

**UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE BIOMEDICA**



***Manual de Ingeniería para el diseño de
instalaciones y servicios en establecimientos
de salud.***

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR AL
TÍTULO DE INGENIERO BIOMEDICO**



PRESENTADO POR:

**Rafael Alejandro González Rodríguez.
Salvador Eduardo Olivares Marroquín.
Oscar Antonio Castillo López.**

NOMBRE DEL ASESOR:

Ernesto Godofredo Girón.

SOYAPANGO - SAN SALVADOR - EL SALVADOR

UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERIA

AUTORIDADES

ING. MIGUEL FEDERICO HUGUET RIVERA
RECTOR

PBRO. VICTOR BERMUDEZ YÁNEZ
VICERRECTOR ACADÉMICO.

LIC. MARIO OLMOS ARGUETA
SECRETARIO GENERAL

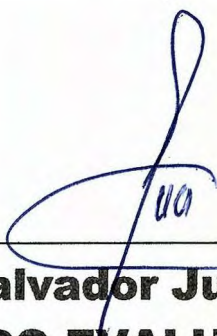
**ING. ERNESTO GODOFREDO GIRÓN
DECANO FACULTAD DE INGENIERIA.**

UNIVERSIDAD DON BOSCO

TRIBUNAL EXAMINADOR



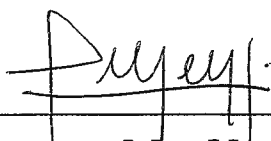
**Ing. Ernesto Godofredo Girón
ASESOR DE TESIS**



**Ing. Salvador Juárez
JURADO EVALUADOR**



**Ing. Boris Chávez
JURADO EVALUADOR**



**Ing. Leopoldo Hernández
JURADO EVALUADOR**

I. Introducción.

Actualmente el Sistema de Salud de El Salvador se encuentra en crisis. Esta, no ha sido causada por una epidemia médica, o un desastre natural, más bien, por una mala organización y gestión de recursos. Se han hecho muchos esfuerzos para solucionar esta situación, pero no siempre han tenido buenos resultados.

A pesar de esto, el Sistema de Salud Nacional se encuentra ahora en una etapa de reestructuración, la cual podría efectivamente tener resultados positivos, si se toman las medidas adecuadas. Esta reestructuración del sistema de salud incluye no solo reorganizaciones de tipo administrativo, sino también construcciones y renovaciones de establecimientos de salud.

Esta etapa representa entonces, evidentemente, una fuerte oportunidad de mejora, donde el aprovechamiento de los recursos se ve de forma más notoria.

Para poder aprovechar estos recursos, se hace necesario utilizar la herramienta del diseño. Diseño, no solo desde el punto de vista arquitectónico, que muchas veces es a lo que se le da mayor importancia, sino desde el punto de vista de ingeniería. Y es esta ingeniería de diseño lo que puede hacer la diferencia entre una instalación de salud funcional y exitosa y un proyecto fallido.

Teniendo en cuenta esta necesidad, este documento intenta ser una referencia de gran ayuda a la hora de realizar un diseño de un establecimiento de salud, mostrando procedimientos y criterios que guían al lector a un planeamiento más apropiado para diseños de establecimiento de salud.

Índice

I. Introducción	2
II. Índice	3
III. Objetivos	10
IV. Alcances.....	12
1. Organización y Gestión de la Unidad de Ingeniería y Mantenimiento ..	14
1.1 Generalidades de La Unidad de Ingeniería y Mantenimiento, UNIMA.....	15
1.1.1 Definición.....	15
1.1.2 Estructura organizativa de una UNIMA	15
1.2 Funciones de la UNIMA	18
1.2.1 Gestión de tecnologías, servicios e instalaciones.....	18
1.2.2 Formación técnica.....	19
1.2.3 Gestión del Presupuesto	19
1.2.4 Adquisición de Materiales	20
1.2.5 Gestión y Adquisición de Tecnologías	20
1.2.6 Normalización.....	22
1.3 Gestión de Recursos Humanos	23
1.3.1 Perfil del Gerente de la UNIMA.....	23
1.3.2 Perfil jefatura ingeniería clínica	23
1.3.3 Perfil jefatura de mantenimiento de instalaciones eléctricas.	24
1.3.4 Perfil jefatura de mantenimiento de instalaciones mecánicas y planta física	24
1.3.5 Perfil de jefatura desarrollo profesional y contratos	24
1.3.6 Perfil de Personal Técnico biomédico.....	25
1.3.7 Perfil de personal técnico en electricidad.....	25
1.3.8 Perfil de personal técnico en mecánica	26
2. Fases del Diseño Aplicados a Establecimientos de Salud	27
2.1. Definición de las fases de diseño	28
2.1.1. Planificación.....	29
2.1.2. Solicitud de Oferta.....	37

2.1.3. Ejecución del Proyecto	38
2.1.4. Puesta en funcionamiento	42
2.2. Guía de Diseño	44
2.2.1. Guía de Diseño de Establecimientos de Salud	44
2.2.2. Guía de Diseño de Servicios e Instalaciones	48
3. Diseño de Sistemas de Suministro de Agua	52
3.1. Generalidades	53
3.1.1. Definiciones	53
3.1.2. Componentes del Sistema	54
3.1.3. Agua Caliente y Fría	55
3.2. Fuentes de Abastecimiento	55
3.3. Almacenamiento	55
3.3.1. Capacidades	56
3.3.2. Cisternas Compuestas por Celdas	57
3.3.3. Tubos de Ventilación	57
3.4. Calidad de Agua y Tratamiento	58
3.4.1. Agua Cruda	59
3.4.2. Agua Potable	60
3.4.3. Agua de Uso Asistencial	60
3.4.4. Agua Estéril	64
3.4.5. Agua de Uso Técnico	66
3.4.6. Agua Caliente	66
3.5. Redes de Distribución de Agua	70
3.5.1. Red de Distribución de Agua Fría	70
3.5.2. Red de Distribución de Agua Caliente	70
3.5.3. Ubicación de las Redes de Distribución	71
3.6. Metodología de Diseño y Criterios	72
3.6.1. Cálculo de Consumo de Agua Fría	72
3.6.2. Cálculo de Consumo de Agua Caliente	74
3.7. Guía de Diseño	75
3.8. Ejemplo de Cálculo de Consumo de Agua	77

4. Generación, Distribución y Utilización de Vapor	82
4.1 Generalidades.	83
4.1.1 Sistema de generación típico	83
4.2 Componentes del Sistema de Generación y distribución de vapor.....	84
4.2.1 Generadores de vapor (Calderas).....	84
4.2.2 Tratamiento de agua para la alimentación del sistema de generación de vapor.	86
4.2.3 Tratamientos internos.....	87
4.2.4 Tratamientos externos.	88
4.3 Tanque de condensados.	89
4.4 Trampas de vapor.	89
4.5 Perdidas totales de presión.	90
4.6 Normas y criterios para Sistemas de Generación y distribución de vapor.....	91
4.6.1 Entidades Normadoras.	91
4.6.2 Capacidad de generación y presiones.	91
4.6.3 Equipos accesorios.	92
4.7 Red de distribución de vapor.....	92
4.7.1 Materiales.....	92
4.7.2 Conexiones.....	92
4.7.3 Accesorios (Codos y tees).	92
4.7.4 Bridas y pernos.	92
4.7.5 Presiones de Trabajo.....	93
4.7.6 Aislamiento térmico.....	93
4.8 Red de retorno de Condensados.....	93
4.8.1 Materiales.	94
4.8.2 Conexiones.....	94
4.8.3 Accesorios (codos y tees).....	94
4.8.4 Bridas y pernos.	94
4.8.5 Aislamiento térmico.....	94

4.9 Caso de Estudio: Diseño de una Lavandería Hospitalaria.	95
4.9.1 Definición de la lavandería.	95
4.9.2 Ubicación de la lavandería.	95
4.9.3 Áreas que componen la lavandería.	95
4.9.4 Criterios Generales de diseño.....	99
4.9.5 Guía de diseño para Cálculo y dimensionamiento de equipos para una lavandería hospitalaria.....	103
5. Sistemas de Eliminación de Aguas Servidas.....	112
5.1. Generalidades	113
5.1.1. Definiciones	113
5.2. Componentes del Sistema	114
5.3. Redes de Desagüe	115
5.3.1. Captación y Transporte de Aguas Negras	115
5.4. Contaminantes a Tratar	117
5.4.1. Características Físicas.....	117
5.4.2. Características Químicas.....	119
5.4.3. Características Biológicas.....	120
5.5. Plantas de Tratamiento de Aguas Negras.....	121
5.5.1. Componentes del Sistema de Tratamiento	122
5.5.2. Tratamiento Preliminar	122
5.5.3. Tratamiento Primario	125
5.5.4. Tratamiento Secundario	125
5.5.5. Tratamiento Avanzado.....	129
5.5.6. Plantas de Tratamiento en Establecimientos de Salud	130
5.6. Metodología y Criterios de Diseño	130
5.6.1. Cálculo de Carga Probable de Aguas Residuales	130
5.6.2. Determinación de Diámetro de Tuberías de Aguas Negras	132
5.6.3. Criterios de Diseño de Planta de Tratamiento	132
5.7. Guía de Diseño	136
6. Diseño del sistema de protección contra incendios	139
6.1 Introducción	140

6.2 Generalidades	140
6.3 Componentes del sistema.....	141
6.3.1 Consideraciones Arquitectónicas.....	142
6.3.2 Medios de evacuación	151
6.3.3 Sistema de control de humo	168
6.3.4 Sistema de detección y alarma	171
6.3.5 Sistema de extinción.....	181
6.3.6 Panel de control de alarma contra incendios	187
6.3.7 Sistema de agua.....	188
7. Diseño de Servicio de Tratamiento Renal	193
7.1. Generalidades	194
7.1.1. Definiciones	194
7.1.2. Técnicas de Tratamiento Clínico.....	196
7.2. Componentes del servicio.....	196
7.2.1. Zonas de Consulta.....	197
7.2.2. Zonas de Tratamiento	198
7.2.3. Zonas Administrativas	198
7.2.4. Zonas Auxiliares	199
7.3. Dimensionamiento del Servicio	203
7.3.1. Índices Epidemiológicos.....	203
7.3.2. Determinación de Puestos de Trabajo.....	204
7.4. Tecnologías de Hemodiálisis	207
7.4.1. Dializador	207
7.4.2. Bomba de Sangre	207
7.4.3. Sistema de Distribución de Solución de Diálisis.....	207
7.4.4. Sistemas de Monitoreo y Seguridad	208
7.4.5. Módulos especiales.....	210
7.5. Sistemas de Apoyo	211
7.5.1. Calidad del Agua.....	211
7.5.2. Gases Médicos.....	217
7.5.3. Electricidad	217

7.6. Interrelaciones con otros Servicios.....	218
7.6.1. Interrelación Primaria.....	218
7.6.2. Interrelación Secundaria.....	219
7.7. Criterios de Diseño	220
7.7.1. Criterios Zonales	220
7.7.2. Iluminación.....	223
7.7.3. Aire Acondicionado.....	224
7.8. Guía de Diseño de Servicio de Tratamiento Renal.....	225
7.9. Caso de Estudio	226
8. Diseño de Servicio de Odontología.....	234
8.1. Generalidades	235
8.1.1. Áreas de tratamiento	235
8.2. Criterios de diseño.....	236
8.2.1. Criterios de dimensionamiento	236
8.2.2. Criterio para espacios	238
8.3. Criterios para sistemas de Apoyo	238
8.3.1. Calidad del Agua.....	238
8.3.2. Iluminación.....	239
8.3.3. Aire Acondicionado.....	239
8.3.4. Gases Médicos.....	240
8.4. Guía de Diseño del servicio de Odontología	847
8.5. Caso de estudio.....	248
9. Protocolos de Evaluación de Establecimientos de Salud.....	255
9.1 Marco Teórico.....	256
9.1.1 Metodología de evaluación.....	257
9.2 Estudio de Campo.....	259
9.2.1 Protocolos de evaluación del Sistema de Suministro de Agua	260
9.2.2 Generación, distribución y utilización de vapor	262
9.2.3 Sistema de eliminación de aguas servidas	264
9.2.4 Sistema de protección contra incendios.....	265

9.3 Análisis de resultados	270
9.3.1 Sistema de suministro de agua.....	271
9.3.2 Generación, distribución y utilización de vapor	272
9.3.3 Sistema de eliminación de aguas servidas	274
9.3.4 Sistema de protección contra incendios.....	276
V. Conclusiones	279
VI. Bibliografía.....	285
VII. Glosario	288
VIII. Anexos.....	296

II. Objetivos

2.1 Objetivo General

Elaborar un manual de ingeniería que sirva como guía para el diseño de establecimientos de salud, adaptado a las necesidades propias del entorno nacional salvadoreño, que contenga los lineamientos necesarios para diseñar, dimensionar y evaluar estas instalaciones y servicios, tomando en cuenta las normativas, reglamentos y criterios adecuados.

