfuerzos realizados para calcular los granos totales necesarios para suavizar un volumen en específico de agua con una dureza específica sirven para seleccionar algún suavizador en base a su capacidad. Cuando se revisa la información técnica de un suavizador se observara que la mayoría de ellos siempre vienen especificados a su capacidad máxima de intercambio en grano. Por ejemplo, para remover 78200 granos al día, la selección no debe de realizarse en la capacidad máxima de granos del suavizador por que hacer esto tendrá como resultado una ineficiente operación en términos de consumo de sal. La selección debe realizarse con base en la capacidad baja o media de granos del suavizador. Los tres niveles convencionales para los suavizadores son:

- a) **30,000 granos por pie³ de resina (regenerando con 15 libras de sal por pie³ de resina)**
- b) **25,000 granos por pie³ de resina (regenerando con 10 libras de sal por pie³ de resina)**
- c) **20,000 granos por pie³ de resina (regenerando con 5 libras de sal por pie³ de resina)**

Si nosotros aplicamos mediante una sencilla regla de tres lo anterior al ejemplo dado, se observan los beneficios en forma muy tangible, además de observar un ahorro real del 50% en el consumo de sal. A continuación se le ofrecen al lector los resultados del ejemplo, en donde se remueven 78,200 granos por día:

- a) **$78,200 \text{ gpg} / 30,000 \text{ granos pie}^3 = 2.60 \text{ pies}^3 \times 15 \text{ libras de sal} = 39.09 \text{ libras de sal al día}$**
- b) **$78,200 \text{ gpg} / 25,000 \text{ granos pie}^3 = 3.12 \text{ pies}^3 \times 10 \text{ libras de sal} = 31.28 \text{ libras de sal al día}$**

c) $78,200 \text{ gpg} / 20,000 \text{ granos pie}^3 = 3.91 \text{ pies}^3 \times 5 \text{ libras de sal} = 19.55 \text{ libras de sal al día}$

Es importante mencionar que el empleo de la máxima, media o baja capacidad solamente afecta en el consumo de sal, pero cualquiera de las tres que se seleccione el suavizador elimina totalmente la dureza, esto se hace por el ahorro en la operación y no por la calidad del agua.

Tecnología en diseño y operación. Se recomienda para aplicar la tecnología existente y lograr un óptimo diseño en la selección del suavizador, emplear sistemas de dos tanques o dúplex, con un control automático con operación con base en la demanda de agua, los equipos trabajan en alternamente (uno genera agua suavizada mientras que el otro se encuentra en regeneración o en reposo) obteniendo como primer beneficio agua suavizada las 24 horas del día.

Otro beneficio importante es que para hacer nuestra selección, podemos emplear el criterio de una regeneración al día, pero dividiendo la cantidad de resina en los dos tanques, esto hace el equipo el 50% más pequeño, por que se empleará el 50% de la resina en cada tanque.

B. ELECCIÓN DE SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO.

Es imprescindible que el ingeniero de diseño y el dueño del equipo colaboren en identificar en la clasificación de los criterios asociados a la meta del diseño. Algunos criterios que pueden ser considerados son temperatura, humedad, requisitos de la presión, requisitos de la capacidad, redundancia, requisitos espaciales, primer costo, gastos de explotación, costo de mantenimiento, etc.

Metas Adicionales. Además de la meta fundamental para proporcionar el ambiente deseado, el ingeniero de diseño debe estar enterado de y explicar otras metas que el dueño puede requerir. Estas metas pueden incluir apoyando un proceso, tal como la operación del material informático, promover un ambiente libre de gérmenes, etc.

Apremios del Sistema. Una vez que se enumeren los criterios de la meta y las opciones adicionales de la meta, muchos premios deben ser determinados y ser documentados. Estos premios pueden incluir limitaciones del funcionamiento (es decir, temperatura, humedad, y presión del espacio), capacidad disponible, espacio disponible, fuente de la utilidad de la disponibilidad, arquitectura del edificio.