2.2 Objetivos Específicos

2.2.1 Definir la organización, funciones y responsabilidades que debe tener una Unidad de Ingeniería y Mantenimiento, a efectos de tener una organización que se encargue de gestionar todos los procedimientos relacionados con la gestión de tecnologías hospitalarias, su diseño y mantenimiento.

2.2.2 Detallar los procedimientos y actividades generales necesarios para elaborar un diseño de establecimientos de salud.

2.2.3 Determinar los procedimientos necesarios para diseñar y dimensionar un sistema de suministro de agua.

2.2.4 Explicar los procedimientos necesarios para diseñar y dimensionar un sistema de generación, distribución y utilización de vapor.

2.2.5 Definir los procedimientos necesarios para diseñar y dimensionar un sistema de eliminación de aguas servidas, así como los tratamientos necesarios para su incorporación al sistema de alcantarillado público.

2.2.6 Determinar las diferentes medidas y tecnologías contra Incendios necesarias dentro de una institución de salud.

2.2.7 Especificar los procedimientos para diseñar y dimensionar las diferentes áreas y servicios hospitalarios y aplicar estos procedimientos de manera de ejemplo a las áreas de Odontología y Tratamiento Renal.

2.2.9 Elaborar y aplicar protocolos de verificación de cumplimiento de normas y reglamentos para la evaluación de una Institución de Salud.

III. Alcances

El Manual contendrá todos los requerimientos mínimos necesarios que facilitarán el diseño de Establecimientos de Salud. Estos requerimientos se podrán aplicar en cualquier diseño, sin importar el nivel de atención médica al que correspondan.

Específicamente el manual se divide en varias etapas con diferentes enfoques:

- 3.1 Se definirá la organización, funciones y responsabilidades de una Unidad de Ingeniería de Mantenimiento.
- 3.2 Se identificarán y describirán los procesos comunes, relacionados con el diseño de una instalación de salud en un capítulo el cual servirá de base y referencia para los demás e incluirá las etapas de planificación desde la adjudicación, hasta la recepción y puesta en marcha.
- 3.3 Se definirán los lineamientos y guías para diseñar los diferentes sistemas de soporte necesarios y específicos para un hospital. Esto incluirá las instalaciones sanitarias, sistema de vapor. Así como el diseño de las diferentes áreas de servicio de un hospital o clínica. Para esto, se hará énfasis en el equipamiento, las dimensiones y las relaciones de las diferentes áreas y servicios dentro del hospital. Cada uno de estos apartados, estará organizado de forma que se abarcan ampliamente Generalidades, Procedimientos y Ejemplos específicos para cada sistema.
- 3.4 Aplicando los requerimientos del sistema de generación y distribución de vapor, se hará el diseño de una lavandería hospitalaria.
- 3.5 Se definirán los procesos de protección contra incendios haciendo énfasis en la protección de la vida. Sin dejar a un lado la evacuación de personal y pacientes como medida de protección, el diseño hospitalario deberá basarse

en los sistemas que permiten minimizar la necesidad de dicha evacuación en caso de un incendio.

3.6 Como propuesta para la validación de este manual, se detallarán protocolos de evaluación que luego se aplicarán en un hospital nacional. Esto, con la idea no solo de corroborar el cumplimiento de los criterios sino también la satisfacción de la demanda del hospital.

3.7 Se contemplara en el manual de diseño, los procesos, criterios, normas y medidas de seguridad, ya que todas estas actividades son inherentes en un diseño de establecimientos de salud.

3.8 El documento final contará con un apartado que contendrá un glosario.

La profundidad de detalle que alcanzará la guía será acorde a las necesidades de la ingeniería biomédica.

Capítulo 1

**Organización y Gestión de la Unidad de
Ingeniería y Mantenimiento**

1. Organización y Gestión de la Unidad de Ingeniería y Mantenimiento.

En este capítulo se definen la organización, funciones y responsabilidades que debe tener una Unidad de Ingeniería y Mantenimiento, a efectos de tener una organización que se encargue de gestionar⁰ todos los procedimientos relacionados con la gestión de tecnologías⁰ hospitalarias, su diseño y mantenimiento.

1.1 Generalidades de La Unidad de Ingeniería y Mantenimiento, UNIMA.

1.1.1 Definición.

La Unidad de Ingeniería y Mantenimiento, UNIMA, es la unidad que garantiza la operación y mantenimiento de las áreas de conservación de la planta física, sistemas eléctricos, sistemas mecánicos y equipamiento médico, adquisición y administración de tecnologías, educación y capacitación técnica, en una institución de salud. Además es la encargada del desarrollo y aplicación de normativas⁶ en el campo de la ingeniería hospitalaria.

1.1.2 Estructura organizativa de una UNIMA.

Para una adecuada gestión de los procesos⁰, una UNIMA debe estar formada por las áreas: Administrativa, Ingeniería Clínica, Desarrollo Profesional, Mantenimiento de Sistemas Eléctricos y Mecánicos, Contratos y Mantenimiento de Planta Física. La figura 1 muestra el organigrama propuesto para una UNIMA¹. Las divisiones de la UNIMA que se proponen están sujetas a cambios, dependiendo del nivel de atención y complejidad de la institución de salud.

1.1.2.1 Área Administrativa.

Se encarga de realizar la logística de operación y mantenimiento que la UNIMA brinda a la institución de salud, en procesos como: gestión de recursos humanos, gestión de presupuesto, gestión de documentación para el mantenimiento, administración de inventarios, normalización de

¹ Management of Medical Technology : A primer for clinical engineers, Joseph Bronzino, 1992, USA.

procesos técnicos y administrativos, aplicación y cumplimiento de normas[°] de bioseguridad y seguridad de vida.

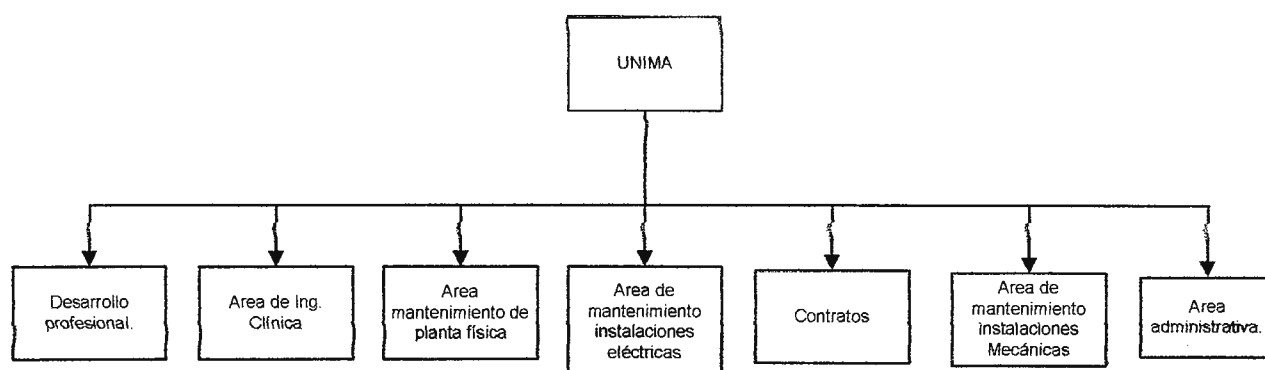


Figura1.1 Organigrama típico de una UNIMA.

1.1.2.2 Área de Ingeniería Clínica.

Se encarga de la gestión tecnológica hospitalaria, haciendo énfasis en el mantenimiento, aceptación y pruebas de tecnologías médicas, asimismo debe planificar y ejecutar el proceso de capacitación para el personal médico y paramédico. El área de ingeniería clínica debe desarrollar las actividades[°] de servicio contemplando el modo de operación y los procedimientos que se implementarán en el mantenimiento preventivo y correctivo para equipos[°] médicos. Además el área realizará evaluaciones periódicas y proyecciones de trabajo a fin de aumentar la productividad y competitividad de la instalación de salud.

1.1.2.3 Áreas de Mantenimiento de sistemas eléctricos, mecánicos y Planta Física.

Gestionan todos los procesos de operación y mantenimiento de las instalaciones[°] eléctricas y mecánicas tales como: las redes de suministro de agua, aguas servidas, vapor, aire acondicionado, gases médicos,

[°] Las palabras identificadas con este símbolo, están descritas en el apartado de glosario.

redes de distribución eléctrica, plantas de emergencia y calderas, etc. Además se le atribuye el mantenimiento de la planta física el cual incluye pintura, carpintería, mecánica de obra y banco, jardinería, etc. La tendencia actual es que los servicios^o de mantenimiento de planta física sean ofrecidos por empresas privadas y no se incluyen en una UNIMA, esta solo se encarga, por medio del área de contratos, de la supervisión de los empleados de dichas empresas.

1.1.2.4 Área de desarrollo profesional.

Se responsabiliza de la capacitación y educación continua de personal técnico de una UNIMA y usuarios de tecnologías medicas y no medicas, en aspectos como: procedimientos biomédicos, bioseguridad, seguridad de vida, administración financiera, uso de tecnologías, etc.

Los planes de formación continua deben generarse por medio de cursos cortos, los cursos pueden ser inefectivos si se orientan de una manera inadecuada, se recomienda que estos cursos cuenten en lo posibles con una sesión práctica y enfatizar en los errores de usuario más comunes que se producen en dicho equipo. La capacitación debe de ser un ciclo de actividades^o en los que la UNIMA y el departamento al que se le ofrece el servicio, exista un alto grado de comunicación. Para programar una capacitación se recomienda seguir los siguientes pasos:

- a) Determinar la necesidad individual de capacitación de los recursos humanos.
- b) Establecer los requerimientos que demanda el departamento.
- c) Preparar el plan de capacitación
- d) Apoyar la logística de la capacitación
- e) Supervisar el desarrollo de las capacitaciones
- f) Evaluar el plan de capacitación.
- g) Finalmente velar por el seguimiento del personal capacitado después que termine la capacitación, siendo muy importante, ya que permite un perfeccionamiento continuo de las habilidades del operador.

1.1.2.5 Área de Contratos.

Esta tiene como función la gestión de los procesos de contratación de los servicios de mantenimiento que no pueden realizar la UNIMA directamente o que por conveniencia y economía se contrata a terceros para tareas específicas de mantenimiento. Además le compete el seguimiento y manejo de mantenimiento de tecnologías médicas y no médicas que estén bajo garantía. El área de contratos, en conjunto con las demás áreas que conforman la UNIMA, deben establecer las tecnologías que estarán bajo contrato de mantenimiento, para esto se debe tener en cuenta las capacidades de mantenimiento que tiene la UNIMA. Generalmente los equipos dados a terceros para mantenimiento, son tecnologías complejas en los que se requiere una especialización. Entre las tecnologías sugeridas para contrato externo de mantenimiento se tienen: maquinas de anestesia, ventiladores mecánicos, equipos de ultrasonografía, equipos de resonancia magnética, equipos de rayos x, ascensores, centrales de aire acondicionado. Bajo la moderna visión de conservación de la planta física, las actividades^o de jardinería, carpintería, albañilería, pintura y mecánica de obra y banco, se están planificando para que sean efectuadas por terceros, limitándose la UNIMA, por medio del área de contratos, a la supervisión de dichas actividades^o de conservación.

1.2 Funciones de la UNIMA.

En esta sección se describen las atribuciones principales de una UNIMA, como: la gestión de tecnologías e instalaciones, formación técnica, adquisición de materiales etc.

1.2.1 Gestión de tecnologías, servicios^o e instalaciones.

Dentro de las funciones fundamentales, está la de desarrollo de programas, supervisión y evaluación del mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo.

Dentro de la gestión de servicios e instalaciones se contempla las remodelaciones y ampliaciones de estos, la UNIMA debe por medio de cada área, establecer las normativas y lineamientos pertinentes para realizar un diseño acorde a la realidad del establecimiento de salud^o y sus áreas e instalaciones.