Pocos proyectos permiten la evaluación cuantitativa detallada de todas las alternativas. El sentido común, los datos históricos, y la experiencia subjetiva se pueden utilizar para enangostar opciones a uno o dos sistemas potenciales. Las cargas de la calefacción y del aire acondicionado contribuyen a menudo a los premios, reducir las opciones a los sistemas que cabrán en el espacio disponible y serán compatibles con la arquitectura del edificio.

Las cargas varían en un cierto plazo debido a la época de día / noche, a los cambios en el tiempo, a la ocupación, a las actividades, y a la exposición solar. Cada espacio con un diverso uso y/o exposición puede requerir una diversa zona del control mantener comodidad del espacio. Algunas áreas con requisitos especiales pueden necesitar sistemas individuales.

ANEXO C. CONCEPTOS DE LA NORMA ISO 9000 Y GESTIÓN DE CALIDAD

A. ANTECEDENTES Y EVOLUCIÓN DE LAS NORMAS ISO 9000.

A finales de los años cincuenta y principios de los sesenta, las agendas de adquisiciones del gobierno de los Estados Unidos de Norteamérica, comenzaron a mostrarse cada vez más preocupados sobre la fiabilidad y desempeño del equipo suministrado a las fuerzas armadas.

En un intento de controlar la calidad, las fábricas se poblaron de gran número de inspectores. Estos, junto con otros organismos de inspección de tercera parte, pronto fueron vistos como un medio muy costoso e ineficaz de asegurar la calidad de los proveedores.

La Marina de los Estados Unidos con su norma MIL Q 21549 y la Fuerza Aérea de los Estados Unidos con su norma AF 1523 introdujeron el concepto de las normas de sistemas de calidad.

A partir de esto se evolucionó hacia la primera norma de sistemas de calidad reconocida ampliamente que fue la MIL Q 9858A, desarrollada en respuesta a la creciente preocupación sobre la fiabilidad y desempeño del equipo suministrado a la fuerza armada.

Esta norma fue la precursora de las normas de sistema de calidad de la NATO AQAP.

Este desarrollo coincidió con una importante expansión en el Programa Nuclear Civil de los Estados Unidos.

Inicialmente, la industria nuclear adoptó la norma militar de calidad pero pronto desarrolló su propia norma de sistemas de calidad ANSI N45.2. Esta norma y las que se originaron a partir de ella fueron altamente impositivas y se desarrollaron en respuesta a la seguridad y no como parte de una cultura de negocios.

A partir de esta norma se desarrollaron dos normas actuales, esto es, la Norma de Calidad Nuclear de los Estados Unidos NQA1 y la Norma de Sistemas de Calidad 50-C-QA de la Agenda Internacional de Energía Atómica.

Por otro lado, el Reino Unido fue el primero en reconocer los beneficios de las normas de sistemas de calidad como medio de mejorar los negocios.

Previamente, las normas de calidad según se usaban en las industrias militares y nucleares se enfocaban al logro de la fiabilidad, desempeño y seguridad a cualquier precio.

Al adoptar las normas de calidad primeramente para establecer el control de los negocios, reducir el desperdicio y mejorar los procesos, el Reino Unido demostró los beneficios del enfoque del sistema de calidad para la administración de los negocios.

El énfasis cambió hacia una filosofía de control del proceso y mejoramiento a través de un estudio de procesos y la eliminación progresiva de desperdicios. Este énfasis coincidió con un movimiento dentro de la industria para asignar la responsabilidad de la inspección a quien realmente pertenecía: la gente que opera los procesos.

Esto además vino acompañado por un movimiento que se dio entre los principales clientes para alejarse de la inspección y girar hacia una filosofía que se basara en la evaluación de la capacidad de un proveedor para cumplir con las necesidades establecidas del cliente. Los clientes podían evaluar a los proveedores en diversas formas, incluyendo:

- Visitas a los proveedores e inspección de productos y actividades de producción.
- Supervisión continua del desempeño del proveedor.