1.2.2 Formación técnica.

Es competencia de la UNIMA, gestionar por medio del área de desarrollo profesional, un programa de capacitación orientado a personal técnico de mantenimiento y usuarios de equipos e instalaciones. Esta es una actividad considerada prioritaria y crítica dado que, un alto porcentaje de fallos y paros son ocasionados por el inadecuado manejo de equipos e instalaciones, La implementación de un programa de Formación Continua, debe contener al menos los siguientes pasos:

- a) Realizar un análisis de necesidades individuales de capacitación de los recursos humanos.
- b) Establecer los requerimientos que demanda los servicios ó unidades de la instalación de salud.
- c) Preparar el plan de capacitación
- d) Apoyar la logística de la capacitación
- e) Supervisar el desarrollo de las capacitaciones
- f) Evaluar el plan de capacitación
- g) Desarrollar un plan de seguimiento de las capacitaciones y su impacto en la calidad de los servicios.

1.2.3 Gestión del Presupuesto.

Los costos de operación y mantenimiento representan alrededor del 5% al 10% del presupuesto de una institución de salud salvadoreña. Dado que

estos fondos son limitados, es de vital importancia una buena planificación en la ejecución del presupuesto, con el objeto de no enfrentar problemas en el desarrollo de las actividades de conservación de la Unidad de ingeniería y mantenimiento.

Puntualmente en una UNIMA se cuenta, generalmente, con tres tipos de presupuestos, los cuales son:

- a) Operación y gastos: Este esta destinado a operaciones de rutina, salario de empleados, adquisición de suministros de oficina.
- b) Equipo: Presupuesto destinado a mantenimiento de los equipos e instalaciones, repuestos, contratos de mantenimiento etc.
- c) Inversiones: Poco común ya que se refiere a gastos destinados a modificaciones sustanciales, ampliaciones de instalaciones ó compra de tecnologías.

1.2.4 Adquisición de Materiales.

Gran cantidad de retrasos en la conservación de instalaciones y equipos en una institución de salud, se debe a la falta de materiales, repuestos, accesorios y consumibles. Se recomienda que los procesos de adquisición de insumos requiera prolongado tiempo de adquisición ó piezas de repuestos excesivamente caras, no se contemplen, ya que lleva a un desajuste en el presupuesto de equipos y repuestos.

1.2.5 Gestión y Adquisición de Tecnologías.

Para la adquisición de tecnologías, es necesaria una evaluación integral de las necesidades de la instalación de salud y características técnicas del equipo solicitado. La Unidad de ingeniería y mantenimiento debe recomendar el equipo que se estime más conveniente, para lograr esto se debe llevar a cabo un análisis de tecnologías de los equipos sujetos a compra, ya que con ello se pretende realizar una adquisición acorde a la realidad de la institución de salud y de la propia UNIMA y evitar equipos subutilizados. Para la adecuada gestión en la adquisición de tecnologías se debe de realizar procesos de planeación, adquisición y administración

de las tecnologías, estos procesos se muestran en las figuras 1.2, 1.3, 1.4.

a) Planeación.

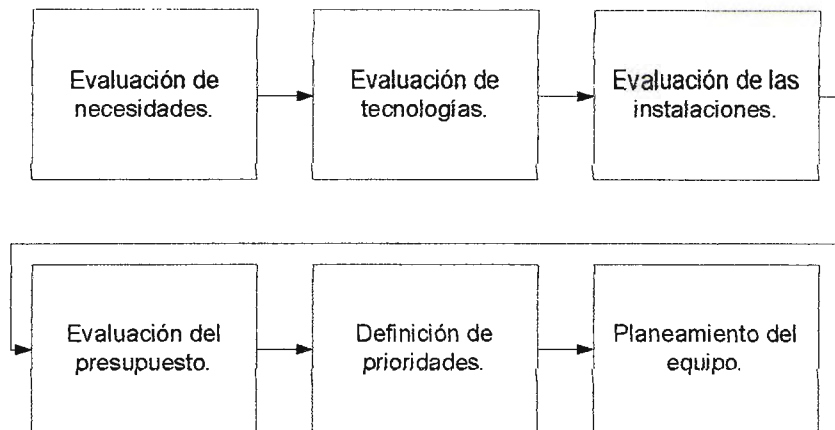


Figura 1.2 Proceso de planeación para la adquisición de tecnología.

b) Adquisición.

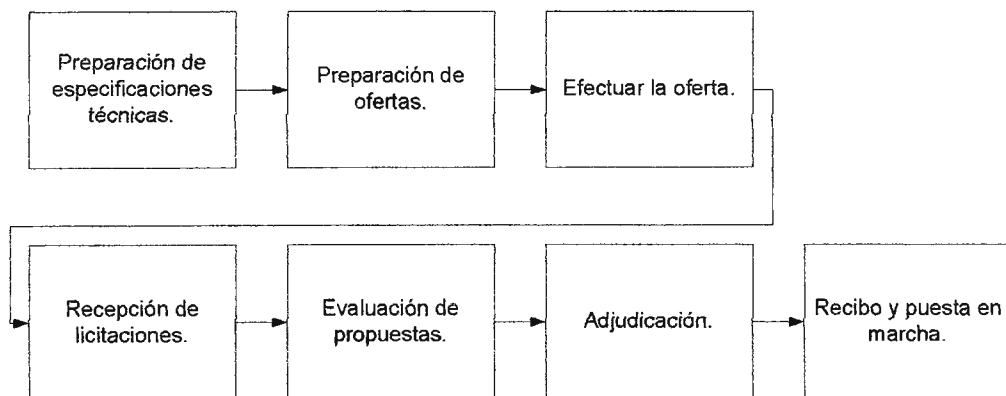


Figura 1.3 Proceso de adquisición de tecnologías.

c) Administración.

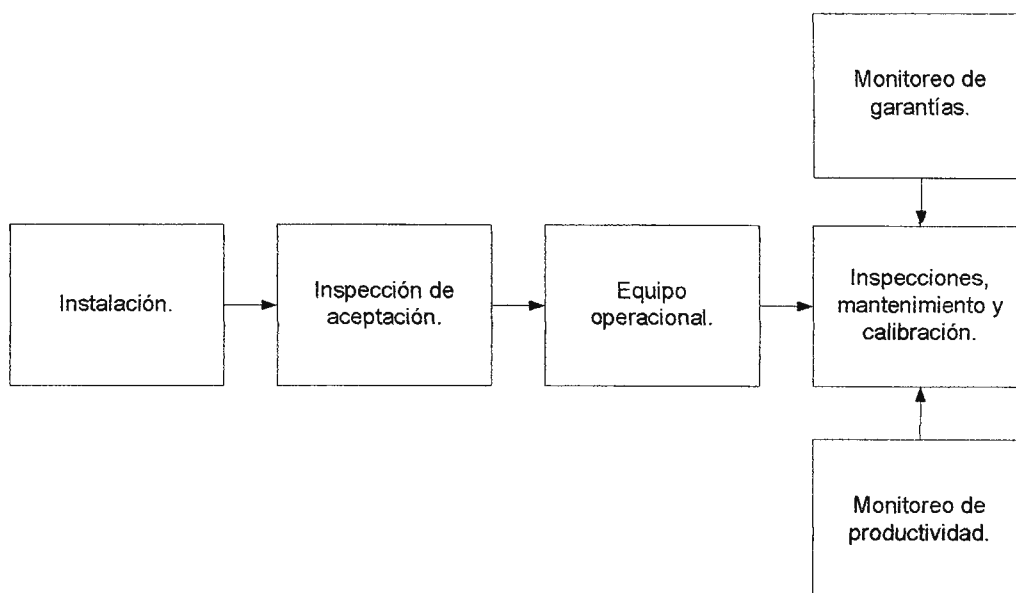


Figura 1.4 Administración de las tecnologías.

1.2.6 Normalización.

La UNIMA es responsable de la aplicación de procesos de normalización en el diseño, modificaciones y ampliaciones de las instalaciones en un establecimiento de salud, así como la elaboración de normativas y protocolos para la gestión y adquisición de tecnologías, desechos hospitalarios, seguridad de vida y bioseguridad entre otros. La elaboración de manuales, normas, códigos y especificaciones de tecnologías, se debe obtener en base a la realidad salvadoreña apoyándose en normativas internacionales aplicables al entorno salvadoreño. Cabe destacar que la estandarización que lleve a cabo la UNIMA no tiene fuerza de ley^o nacional, las instituciones regulatorias de salud salvadoreñas podrían adoptar los estándares generados y compilarlos en códigos que se apliquen como ley nacional.

1.3 Gestión de Recursos Humanos.

En esta sección se muestra una propuesta sobre el perfil del puesto que deben satisfacer las personas que opte por para puestos de jefatura y personal técnico.

1.3.1 Perfil del Gerente de la UNIMA.

a) Estudios:

- i) Es preferible que ostente el grado de *Ingeniero Biomédico*, caso contrario podría ser *Ingeniero Electrónico*, *Electricista* o *Mecánico*.
- ii) Es conveniente que tenga estudios de postgrado sobre administración hospitalaria.

b) Experiencia:

- i) Se requiere una experiencia mínima de 3 a 5 años en puestos relacionados o en gestión de mantenimiento de equipo industrial y médico.

c) Habilidades, destrezas y otros conocimientos:

- iii) Pertenezca a sociedades profesionales de prestigio salvadoreñas.
- iv) Conocimientos y manejo de aplicaciones informáticas de gestión y administración.
- v) Manejo de un segundo idioma, preferiblemente inglés.

1.3.2 Perfil jefatura ingeniería clínica.

a) Estudios:

- i) *Ingeniero Biomédico*. Postgrado no indispensable.
- ii) Con estudios de postgrado, pero no indispensable.

b) Experiencia:

- i) Se requiere una experiencia mínima de 1 a 3 años en puestos relacionados o en gestión de tecnologías médicas.

c) Habilidades, destrezas y otros conocimientos:

- i) Pertenezca a sociedades profesionales de prestigio salvadoreñas.
- ii) Conocimientos y manejo de aplicaciones informáticas de gestión y administración.
- iii) Manejo de un segundo idioma, preferiblemente inglés.

1.3.3 Perfil jefatura de mantenimiento de instalaciones eléctricas.

- a) Estudios:
 - i) Debe ostentar el grado de Ingeniero electricista.
 - ii) Postgrado no indispensable.
- b) Experiencia:
 - i) Se requiere una experiencia mínima de 1 a 3 años en puestos relacionados o en gestión de mantenimiento de equipo de alta y baja tensión.
- c) Habilidades, destrezas y otros conocimientos:
 - i) Pertenezca a sociedades profesionales de prestigio salvadoreñas.
 - ii) Conocimientos y manejo de aplicaciones informáticas de gestión y administración.
 - iii) Manejo de un segundo idioma, preferiblemente ingles.

1.3.4 Perfil jefatura de mantenimiento de instalaciones mecánicas y planta física.

- a) Estudios:
 - i) Debe ostentar el grado de Ingeniero Mecánico o industrial.
 - ii) Postgrado no indispensable.
- b) Experiencia:
 - i) Se requiere una experiencia mínima de 1 a 3 años en puestos relacionados o en gestión de mantenimiento de equipo aire acondicionado, instalaciones de gases médicos, vapor, etc.
- c) Habilidades, destrezas y otros conocimientos:
 - i) Pertenezca a sociedades profesionales de prestigio salvadoreñas.
 - ii) Conocimientos y manejo de aplicaciones informáticas de gestión y administración.
 - iii) Manejo de un segundo idioma, preferiblemente ingles.

1.3.5 Perfil de jefatura desarrollo profesional y contratos.

- a) Estudios:
 - i) Debe ostentar el grado de Ingeniero industrial.
 - ii) Postgrado no indispensable.

- b) Experiencia:
 - i) Se requiere una experiencia mínima de 1 a 3 años en puestos relacionados o en gestión de personal y recursos humanos.
- c) Habilidades, destrezas y otros conocimientos:
 - i) Pertenezca a sociedades profesionales de prestigio salvadoreñas.
 - ii) Conocimientos y manejo de aplicaciones informáticas de gestión y administración.
 - iii) Manejo de un segundo idioma, preferiblemente inglés.

1.3.6 Perfil de Personal Técnico biomédico.

- a) Estudios:
 - i) Los técnicos biomédicos deben poseer estudios de educación superior tecnológica en biomédica.
- b) Experiencia:
 - i) Se requiere experiencia de 1 a 2 años, si no cumple este requisito, una inducción mínima de 6 meses dentro de la instalación de salud es permitida.
- c) Habilidades, destrezas y otros conocimientos:
 - i) Manejo de herramientas especializadas.
 - ii) Equipo de pruebas y medición.
 - iii) Uso de software.