En ocasiones los proveedores encontraban que las visitas de evaluación por parte de los clientes terminaban afectando el orden de sus negocios. Mas aun, cada cliente podía en un momento dado imponer diferentes requisitos o diferentes normas de calidad para controlar la manufactura. Para resolver estos problemas, el gobierno del Reino Unido aceptó una recomendación para que se desarrollara una norma de sistemas de calidad

que pudieran utilizarse tanto por un cliente como por un organismo certificador de tercera parte para evaluar al proveedor.

La norma propuesta debía cumplir con las necesidades de muchas industrias, clientes y proveedores. La Serie de Normas BS 5750 se elaboró como respuesta directa a estas recomendaciones.

Estas normas Británicas tuvieron una gran influencia en la formación de la primera serie de normas de calidad realmente internacional.

B. EL ORGANISMO ISO.

ISO nació de la unión de dos organizaciones. Una fue la ISA (Federación Internacional de las Asociaciones de la Estandarización Nacional), establecida en Nueva York en 1926 y administrada desde Suiza. La otra fue la UNSCC (Comite Coordinador de Estandares de las Naciones Unidas), establecida in 1944 y administrada en Londres.

Oficialmente ISO fue establecido durante la conferencia de organizaciones de estandarización **nacional**, llevada a cabo del 14 al 26 de Octubre de 1946.

Una de los primeros trabajos de esa conferencia fue el establecimiento del nombre, los ingleses y los estadounidense quería el nombre de "International Standards Coordinating Association" (Asociación Coordinadora de Estandares Internacionales), sin embargo la palabra "coordinating" no les gustaba, por lo que derive en International Organization for Stanrdization (Organization Internacional para la Estandarización).

Se menciona: derivado de que International Organization for Standardization tendría diferentes abreviaciones en diferentes idiomas: "IOS" en Ingles, "OIN" en Frances por Organisation Internationale de Normalisation, se decidió al principio usar una palabra derivada del griego "isos" que significa "igual". Entonces, en cualquier país, en cualquier idioma, la forma abreviada del nombre de la organización siempre es ISO.

A. FUNDAMENTOS DE LOS SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD

Los clientes necesitan productos con características que satisfagan sus necesidades y expectativas y son ellos quienes definen si estos cumplen o no con ellas, esto es lo que se denomina como requisitos del cliente. Es decir, el cliente es quien determina la aceptabilidad del producto, por lo que las organizaciones deben mejorar continuamente sus productos y procesos.

El enfoque de la norma es hacia el cliente, a través de un sistema de gestión de la calidad (S.G.C), que le permita a las organizaciones analizar los requisitos del cliente, definir sus procesos necesarios para lograr la satisfacción del cliente y mantener tales procesos bajo control. Con el SGC se puede—establecer el marco de referencia para la mejora continua.

B. MODELO BASADO EN PROCESOS.

Cualquier actividad, o conjunto de actividades, que utiliza recursos para transformar elementos de entradas en resultados puede considerarse como un proceso.

Para que las organizaciones operen de manera eficaz, tienen que identificar y gestionar numerosos procesos interrelacionados y que interactúan. A menudo el resultado un proceso constituye directamente el elemento de entrada del siguiente proceso. La identificación y gestión sistemática de los procesos empleados en la organización y en particular las interacciones entre tales procesos se conoce como "enfoque basado en procesos".

La norma ISO 9000 pretende fomentar la adopción del enfoque basado en procesos para gestionar una organización.

La Figura 1 ilustra el sistema de gestión de la calidad basado en procesos descrito en la familia de normas ISO 9000. Esta ilustración muestra que las partes interesadas juegan un papel significativo para proporcionar elementos de entrada a la organización. El

seguimiento de la satisfacción de las partes interesadas requiere la evaluación de la información relativa a su percepción de hasta que un punto se han cumplido sus necesidades y expectativas. El modelo mostrado en la figura 1 muestra los procesos a un nivel detallado.



Figura 1.

A. LOS 8 PRINCIPIOS DE LA ADMINISTRACIÓN PARA LA CALIDAD (ISO-9000).

Con el fin de conducir y operar una organización en forma exitosa se requiere que esta se dirija y controle en forma sistemática y transparente. Se puede lograr el éxito implantado y el mantenimiento de un sistema de gestión que este diseñado para mejorar continuamente su desempeño mediante la consideración de las necesidades de todas las partes interesadas. La gestión de una organización comprende la gestión de la calidad entre otras disciplinas de gestión.

Se han identificado ocho principios de gestión de la calidad que pueden ser utilizados por la alta dirección con, con el fin de conducir a la organización hacia una mejora en el desempeño.

1. **Enfoque al cliente.** Las organizaciones dependen de sus clientes y por lo tanto deberían comprender las necesidades actuales y futuras de los clientes, satisfacer los requisitos de los clientes y esforzarse en exceder las expectativas de los clientes.
2. **Liderazgo.** Los líderes establecen unidad de propósito y dirección a la organización. Ellos deberían crear y mantener un ambiente interno, en el cual el personal pueda llegar a involucrarse totalmente en el logro de los objetivos de la organización.
3. **Participación del personal.** El personal, a todos los niveles, es la esencia de una organización y su total compromiso posibilita que sus habilidades sean usadas para el beneficio de la organización.
4. **Enfoque basado en procesos.** Un resultado deseado se alcanzan más eficientemente cuando las actividades y los recursos relacionados se gestionan como un proceso.
5. **Enfoque de sistema para la gestión.** Identificar, entender y gestionar los procesos interrelacionados como un sistema, contribuye a la eficacia y eficiencia de una organización, en el logro de sus objetivos.
6. **Mejora continua.** La mejora continua del desempeño global de la organización debería ser un objetivo permanente de esta.
7. **Enfoque basado en hechos para la toma de decisión.** Las decisiones eficaces se basan en el análisis de datos y en la información.
8. **Relación mutuamente beneficiosa con el proveedor.** Una organización y sus proveedores son interdependientes, y unas relaciones mutuamente beneficiosas aumenta la capacidad de ambos para crear valor.

Estos ocho principios de gestión de la calidad constituyen la base de las normas de sistemas de gestión de la calidad de la familia ISO 9000.

B. IMPLEMENTANDO EL SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD.

Antes de implementar un sistema de gestión de calidad en la organización es importante evaluar en primera instancia, las fortalezas y oportunidades de mejora de la organización; para lo cual puede establecerse como primer paso una etapa de diagnóstico actual de la organización, de manera que pueda determinarse la forma de trabajo, los procesos, mecanismos y/o sistemas que se tienen para el logro de la satisfacción del cliente.

Cuando la organización evalúa su situación actual, le permite tener una primera visión de qué tan alejadas o cercanas están a un marco normativo como el ISO-9001:2000, de tal manera que podrán dimensionar preliminarmente el tamaño del trabajo a realizar para lograr que la organización logre sus resultados mediante la gestión por procesos.

Cada organización debe definir la forma en que se realizara la identificación de sus fortalezas y debilidades, pero he aquí algunas sugerencias:

- Es necesario que las organizaciones, antes de iniciar el desarrollo de un SGC, se capacite en lo que es ISO-9001:2000
- Se realice el ejercicio de identificar la forma de trabajo actual de la organización, el cual puede ser mediante una Auditoria de diagnóstico.
- El reporte de auditoria debe dar énfasis a las fortalezas y debilidades de la organización, en términos de procesos
- También mediante el análisis de los resultados actuales de la organización (tanto de eficacia, como de eficiencia) identificar los procesos fuertes y los débiles o ausentes, pero todos ellos necesarios para lograr la satisfacción del cliente
- Puede realizarse una encuesta de satisfacción del cliente para identificar el ahora, y con el SGC, el después.

Cuando se establece la necesidad de instalar un sistema de calidad es muy conveniente conocer las expectativas de todas las partes interesadas,

Clientes y usuarios finales.

- Empleados.
- Proveedores.