1.3.7 Perfil de personal técnico en electricidad.

- a) Estudios:
 - i) Los técnicos electricistas deben poseer estudios de educación superior, tecnológica en la rama de electricidad.
- b) Experiencia:
 - i) Deben tener experiencia en mantenimiento de equipo eléctrico, transformadores, generadores de emergencia, luminarias, etc.
- c) Habilidades, destrezas y otros conocimientos:
 - i) Manejo de herramientas especializadas.
 - ii) Equipo de pruebas y medición.

- iii) Uso de software.

1.3.8 Perfil de personal técnico en mecánica.

- a) Estudios:
 - i) Los técnicos mecánicos deben poseer estudios de educación superior, tecnológica en la rama de mecánica.
- b) Experiencia:
 - i) Deben tener experiencia en mantenimiento de áreas como calderas, equipos de aire acondicionado, etc.
- c) Habilidades, destrezas y otros conocimientos:
 - i) Manejo de herramientas especializadas.
 - ii) Equipo de pruebas y medición.
 - iii) Uso de software.

Capitulo 2

**Fases del Diseño Aplicados a
Establecimientos de Salud**

2. Fases del Diseño Aplicados a Establecimientos de Salud

Generalmente cuando se habla de diseño de Establecimientos de Salud, se comete el error de pensar principalmente en la concepción y traza de planos arquitectónicos de sus edificios. El diseño conlleva, sin embargo, una serie de pasos o fases, previas y posteriores a la elaboración de los planos.

En este capítulo se definen las fases del proceso de diseño y se establecen guías generales de diseño en donde se proporcionan los pasos lógicos que un equipo profesional multidisciplinario debe seguir para desarrollar un diseño apropiado.

Debido a que el diseño no es un elemento aislado sino más bien parte de un proceso que debe tener como culminación un Establecimiento de Salud, en este documento y particularmente en este capítulo, se engloban otras fases dentro del concepto de diseño que si bien, no forman parte directamente de este, deben ser tomadas en cuenta a la hora de diseñar.

Tendiendo esto en mente, se define el proceso de diseño, compuesto por cuatro fases, la Planificación, la Presentación de Oferta, la Construcción y la Puesta en Marcha. Además, al final de este capítulo se mencionan ejemplos específicos de cómo aplicar el proceso de diseño a un proyecto en particular.

2.1. Definición de las fases de diseño

Para definir las fases de diseño de un proyecto de establecimientos de salud, se tienen que mencionar los casos particulares para los cuales estos son aplicables. Se consideran entonces 2 casos, el diseño de un establecimiento sanitario nuevo y el diseño de una remodelación o ampliación de un establecimiento sanitario existente.

a) Caso 1: Diseño de un establecimiento sanitario nuevo

Para este caso, se diseñan los establecimientos de salud desde su principio. Los criterios de diseño para un establecimiento nuevo son discutidos, analizados y aceptados, utilizando metodologías de planificación adecuadas.

b) Caso 2: Diseño de una remodelación o ampliación de un establecimiento sanitario existente

En este caso, los establecimientos que actualmente están funcionando son remodelados o ampliados debido a la caducidad de las mismas, incorporación de servicios, cambios en su demanda o por actualización con nuevas tecnologías.

La diferencia de estos casos radica en que el análisis del proyecto parte de un establecimiento ya construido.

2.1.1. Planificación

La planificación es la fase más importante del diseño, ya que en ella se incluyen aspectos sociales, financieros, y técnicos que determinan el camino a seguir de la obra a construir. Esta fase se subdivide en:

- a) Análisis de la realidad.
- b) Programa médico Arquitectónico.
- c) Presentación de anteproyecto.
- d) Asesorías.
- e) Especificaciones técnicas.

2.1.1.1. Análisis de la realidad

El análisis de la realidad es una etapa importante dentro de la etapa inicial de la planificación, ya que en ella se generan diversos datos relacionados con los servicios en los cuales se planea el diseño de instalaciones.

Las preguntas que surgen al realizar este análisis pueden ser: ¿Cómo realizar un análisis de la realidad en función de lo el equipo de trabajo planea realizar? ¿Cuáles deben ser los factores más importantes que se tienen que tomar en cuenta?.

Para realizar un análisis de este tipo, se debe de enfocar que realidad se esta abordando y resaltar la mayoría de los aspectos que la rodean, por ejemplo: El consumo de agua en el área de tratamiento renal, el volumen de eliminación de aguas negras de encamados, los espacios físicos de un hospital ya construido para considerar el sistema de protección contra incendios, etc. Pueden haber muchas realidades adaptables a los dos casos mencionados anteriormente (establecimiento nuevo o remodelado), lo importante es reconocer los pasos específicos que se requieren hacer en esta etapa de diseño.

Existe un universo de Información que se puede tomar en cuenta, ella proviene de diferentes fuentes que ayudan al analista a generar datos específicos que pueden llegar a considerarse “normas” si es que estas reflejan una necesidad en un área específica. A continuación se definen los puntos relevantes a tomar en cuenta:

a) Información de salud: políticas de salud y problemas de salud prevaleciente, perfiles epidemiológicos, tasas de mortalidad, morbilidad y natalidad. Modelos de atención a la población y demás información socio – económica que tome en cuenta no solo las condiciones actuales sino las tendencias futuras.

b) Información demográfica: Tamaño de la población a la que se dará servicio, concentración o dispersión de los grupos poblacionales.

c) Información geográfica: Clima, vías de comunicación, medios de transporte y barreras geográficas.

d) Información arquitectónica: Planos de la distribución espacial actual, red de facilidades instaladas (para el caso de una ampliación o remodelación), necesidades de crecimiento o expansión (instalaciones escalables) y flexibilidad de la tecnología.

e) Información Jurídica: Obtención de datos o reglas necesarias para realizar una adecuada planificación, diseño y construcción, incluyendo los requisitos para dar fuerza legal al proceso de establecimiento de normas y su aplicación, revisión, actualización teórica, planificación, construcción y validación de la obra.

f) Información económica: Presupuestos, proyecciones anuales, préstamos, en fin todo aquello que permita evaluar las soluciones en el aspecto monetario con disminución de costos y economías de escala.

g) Normas internacionales: Normas aplicables a las instalaciones de salud en países extranjeros que se hayan llevado a cabo para el diseño y puesta en marcha de diferentes instalaciones en un centro de salud.

h) Estudios estadísticos: Tasas de consulta, tasas de enfermedades, tasa de consumo de vapor, consumo de agua por cama, promedio de volumen de agua llovida anual, etc.

i) Estudio de tiempos: Es necesario medir tiempos en cada una de las áreas que ameriten para tener datos específicos acordes a la realidad de un centro de atención de salud. Algunas veces se tienen estándares internacionales, por ejemplo de: promedio de estancia en hospitalización, efectividad del médico por consulta, tiempo de respuesta del detector de humos, etc. En cada caso de diseño se tiene que evaluar la posibilidad de realizar estos estudios de tiempo o simplemente adaptar criterios internacionales en base a una lógica de ingeniería para cada uno de los problemas que se desean resolver.

j) Información tecnológica: Tecnología existente de las instalaciones de salud, para obtener: detalles técnicos, factores ambientales, factores de rendimiento, operatibilidad, entre otros.

k) Información de recursos humanos: Experiencia de profesionales en el área de diseño y construcción, proveedores locales, capacidad para el mantenimiento de instalaciones, capacitaciones, etc.

l) Opinión de los usuarios: Esta información se analizan conforme al grado de exigencia y de aceptación de los usuarios, tomando en cuenta: necesidades realistas a solventar para desarrollar una buena labor, costos, espacios, etc.

Seguidamente, se toman en cuenta todas las conclusiones que el equipo encargado hizo, por ejemplo: cuales van a ser los criterios a

implementar, que cambios se harán a las estimaciones para el cálculo de las instalaciones, cuantos es el número adecuado de detectores de humo, etc.

Las conclusiones (técnicas, criteriosales, normativas, etc.) consideradas sirven como pautas para señalar las necesidades funcionales y económicas de un centro de salud. Los procedimientos para diseñar instalaciones resultan ser un instrumento de peso para los profesionales que tienen a su cargo el diseño de instalaciones. Lógicamente, estos procedimientos para el diseño no deben ser concebidos como estándares rígidos, sino como modelos de referencia que sean fácilmente adaptados a las circunstancias del país.

2.1.1.2. Programa Médico Arquitectónico

El programa médico arquitectónico se considera incluido dentro del proceso técnico en los proyectos de construcción de hospitales. Se trata de "Diseñar instalaciones adecuadas o espacios físicos con un proceso técnico debidamente establecido".

El programa médico arquitectónico es la fase en donde el trabajo de los profesionales de salud junto al ingeniero/arquitecto se hace mas estrecho.

Para elaborar el programa médico arquitectónico es necesario que el ingeniero/arquitecto participen activamente en conjunto con el personal medico, donde se definen los siguientes puntos:

a) Definición del cronograma de actividades. La definición del cronograma de actividades establece claramente los "objetivos" o "metas" de la planeación y el tiempo en que cada uno de ellos tomara en desarrollarse.

b) Identificación del área a construir. Ya sea un espacio existente a ser renovado, un nuevo espacio o instalaciones a ser expandidas, cada función clínica es usualmente confinada a un espacio de un perímetro específico. Dicha área debe de estar conformada con los requerimientos mínimos para su funcionamiento (cuartos operativos, cuartos de revelado, cuartos de lavado, etc.) y también debe de satisfacer los requisitos adyacentes asociados con su funcionamiento.

c) Desarrollo del diagrama a bloques basado en su función. Este proceso se inicia definiendo los espacios funcionales y la cantidad de los espacios individuales. Por ejemplo, para un área de hemodiálisis, se puede definir el espacio requerido para el “número de camas” junto a su equipo biomédico. Además, es necesario basarse en las características de la población a atender, recursos complementarios de soporte y metas competitivas. Este proceso es difícil, especialmente si el proyecto es una renovación ya que la planta puede tener desventajas para el diseño funcional que se plantea.

De todos modos, el equipo de diseño produce un diagrama funcional o estudio gráfico, que deben ser entendidos como proyectos genéricos que ilustran los requisitos mínimos, y no constituyen el plano tipo de lo que se planea construir. Este diagrama de bloques contiene los apropiados criterios de diseño para el desarrollo del plano tipo, o también puede contener la sugerencia extrema de que el espacio actual es inadecuado ofreciendo otras alternativas.

d) Desarrollo del diseño funcional. Una vez que la configuración del diagrama a bloques es aceptado, los detalles específicos de funcionamiento, tecnología a utilizar, número de equipos a utilizar, acabados de interior, instalación de redes y otros requisitos son considerados y discutidos para finalmente aprobarlos.

e) Resumen de obra a realizar. En este punto, se requiere la aprobación por escrito por parte del equipo multidisciplinario y otros grupos involucrados. Con esto se reconoce que los representantes que se encargaron de diseñar una instalación hicieron su mejor esfuerzo logrando cumplir con los objetivos establecidos con las limitaciones encontradas en el proceso. Esto justifica la duración del proceso de diseño y reduce la probabilidad de cambios en el diseño durante el período de construcción, los cuales pueden ser muy costosos.

Al final de la planificación se hace un resumen o consolidado de lo que se requiere para el desarrollo de un proyecto de construcción, detallando las características técnicas de la construcción para el desarrollo de las bases de licitación.

2.1.1.3. Presentación de Anteproyecto

Es el resumen del trabajo en común del equipo multidisciplinario. En esta misma etapa se llega a la presentación de un proyecto ya estructurado

Esta etapa es el fruto del trabajo del equipo multidisciplinario, y consta fundamentalmente de planos generales elaborados a una escala de 1:200, en los que se hace un estudio de los volúmenes, de las áreas, de los diversos componentes que se han descrito y de sus conexiones

más adecuadas. De hecho, es el vaciamiento del programa médico arquitectónico a planos.

De esta forma se llega a la elaboración del proyecto en definitiva, en el que se detallan locales en particular, con sus circulaciones y conexiones; a veces incluso las dimensiones de los aparatos o de los muebles mas importantes en planos a escala de 1/100, y algunos sectores en escala de 1/50.

2.1.1.4. Asesorías

La etapa de asesorías es equivalente a las recomendaciones que realizan profesionales de un área específica.

Las instalaciones especializadas, en particular las sanitarias de tipo médico son las que dedican mayor atención. Entre ellas se pueden mencionar: las eléctricas (distribución, planta de emergencia, etc.), las de ambientación o climatización artificial (temperatura de quirófanos, flujos de aire, etc.) las de gases médicos (distribución, almacenaje, etc.), etc.

2.1.1.5. Especificaciones técnicas

En esta etapa se definen las características técnicas de los equipos a utilizar en las instalaciones diseñadas.

En la actualidad, existe mucha dependencia tecnológica en todas las áreas de un centro de salud. La correcta intervención de profesionales que logren analizar los diferentes aspectos que conforman el equipamiento de una instalación resulta adecuado, ya que intervienen muchos aspectos: Lo que demanda el usuario en particular, lo que obedece a la demanda de la población, la diversidad de especificaciones técnicas en los equipos de actualidad, las características para su instalación, etc.

Por lo tanto, las recomendaciones en esta etapa son de vital importancia para el correcto funcionamiento de una instalación de salud, ya que sin ellas, el funcionamiento del establecimiento sería deficiente.

2.1.2. Solicitud de Oferta

En la solicitud de oferta, se plantean los lineamientos para ejecutar el proyecto a las diferentes compañías que pueden realizarlo, de manera que se obtengan diferentes opciones y cotizaciones para esto.

En para el gobierno de El Salvador, este proceso se conoce como Licitación. La licitación es el procedimiento por cuyo medio se promueve la competencia, invitando públicamente a personas naturales, personas jurídicas, empresas reconocidas, y todas aquellas entidades interesadas en ofrecer un servicio específico.

El procedimiento de licitación es aquel que recoge las especificaciones y elabora los términos de referencia proveniente de la planificación y las somete a concurso a nivel nacional o internacional para adjudicar una obra. Dicho procedimiento, que se muestra en la figura No 2.1, involucra diversos aspectos administrativos, entre los que se pueden mencionar: Revisiones financieras, aprobación o desaprobación de la obra por parte de las autoridades correspondientes, publicación o invitación a empresas interesadas en realizar la obra, evaluación, adjudicación de dicha obra a una empresa específica y finalmente la elaboración de contratos para su posterior aprobación.

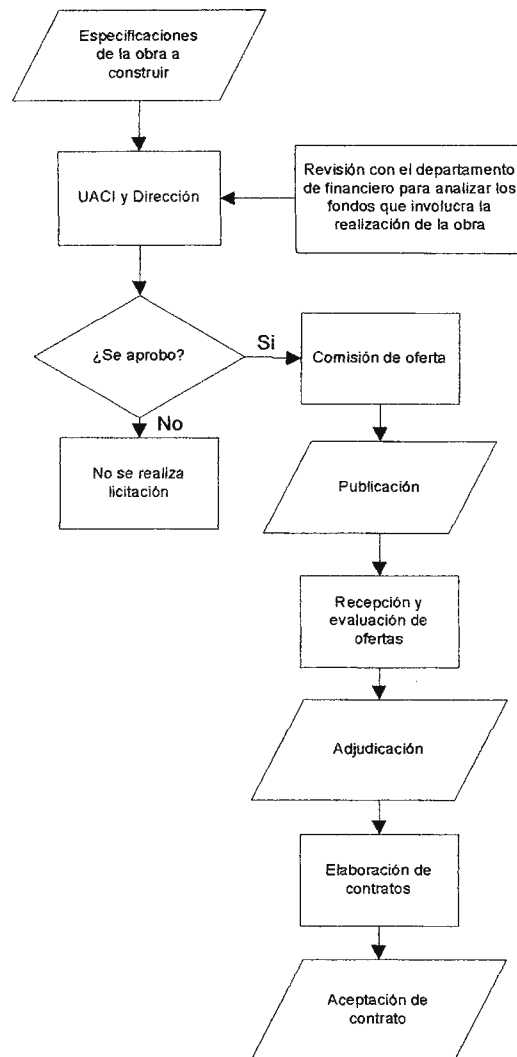


Figura No 2.1. Flujograma del procedimiento de licitación

2.1.3. Ejecución del Proyecto

La fase de ejecución del proyecto se lleva a cabo, luego que se ha pasado el procedimiento de licitación y la elaboración del contrato que justifica la adjudicación de la obra a realizar.

2.1.3.1. Construcción de obra

La construcción de la obra se da, luego que se ha aceptado (firmado) el contrato por ambas partes. Este documento tendrá que cumplirse en lugar, fecha y condiciones establecidas en su texto. La figura 2.2 muestra el flujograma de construcción de obra desde el punto de vista gubernamental.

El procedimiento de construcción, luego de haberse aprobado el contrato, debe tener una supervisión adecuada durante todo el desarrollo de la obra, esto para garantizar la transparencia de las acciones que se realizan.

Una de las actividades importantes es el cumplimiento firme del contrato. En el caso del gobierno, si este es incumplido se incurrirá en multas que el contratante tiene derecho a imponer [LACAP, Art. 85]. Si las multas en totalidad ascienden a más del 12% del monto total del contrato, este se puede dar por anulado. Para el caso del sector privado, los incumplimientos del contrato pueden llevar a acciones penales y otro tipo de sanciones.

La supervisión del proyecto es muy importante, y durante su proceso, se llega a un punto en el que se hace una recepción provisional de la obra por parte de los supervisores y funcionarios designados. Este paso, se deben realizar actividades de revisión en donde se incluyen los siguientes aspectos: Supervisión de funcionamiento de obra; capacitación del personal para la adecuada utilización del establecimiento construido; prueba del funcionamiento de la maquinaria, equipo o tecnología incluida en el establecimiento.

Estas acciones son muy importantes, ya que permite evidenciar si existen irregularidades en una obra. Si las hay, el contratista esta obligado a subsanarlas, sino no, el contrato se toma como incumplido. Al no encontrar irregularidades en la obra, se procede a la recepción definitiva y finalmente a la puesta en funcionamiento.

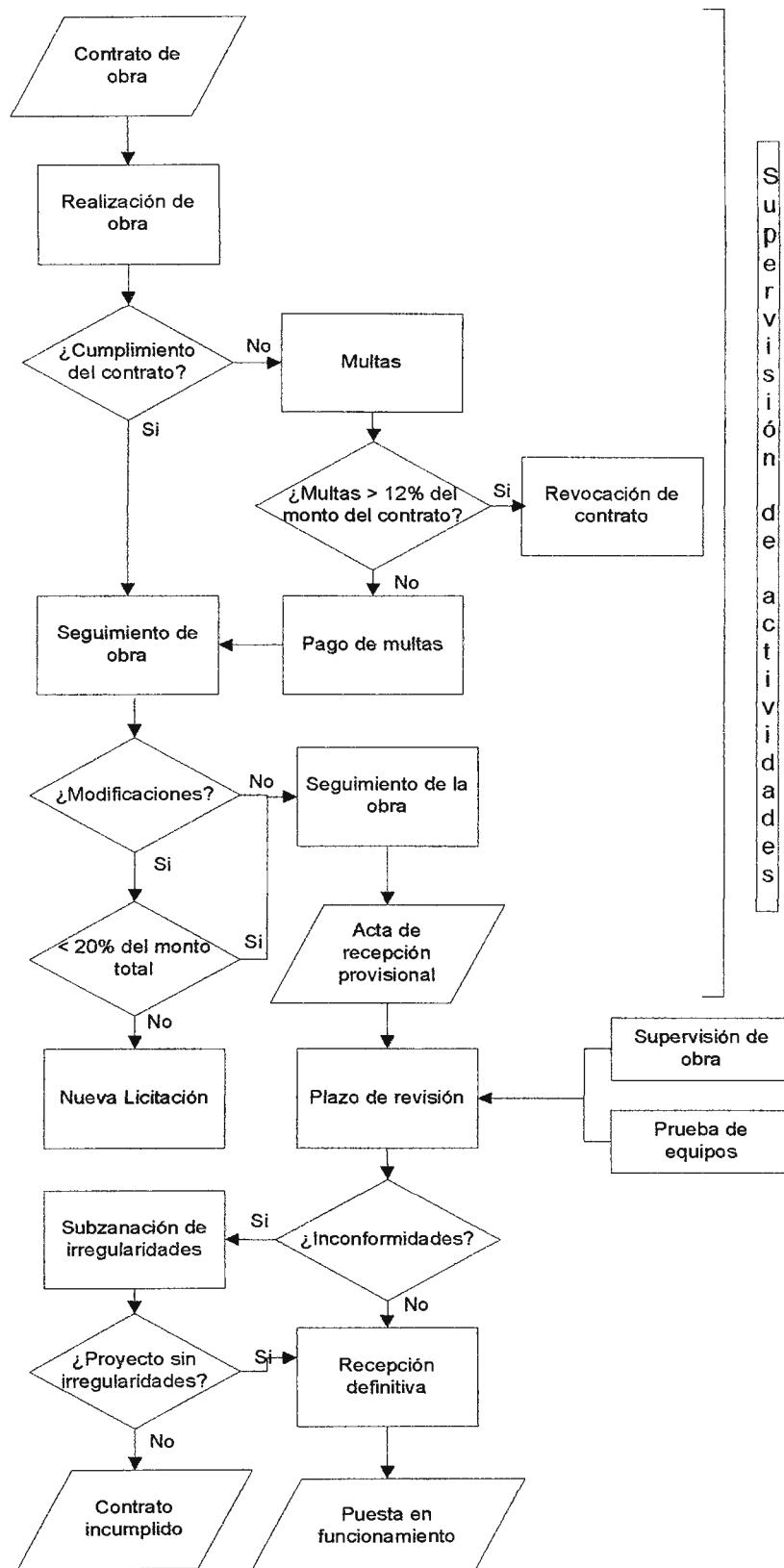


Figura 2.2. Flujograma del procedimiento de construcción de obra gubernamental.

2.1.3.2. Adquisición de tecnologías

En la fase de ejecución del proyecto, también se incluye el “equipamiento”, este se puede hacer al principio o al final de la construcción, dependiendo de que tipo de equipo sea y lo que involucre el instalarlo. Por lo general, esto se incluye luego de haber terminado la obra de construcción, pero queda a criterio del diseñador el determinarlo.

El flujograma del procedimiento de adquisición de tecnologías se muestra a continuación.

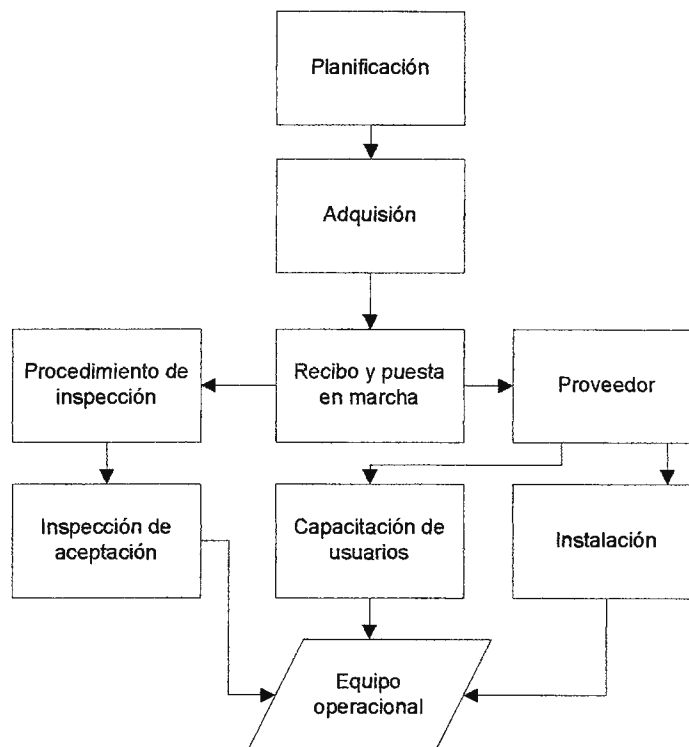


Figura No 2.3. Flujograma del procedimiento de adquisición de tecnologías

El procedimiento de adquisición de tecnologías parte del hecho que la necesidad ya ha sido previamente discutida en la planificación y seguidamente adquirida para formar parte del establecimiento de salud.

Cuando la tecnología se recibe y se emprende su puesta en marcha, la responsabilidad que el equipo instalado sea funcional recae en los proveedores y en el departamento técnico del centro de salud. Los primeros, son los responsables de instalar la tecnología en el establecimiento y de capacitar a los usuarios (personal de salud); los segundos son los encargados de inspeccionar y avalar la funcionalidad de la tecnología en dicho establecimiento.