- Accionistas.
- Sociedad.
- Otros.

Con la información obtenida, se podrá hacer un mejor diseño de sistema que sea capaz de cumplir y satisfacer las necesidades y expectativas de aquellos que tienen una relación con nuestra organización.

Acciones requeridas para la implementación del sistema ISO 9001:2000. También es importante que haga acopio de la información que se requerirá para el proyecto y se efectúen algunas acciones previas o durante el proceso de implantación del sistema:

- Adquirir el juego de normas y distribuir las a los involucrados.
- Capacitar al personal clave y principales involucrados.
- Contacte a su organismo certificador
- Analice casos de estudio.
- Si es posible, obtenga referencias de empresas certificadas en la ISO 9000: 2000.

Programa de sensibilización y difusión. Uno de los mecanismos más utilizados para lograr el involucramiento del personal en el Sistema de Gestión de la calidad son los programas de sensibilización y difusión a la calidad, estos permiten a la organización incorporar paulatinamente al personal en la calidad, en el Sistema de Gestión, en la norma ISO-9001:2000 y en los objetivos para lograr el desarrollo e implementación del sistema.

Como uno de los 8 principios de gestión de calidad, la participación del personal es fundamental para el desarrollo e implementación de un sistema de gestión de la calidad, pues sobre el personal estará apoyado todo el sistema, por lo que motivar, incentivar, reconocer y apoyar al personal que participa en este será un buen camino para el funcionamiento sostenido del Sistema de Gestión de la calidad.

C. PROGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN

Elaborar un programa detallado de implementación del sistema de gestión de calidad, será la base fundamental para el logro paulatino, pero seguro para llegar a la operación normal y practica de un sistema de gestión de calidad.

El logro de una buena implementación del sistema, debe empezar por una buena planeación de todas y cada una de las actividades requeridas para ello, la definición clara de los responsables, fechas, recursos, cambios, adiciones o eliminación de actividades, etc., así como de un seguimiento continuo y minucioso de dicho programa.

Es mejor detenerse el tiempo suficiente en este programa antes de empezar con el proceso de desarrollo e implementación del Sistema de Gestión de calidad, de otra manera, la organización invertirá recursos humanos y materiales en la implementación de algo intangible (sin programa) y podrá llegar a un lugar diferente que el planeado.

La implementación de la norma ISO 9001 cubre los siguientes puntos principales:

- Definirse el objetivo y alcance del SGC, fecha estimada de documentación e implantación del sistema
- Debe planearse el desarrollo del sistema de gestión de la calidad, asignarse los recursos necesarios, incluyendo aquellos referentes a la capacitación y las instalaciones
- Una vez identificadas las fortalezas y debilidades de la organización, debe diseñarse el proceso global de la misma, que incluya los procesos identificados necesarios para la operación (existentes o no) y sus interrelaciones, algunas veces llamado "Macroproceso"
- Debe realizarse la definición de cada proceso, de manera que queden claras sus entradas, salidas, recursos y clientes (internos/externos), así como los proveedores requeridos (internos/externos)
- Debe identificarse en cada proceso el tipo de documentación que se requerirá (procedimientos, registros, diagramas, esquemas, dibujos, etc.)
- Se debe contar con un programa detallado de las actividades a realizar para el logro del objetivo planteado, el cual puede ser global o detallado por cada

proceso, dicho programa debe considerar las fechas, compromisos, responsables, etc.

- La ejecución del proyecto debe realizarse mediante el seguimiento del plan de desarrollo e implementación del SGC
- Las actividades de implementación pueden, en algunos casos, realizarse al mismo tiempo que la documentación del SGC empieza a desarrollarse y otras mas se realizaran una vez finalizada la actividad de desarrollo, sin embargo, es necesario considerar esta etapa en el plan global
- Se debe programar una etapa de auto-evaluación después de la implementación con la finalidad de verificar que se han alcanzado los objetivos del SGC.



Figura 2. Diagrama de implementación del Sistema de Gestión de calidad para una organización