2.1.4. Puesta en funcionamiento

La puesta en funcionamiento es la última fase del proceso de diseño, en esta se detallan los requisitos para que un establecimiento de salud sea funcional a lo largo del tiempo. Para la puesta en funcionamiento del proyecto en su totalidad es necesario realizar los siguientes procedimientos:

a) Elaboración de manuales para la organización y funcionamiento.

Los manuales para la organización que indiquen la jerarquía de responsabilidades en el uso del establecimiento de salud en su totalidad es una herramienta para estructurar el funcionamiento de la misma. La documentación mínima a considerar es:

- *Normalización de procedimientos administrativos y técnicos*
- *Inventario de repuestos*
- *Programación de tiempos de actividades*
- *Programación de supervisión de tecnología*
- *Control de calidad*
- *Rutinas de mantenimiento preventivo y ordenes de trabajo*

b) Programas de capacitación.

El programa de capacitación o cursos continuos sobre el funcionamiento de un establecimiento de salud es adecuado, ya que,

de esa manera se garantiza que sea operativo a través del tiempo, incluso si algunos elementos que conforman el establecimiento de salud se actualizan o modifican, el personal debe conocer el cambio y sus efectos en el desarrollo del trabajo.

c) Registro de certificaciones.

Las certificaciones correspondientes a la tecnología (maquinaria, procesos operativos de personal, etc.) deben ser documentados para respaldar el buen funcionamiento del establecimiento.

d) Manejo del riesgo.

Una gestión del riesgo reduce la probabilidad de sufrir algún daño en el funcionamiento del establecimiento de salud. Esta gestión debe enfocarse, tanto al usuario (personal de salud), así como al personal técnico responsable del funcionamiento del establecimiento.

e) Monitoreo de la productividad.

La productividad es un indicador que revela el grado de producción por unidad de trabajo. Establecer los parámetros de repuesta óptimos de un establecimiento de salud asegura su adecuado funcionamiento en un sistema.

f) Pruebas en vacío.

Las pruebas en vacío garantizan el funcionamiento de las instalaciones y de tecnología de un establecimiento de salud, ya que estas miden respuestas en condiciones conocidas de operación.

g) Gestión de garantías y contratos de servicio

Los contratos a terceros y las garantías que estos ofrecen deben ser gestionados adecuadamente para evitar retrasos por problemas futuros que pueda presentar un establecimiento.

2.2. Guía de Diseño

En este apartado del capítulo, se realiza una propuesta que menciona los pasos necesarios para diseñar instalaciones y servicios en establecimientos de salud. Sin embargo, debido a que el diseño de servicios e instalaciones puede formar parte de un diseño de un establecimiento completo, se describen dos tipos de guías de diseño:

- a) Guía de Diseño para Establecimientos de Salud
- b) Guía de Diseño para Servicios e Instalaciones

Para el caso, la Guía de Diseño para Servicios e Instalaciones, puede utilizarse como complemento de la Guía de Diseño para Establecimientos de Salud a la hora de realizar un establecimiento de salud nuevo, o bien por sí sola para el caso de que se reconstruya, rediseñe, adapte o agregue un nuevo servicio o instalación en un establecimiento preexistente.

2.2.1. Guía de Diseño de Establecimientos de Salud

En esta guía se desarrollarán los pasos recomendados para que un profesional siga el proceso de diseño de establecimientos de salud, considerando que ya se han tomado las decisiones políticas, sanitarias, técnicas y económicas para planificar y construir una obra específica.

a) Paso 1: Definir la finalidad del establecimiento

Este paso es necesario para mentalizar un punto inicial de partida, que ha sido previamente tratado por quienes han tomado las decisiones para planificar y construir una obra. Se puede entender como la determinación del concepto puntual, preciso y conciso de lo que se desea realizar.

b) Paso 2: Establecimiento del modelo gestión

En este paso, se define el modelo que apoya el diseño de un establecimiento. Específicamente, el modelo de gestión establece el estilo en que se administrara lo diseñado. Por tanto, para completar este paso, es necesario que se establezca lo siguiente: Manuales para la organización y funcionamiento, capacitaciones, certificaciones, manuales de riesgos, productividad del establecimiento, etc.

c) Paso 3: Establecimiento el equipo de diseño

El establecimiento de un equipo multidisciplinario es un paso determinante para el desarrollo de un buen diseño. En este paso es necesario seleccionar un grupo idóneo con la profesionalidad y experiencia adecuada para el diseño de la obra. Normalmente debe existir un arquitecto, un ingeniero biomédico y un médico planificador.

d) Paso 4: Determinación de la población a atender

En este paso se realiza un análisis de la cantidad de población a la cual, el establecimiento de salud, le dará cobertura. Este dato permitirá posteriormente, el dimensionamiento del establecimiento de salud.

e) Paso 5: Definir el programa Medico Arquitectónico

Este programa consiste en definir, relacionar y dimensionar los servicios que tendrá el establecimiento de salud.

i. Definir servicios principales

Cada establecimiento de salud tiene servicios específicos adecuados a su finalidad, por lo que en este apartado es necesario definirlos. Por ejemplo, para un hospital de oncología se tiene que definir servicios específicos a este tipo de especialidad, como lo son, braquiterapias y gamma cámaras.

ii. Definir servicios de apoyo

Para que los servicios principales cumplan con su finalidad, es necesario definir servicios de apoyo que los complementen. En este sentido, para los quirófanos se necesitan servicios de apoyo, como lo son, la CEYE o los gases médicos.

iii. Relaciones funcionales entre los servicios

En este paso se analizan las relaciones existentes entre todos los servicios del establecimiento de salud. Esto se realiza con el objetivo de conocer los flujos entre los servicios, si los servicios de apoyo considerados son los suficientes o si están bien ubicados, todo esto para su posterior distribución espacial.

iv. Definir tecnologías a utilizar en forma general

Este punto es determinante, ya que establecer tecnologías a utilizar influye considerablemente en el dimensionamiento de los servicios del establecimiento de salud y sus sistemas de apoyo relacionados. Para el caso, no es lo mismo una lavadora convencional para una clínica o unidad de salud, que un sistema de lavadoras a vapor para un hospital de gran tamaño.

v. Dimensionamiento de los servicios

Una vez definidas las tecnologías y la población a atender, se procede a determinar las capacidades de los diferentes servicios, dependiendo de las referencias dimensionales apropiadas para cada uno de estos.

f) Paso 6: Diseño del Plano Arquitectónico

Para realizar el plano arquitectónico, se toman en cuenta todas las consideraciones anteriormente dichas (servicios, dimensionamiento,

tecnologías). Incluso, en este paso se puede construir una maqueta que presente el diseño en relieve.

g) Paso 7: Presentación preliminar del proyecto

Luego que se ha diseñado el plano arquitectónico del establecimiento, es adecuado reunir y organizar toda la información que se ha generado para estructurar preliminarmente el proyecto del diseño. Esto se presenta preliminarmente para que las autoridades evidencien el diseño realizado, y también para que hagan observaciones, si las hay, en cuanto al plano arquitectónico, el modelo de gestión y el programa médico arquitectónico.

h) Paso 8: Asesorías Especializadas

En la actualidad, los diversos establecimientos de salud poseen una diversidad de tecnologías que varían en base a su función. Por lo tanto, es necesario que en este paso se realice un análisis del diseño especializado (tecnologías médicas, tecnología de la comunicación, etc.). A manera que se genere una discusión sobre que es lo más conveniente para el establecimiento de salud, además de analizar los criterios de diseño para esas áreas.

i) Paso 9: Elaboración de características técnicas

Este paso es el concluyente del paso anterior, ya que, en él se elaboran las características técnicas específicas de las diferentes tecnologías a utilizar en un establecimiento de salud.

j) Paso 10: Informe final

Finalmente, se procede a realizar el informe definitivo del diseño. En este informe, se incluyen: El plano arquitectónico de la obra, las características técnicas de las tecnologías a utilizar y el modelo de gestión del establecimiento de salud.

2.2.2. Guía de Diseño de Servicios e Instalaciones

En esta guía se desarrollaran los pasos recomendados para que un profesional siga el proceso de diseño de servicios e instalaciones, considerando que ya se han tomado las decisiones políticas, sanitarias, técnicas y económicas para planificar y construir servicios e instalaciones de un establecimiento de salud. En esta guía se describen los pasos que pueden aplicarse a la mayoría de servicios e instalaciones, sin embargo, para casos específicos pueden aplicar otros procedimientos particulares.

a. Paso 1: Definir la finalidad del Servicio o Instalación

Este paso es necesario para mentalizarse un punto inicial de partida, que ha sido previamente tratado por quienes han tomado las decisiones para planificar y construir una obra. Se puede entender como la conceptualización puntual precisa y concisa de lo que se desea realizar.

b. Paso 2: Establecimiento del equipo de diseño

El establecimiento de un equipo multidisciplinario es un paso determinante para el desarrollo de un buen diseño. En este paso es necesario seleccionar un grupo idóneo con la profesionalidad y experiencia adecuada para el diseño de la obra.

c. Paso 3: Establecimiento del modelo gestión.

En este paso, se define el modelo que apoya el diseño de un servicio o instalación. Específicamente, el modelo de gestión conduce a la forma en que se administrara lo diseñado. Por tanto, para completar este paso, es necesario que se establezca lo siguiente: Manuales para la organización y funcionamiento, capacitaciones, certificaciones, manuales de riesgos, productividad del servicio o instalación, etc.

d. Paso 4: Definir referencia de dimensionamiento

En este paso, se establecerán los diferentes índices de referencia que se utilizarán posteriormente para dimensionar el servicio o la instalación. Para el caso de los servicios se utiliza comúnmente la población atendida o la dimensión del hospital basada en el número de camas; mientras que para las instalaciones, la referencia de dimensionamiento puede variar dependiendo de las características específicas de esta.

e. Paso 5: Dimensionar capacidad del Servicio o Instalación

Utilizando las referencias de dimensionamiento, en este paso se dimensiona la capacidad del servicio o instalación. Esto significa que se calcula cual deberá ser la demanda que se requiere cumplir según las necesidades establecidas por la referencia de dimensionamiento. Por ejemplo, si se utiliza como referencia la población a atender por un establecimiento de salud, en conjunto de algún estudio epidemiológico, se puede establecer la demanda que deberá cubrir un servicio relacionado.

f. Paso 6: Análisis de tecnologías a utilizar

En este paso, se debe de seleccionar las tecnologías más apropiadas (cantidad y calidad) para el servicio o la instalación; de manera que se aprovechen adecuadamente los recursos físicos del área. Además, se debe de especificar las características técnicas de los elementos que conforman la tecnología a incluir.

g. Paso 7: Especificar Servicios e Instalaciones de Apoyo

Para que los servicios o instalaciones funcionen, es necesario establecer los servicios e instalaciones de apoyo que los complementan. Estos, pueden variar según su tipo, desde centros de

esterilización, sistema de gases médicos, aire acondicionado, suministro de agua, drenajes, etc.

h. Paso 8: Definir las relaciones y consideraciones funcionales de los espacios y redes

En este paso se analizan las relaciones existentes entre el servicio o instalación que se está diseñando, junto a las instalaciones o servicios de apoyo o con otros que se interrelacionan, y también considerando las tecnologías previamente establecidas. Esto se realiza con el objetivo de conocer los flujos entre las diferentes áreas que conforman un servicio, mientras que en las instalaciones para su correcta distribución a través del servicio o establecimiento de salud.

i. Paso 9: Diseñar plano arquitectónico del Servicio o Instalación

Para realizar el plano arquitectónico, se toman en cuenta todas las consideraciones anteriormente dichas, las cuales son: dimensionamiento, tecnologías y relaciones existentes entre los espacios. Para este paso, en el caso de los servicios, no se toman en cuenta las consideraciones eléctricas, de gases, ya que este tipo de diseño se escapa de los fines del diseño desde el punto de vista biomédico, en el caso de las instalaciones, solo se tomarán en cuenta respecto a sus trayectorias.

j. Paso 10: Presentación preliminar del proyecto

Luego que se ha diseñado el plano arquitectónico del servicio o instalación, es adecuado el reunir y organizar toda la información que se ha generado para estructurar preliminarmente el proyecto del diseño. Esto se presenta para que las autoridades revisen el diseño realizado y puedan hacer observaciones, si las hay, en cuanto al dimensionamiento del servicio o instalación, distribución, áreas

consideradas, tecnologías a utilizar y el modelo de gestión del servicio o instalación.

k. Paso 11: Informe final

Finalmente, se procede a realizar el informe final del diseño. En este, se incluyen: El plano arquitectónico de la obra, El modelo de gestión y las características técnicas de las tecnologías a utilizar.

Capítulo 3

Diseño de Sistemas de Suministro de Agua

3. Diseño de Sistemas de Suministro de Agua

Es evidente la importancia que tiene el abastecimiento y la distribución de agua para una Institución de Salud, ya que la relevancia de estos servicios es evidente desde el primer momento que se piensa en la construcción de la Instalación de Salud. Este capítulo, se dedica entonces a exponer los diferentes procedimientos y criterios necesarios para diseñar el sistema de suministro de agua. Específicamente se discutirán los criterios de diseño para abastecimiento, almacenamiento y tratamiento del agua para el uso en Establecimientos de Salud, así como sobre recomendaciones para su distribución y los cálculos necesarios para determinar necesidades y consumos para finalizar con un análisis de caso, como ejemplo.

3.1. Generalidades

3.1.1. Definiciones

Debido al uso de cierta terminología muy específica en este tema, es necesario definir ciertos conceptos básicos que se manejan en este capítulo.

- a) *Red Municipal de Distribución de Agua*: La red municipal de distribución de agua es la red de tuberías que distribuyen el agua desde su fuente (o tratamiento) hasta su destino final, en este caso el hospital o instalación de salud.
- b) *Agua Cruda*: Este término se utiliza para describir el agua que no ha llevado ningún tipo de tratamiento y se aplica al agua proveniente del sistema de distribución municipal.
- c) *Agua Potable*: Es un término que describe el agua que ha recibido los tratamientos necesarios que la hacen apta para el consumo humano.

- d) *Fuentes Subterráneas*: Las fuentes subterráneas de abastecimiento de agua, representan los cuerpos de agua subterráneos que pueden servir para abastecer agua por medio de pozos.
- e) *Fuentes Superficiales*: Las fuentes superficiales de abastecimiento de agua representan los ríos, lagos, etc.
- f) *Fuentes Atmosféricas*: Las fuentes atmosféricas de abastecimiento son las relacionadas al clima, es decir captación de aguas lluvias.
- g) *Nivel objetivo*: A la hora de monitorear factores de calidad de agua, el nivel objetivo es el nivel deseado que se espera tener en todo momento en dicho factor.
- h) *Nivel de acción*: A diferencia del nivel objetivo, el nivel de acción es un nivel límite, que indica que se esta alejando del objetivo, y que se requiere alguna acción o tratamiento inminente para mantenerlo dentro de los niveles deseados.
- i) *Sistemas de Suministro de Agua*: Los sistemas de suministro de agua son todos aquellos sistemas que tienen como objetivo abastecer de agua a los Establecimientos de Salud, incluyendo los necesarios procedimientos de tratamiento según su aplicación.

3.1.2. Componentes del Sistema

Los sistemas de Abastecimiento de agua pueden variar mucho dependiendo de su capacidad de cobertura, las condiciones del agua, y su uso final, sin embargo se puede afirmar que la mayoría de los sistemas utilizan en mayor o menor medida los mismos componentes. Estos

componentes son: la Fuente de Abastecimiento, el Almacenamiento, el Tratamiento, la distribución y su uso final.

3.1.3. Agua Caliente y Fría

La calidad del agua no es el único factor relevante del estado del agua, las aplicaciones de esta pueden también definir su temperatura. Se tiene entonces agua fría y agua caliente. El agua fría es básicamente el agua a temperatura ambiente y se utiliza para la mayoría de procesos realizados, mientras que el agua caliente debe llegar a su destino final a una temperatura próxima a los 60°C y se utiliza para baño de pacientes, o en los lavamanos y en cocina.

3.2. Fuentes de Abastecimiento

La fuente principal de abastecimiento de agua de la Instalación de Salud, es como es de esperar la red municipal de distribución agua, y es esta, la que debe de ocuparse generalmente. Sin embargo en los casos en los que no se disponga de una red municipal de distribución o que esta no sea capaz de satisfacer las necesidades de la Instalación, se deben buscar fuentes alternativas de abastecimiento seleccionando la opción más apropiada a partir de su costo, propiedades físicas, químicas y bacteriológicas. En este aspecto, es preferible utilizar fuentes subterráneas que fuentes superficiales y el uso de fuentes atmosféricas solo es recomendado cuando no existen otras opciones. Para estos tres casos se debe estudiar la calidad del agua y evaluar su tratamiento dependiendo de su uso, las cuales se mencionan posteriormente.

3.3. Almacenamiento

Para garantizar el constante suministro de agua a la Instalación de Salud, debe asumirse que el suministro de agua municipal puede y va a fallar. Por esto, se deben construir cisternas de almacenamiento de agua. Se deben construir dos cisternas separadas, que se diferencian en la calidad del agua

contenida. Se tienen entonces una cisterna de agua cruda y una cisterna de agua potable.

3.3.1. Capacidades

La capacidad de las cisternas refleja el volumen máximo del agua contenido en estas, este volumen depende de las necesidades propias de la Instalación de Salud, y debe contener la cantidad suficiente para suministrar tanto el agua de uso común, como para uso de lavandería, cocina, riego y sistema antiincendios. En el apartado 3.6 se analizan los procesos de cálculo de consumo diario de agua en el Establecimiento de Salud, que reflejará la capacidad de la cisterna.

3.3.1.1. Cisterna de Agua Cruda

Dependiendo de la confiabilidad del suministro de agua y de su capacidad de abastecimiento y disponibilidad, para calcular la capacidad de la cisterna de agua cruda se debe:

- a) Tomar el volumen de almacenamiento de la cisterna de agua cruda como la del consumo de:
 - 1. Un día para un suministro de agua muy confiable
 - 2. Dos días, para un suministro no confiable.
- b) A este volumen se le debe sumar, en cualquiera de los dos casos, el volumen del agua necesaria para el sistema de protección de incendios.

Una vez se tienen las dimensiones se deberá realizar el diseño tomando en cuenta las características del terreno y arquitectura del establecimiento, cuidando que la profundidad máxima de esta no sobrepase los 10 metros.

El apartado 3.6 contiene los lineamientos para calcular el volumen de agua necesario para el sistema de protección de incendios.

3.3.1.2. Cisterna de Agua Potable

La capacidad de la cisterna de agua potable es la misma que la del agua cruda para un día de trabajo, sin considerar el volumen del agua para riego y sistema contra incendios y el cálculo de las dimensiones se realiza de la misma forma tomando en cuenta este consumo.

3.3.2. Cisternas Compuestas por Celdas

Se recomienda que para facilitar la limpieza y el mantenimiento de las cisternas, se dividan estas en al menos 2 celdas de capacidades iguales, con control de entrada y salida de agua independiente. De esta forma se puede dar mantenimiento a una mientras la otra sigue funcionando como normalmente, garantizando el abastecimiento ininterrumpido de agua a la instalación de salud. En el país, existen ya algunas cisternas compuestas por celdas en uso en establecimientos de salud. En la Figura 3.1 se esquematiza un diseño de cisternas divididas en celdas.

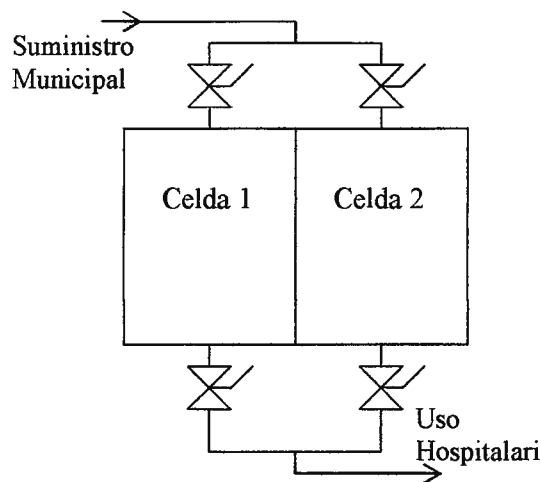


Figura 3.1. Esquema de Cisternas Compuestas por Celdas.

3.3.3. Tubos de Ventilación

Las cisternas deben tener tubos de ventilación que permitan entrada de aire y expeler los vapores y gases que puedan acumularse dentro de ella.

Estos tubos de ventilación deben tener un diseño que proteja la cisterna de insectos u otros animales así como polvo y otros tipos de basura.

Los tubos de ventilación deberán estar colocados, uno por cada 200 metros cuadrados de área superficial de la cisterna y deberán tener un diámetro de 4 pulgadas (100mm), estos pueden ser de PVC o cobre tipo "M".

En el caso de que la cisterna esté dividida en celdas individuales, se puede evitar el innecesario incremento en la frecuencia de los tubos de ventilación (por ejemplo si las celdas tienen un área superficial total menor a 200 metros), comunicando las celdas entre si por medio de tubos de 3 pulgadas (76mm) colocados en la parte superior de la cisterna justo bajo la losa superior. De esta forma, se podrá respetar la distribución de un tubo de ventilación por cada 200 metros cuadrados sin dejar sin ventilación ninguna celda.

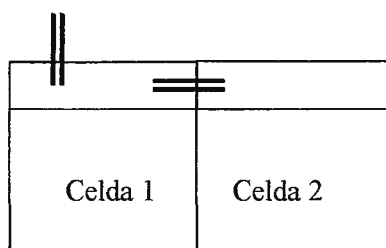


Figura 3.2. Esquema de ventilación para Cisternas Compuestas por Celdas, con área superficial menor a 200 m².

3.4. Calidad de Agua y Tratamiento

La calidad del agua debe ser medida respecto a sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas. Las necesidades de agua dentro de la Instalación de Salud, puede separarse en 5 categorías según su calidad: agua cruda, agua potable, de uso asistencial, estéril y de uso técnico.

En los sistemas nacionales, es común ver estas categorías de calidad particularmente en los establecimientos de atención media y avanzada, donde se tienen cisternas separadas para el agua entrante, agua tratada, y tratamientos específicos en sitio, cuando es necesario, como en el caso de las calderas o alimentación para hemodiálisis.

La relación entre estas categorías se muestra en la figura 3.3 a continuación:

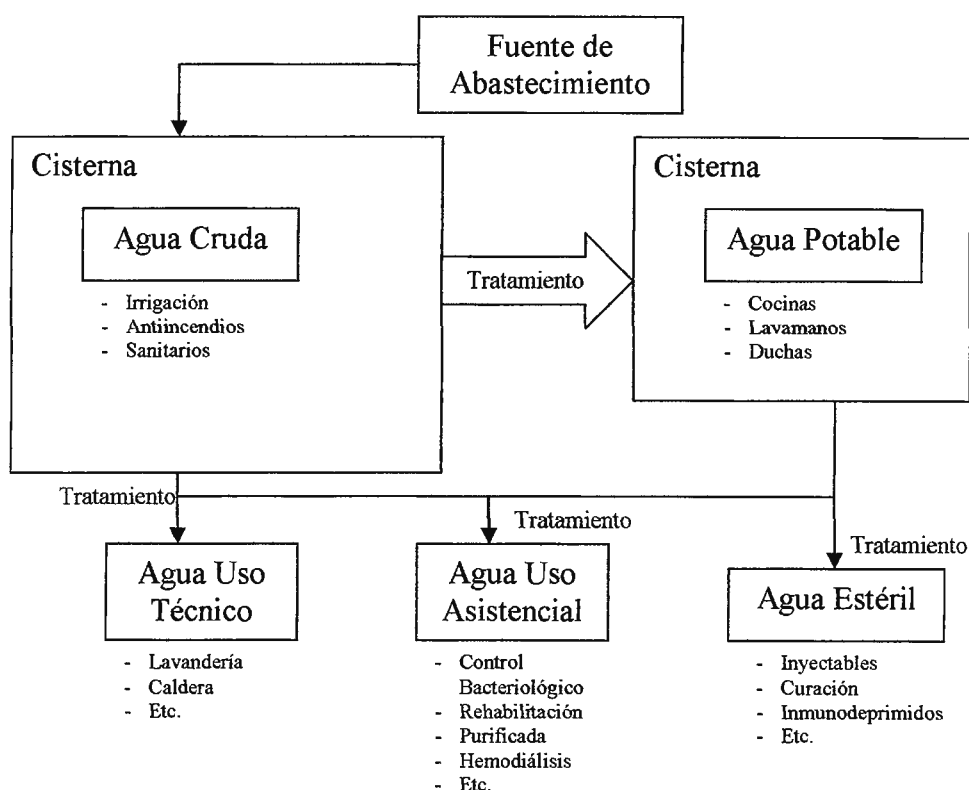


Figura 3.3. Relación entre las Categorías de calidad de Agua

3.4.1. Agua Cruda

Como se mencionó anteriormente, el agua cruda representa el agua proveniente directamente de la red municipal de distribución de agua y que no ha tenido ningún tratamiento dentro del hospital. El agua Cruda se recibe y se almacena y es fuente directa para el sistema de irrigación, sanitarios y sistema antiincendios, e indirectamente, para los demás usos que requieren diferentes grados de calidad y tratamiento.

3.4.2. Agua Potable

Dependiendo de la calidad del agua suministrada por la red de distribución municipal, y aun más importante, cuando las fuentes de abastecimiento sean otras, es necesario tratar el agua químicamente para potabilizarla. Se tiene entonces un tanque adicional para el almacenamiento de agua potable como se explica en el apartado 3.3. El agua potable se utiliza para cocina, lavamanos, duchas, etc.

El tratamiento necesario del agua potable depende de la calidad de la fuente. Para agua de pozos o la red de distribución general, se utilizan solamente tratamientos químicos. Estos incluyen cloración y químicos para la eliminación de algas. Para sistemas cuya fuente sea de tipo atmosférico o superficial, u otros casos especiales, se recomienda además un tratamiento previo del agua para eliminar otro tipo de contaminantes, que podrían ser desde arena y basura, hasta químicos y microorganismos que podrían representar un peligro para el usuario final o el equipo. El tipo del filtro a utilizar dependerá del caso particular y podrá incluir métodos físicos como rejillas para detener partículas grandes suspendidas o flotantes, rejillas finas, trampas de arena, sedimentación simple, filtros, etc.

3.4.3. Agua de Uso Asistencial

El agua de uso asistencial, es aquella que se utiliza para procedimientos de atención médica, que lleva un tratamiento por parte de la Instalación de Salud, cuyos criterios de calidad dependen específicamente de su uso final en procedimientos asistenciales. Se habla entonces principalmente de 5 tipos de control de calidad: Agua con control bacteriológico, agua para tratamientos de rehabilitación, agua para hemodiálisis, agua purificada para preparación de medicamentos, agua altamente purificada.

La fuente de abastecimiento para el uso asistencial es el agua cruda, y los tratamientos específicos para su uso final se deben hacer por lo general en el sitio donde se utiliza. En otras palabras, no se requiere de otro tanque de almacenamiento general para agua tratada especialmente para un tratamiento particular, y solo se utilizará en sitio cuando se necesite.

3.4.3.1. Agua con Control Bacteriológico.

El agua con Control Bacteriológico, tiene tratamientos de calidad bacteriológica superior al resto de la distribución, y es utilizada para pacientes vulnerables y para asistencia en contacto con membranas mucosas u otras actividades particularmente en riesgo de infecciones. Se recomienda que la calidad del agua para estas aplicaciones sea como se muestra en la Tabla 3.1:

	Nivel Objetivo	Nivel de Acción
Flora Aeróbica a 22°C	1 UFC ⁰ / 100 ml	10 UFC / 100 ml
Pseudomonas Aeruginosa	1 UFC / 100 ml	1 UFC / 100 ml

Tabla 3.1. Recomendaciones de Calidad de Agua con Control Bacteriológico¹

Este nivel de calidad se obtiene ya sea por medio de tratamiento químico (cloración) o físico (filtración, ultravioleta) a la entrada de la red del sistema de suministro de agua.

El tratamiento mas frecuentemente ocupado, es el de microfiltrado. El cual se basa en un filtro de porosidad media de 0.2 µm, preferiblemente precedido por un prefiltrado.

¹ Guide Technique: L'eau dans les Établissements de Santé. Ministère de la Santé et Des Solidarités, Francia

Los tratamientos de radiación ultravioleta y cloración (o descontaminación química) pueden también utilizarse en caso de ser necesarios.

Si se obtiene esta calidad de agua esperada, por medio de microfiltrado, no es necesario hacer monitoreos ni tratamientos posteriores.

3.4.3.2. Agua para Piscinas de Tratamientos de Rehabilitación
A pesar de que no existen estándares específicos para la calidad del agua para piscinas de tratamientos de rehabilitación, si se recomienda utilizar como mínimo los estándares de calidad para agua de piscinas de uso publico. Tomando esto en cuenta se recomienda se sigan los niveles de calidad de la tabla 3.2.

	Nivel Objetivo
Flora Aeróbica a 36°C	< 100 UFC / ml
Total Coliformes 36°C	≤ 1 UFC / 100 ml
Pseudomonas	≤ 1 UFC / 100 ml
Staphylococcus	≤ 1 UFC / 100 ml

Tabla 3.2. Recomendaciones de Calidad de Agua para Piscinas de Rehabilitación²

3.4.3.3. Agua para Hemodiálisis
La hemodiálisis es el proceso por el cual se realiza las funciones renales fuera del cuerpo humano de forma artificial por medio de una máquina dializadora. Esto se hace a través de un Líquido de Diálisis. Este es un medio líquido que se pone en contacto con la sangre a través de una membrana semipermeable que absorbe las impurezas de la sangre. El liquido de diálisis es preparada por el equipo de

² Guide Technique: L'eau dans les Établissements de Santé. Ministère de la Santé et Des Solidarités, Francia

hemodiálisis utilizando agua purificada y concentrados electrolíticos o sales especiales para este tipo de tratamientos.

Debido al contacto directo con el torrente sanguíneo, la calidad y pureza del líquido de diálisis debe ser uno de los aspectos a considerar en el diseño de un sistema de suministro de agua, dado que la presencia de contaminantes podría agregar complicaciones para el paciente.

Para purificar el agua para hemodiálisis, esta debe someterse a un tratamiento, se recomienda un tratamiento de 3 etapas para garantizar una calidad aceptable para su contacto con la sangre del paciente. Estas etapas son Pre-tratamiento, tratamiento por Osmosis Inversa y Post-tratamiento.

El pre-tratamiento es la etapa donde se retirarán la mayoría de los elementos que ponen en riesgo al paciente. Estos tratamientos son por lo general el uso de diferentes filtros como: el filtro de carbón activo, para eliminar cloro, cloraminas^o y sustancias orgánicas; filtros de cartucho^o, que es un cilindro de material poroso para retener partículas de menor tamaño; finalmente los filtros de cartucho bobinado están compuestos por fibras de algodón, polipropileno u otro similar y están diseñados para filtrar partículas de hasta 1 μm .

El tratamiento por osmosis Inversa es un proceso de purificación del agua utilizando una membrana semipermeable y rechazo del concentrado iónico. Este método elimina iones y contaminantes orgánicos de peso molecular mayor a 100Da^o.

El sistema de post tratamiento se refiere a otros elementos que permitan alcanzar el nivel de agua purificada recomendada,

generalmente se trata de una segunda etapa de osmosis, pero dependiendo de las tecnologías se pueden tomar otros sistemas.

Los niveles mínimos de calidad del agua así como las diversas alternativas tecnológicas disponibles se detallaran más a fondo en el capítulo 8 sobre criterios de diseño y dimensionamiento de Servicios.

3.4.3.4. Agua Purificada

El agua purificada está designada para la preparación de medicamentos para los cuales los pirógenos y grado de esterilidad son irrelevantes. La calidad necesaria se obtiene a través de los procesos de osmosis inversa, desmineralización y/o destilación. El agua purificada no se transporta por una red de abastecimiento sino que al purificarse es empaquetada y transportada en botellas o bolsas selladas y acondicionadas. El control de la calidad del agua purificada debe hacerse por parte del productor quien puede formar parte del Establecimiento de Salud o puede ser un proveedor independiente.

3.4.3.5. Agua Altamente Purificada

El agua altamente purificada es utilizada para la preparación de medicamentos que requieren una alta calidad biológica, (10 UFC/100ml de agua de Flora aerobia). El agua altamente purificada se obtiene a partir de agua potable a través de procesos de osmosis inversa de doble paso combinada con otras técnicas como la ultra-filtración y des-ionización. Al igual que con el agua purificada, los controles de calidad deben ser llevados por el productor.

3.4.4. Agua Estéril

El agua estéril puede utilizarse para 3 funciones, agua para preparaciones inyectables, agua para curación o contacto con lesiones y tejido mucoso y agua de consumo para pacientes inmunodeprimidos.

3.4.4.1. Preparación de Inyectables

El agua para preparación de medicamentos inyectables es agua destinada para medicamentos inyectables, esta debe ser agua tratada empacada en volúmenes pequeños (de 100ml a 10000ml) en pequeñas botellas de vidrio con tapa de hule y un anillo de seguridad de aluminio para ser esterilizadas por medio de calor. Los límites de concentración de endotoxinas son de 0.25 UIS por mililitro de agua. Al igual que en caso del agua purificada, los controles de calidad deben ser llevados por el proveedor.

3.4.4.2. Agua para Curación

El agua para curación se refiere a agua estéril en grandes volúmenes, utilizada para la curación y otros procesos que tengan contacto directo con lesiones y tejidos internos del paciente, por ejemplo durante intervenciones quirúrgicas.

El agua se debe empacar en volúmenes de una sola dosis (que no puedan ser reutilizados), con tapas herméticas y deben estar marcadas con indicaciones que aclaren que esta agua no deberá ser inyectada, que debe ser utilizada una sola vez, y que cualquier sobrante debe ser eliminado.

El agua debe ser estéril y contener menos de 0.5 UI/ml^o de endotoxinas bacteriales. El control de calidad queda en manos del productor.

3.4.4.3. Agua de Consumo para pacientes Inmunodeprimidos

El agua estéril de consumo es utilizada para beber, preparación de alimentos destinadas a pacientes inmunodeprimidos. Para su producción se utiliza agua potable como fuente, esta debe luego ser

esterilizada por medio de calentamiento hasta el punto de ebullición o por medio de autoclave.

3.4.5. Agua de Uso Técnico

El término de agua de uso técnico se refiere a agua que no tiene contacto directo con el paciente y sus niveles de calidad dependen directamente del equipo donde se utilizará. Por lo general se refiere a tratamientos que mantienen la calidad del agua para proteger al equipo de daños, como la desmineralización y la suavización del agua. Equipos que utilizan agua de uso técnico incluyen lavadoras de ropa, generadoras de vapor, etc.

Las condiciones particulares de la calidad del agua dependen directamente del equipo particular, se puede ver un ejemplo del tratamiento en el capítulo 4 sobre la generación, distribución y utilización de vapor.

3.4.6. Agua Caliente

Además de los diferentes tratamientos para controlar la calidad del agua, también es importante el tratamiento de regulación de temperatura. El agua debe pasar, para ciertas aplicaciones, por un proceso de calentamiento antes de pasar a su utilización final.

Los sistemas de agua caliente son muy diversos, y su selección dependerá directamente del tamaño y complejidad del establecimiento de salud. Se tienen entonces desde sistemas centrales o individuales de calentamiento, directo e indirecto y con o sin retorno de agua.

3.4.6.1. Sistema de Calentamiento Individual

Este es el método de calentamiento más simple y consiste en un calentador individual, generalmente eléctrico, en el sitio que se va a utilizar. Este calienta el agua por contacto directo y puede utilizar o no

un tanque pequeño de reserva de agua caliente. Debido a la poca cobertura de este sistema, y a que se necesitan instalar varios calentadores cuando existen varios equipos que ocupen agua caliente, no se recomienda este sistema como solución única para hospitales y establecimientos complejos de salud. Sin embargo es una muy buena solución para unidades de salud pequeñas donde las necesidades de agua caliente son pocas, o como complemento de un sistema central de calentamiento para casos donde un área o servicio dentro del establecimiento de salud tenga requerimientos especiales de agua caliente, u horarios más largos de uso, lo cual evita mantener todo el sistema central trabajando a niveles máximos en horarios de bajo consumo de agua caliente.

3.4.6.2. Sistema de Calentamiento Central

El sistema central de calentamiento, consiste en un calentador remoto que alimenta todo el sistema de agua caliente. Este es el método de calentamiento más apropiado para establecimientos de salud ya que puede alimentar una mayor cantidad de muebles con menos consumo energético y menor costo que los calentadores individuales.

El calentamiento se puede hacer de forma directa, pasando el agua de consumo por serpentines dentro del calentador para calentarla, o de forma indirecta a través de un circuito cerrado de vapor o agua caliente que circula todo el edificio y transmite el calor al agua de consumo en los puntos donde se utiliza.

Los sistemas de calentamiento central pueden ser divididos en dos categorías, los sistemas de calentamiento con y sin recirculación de agua.

El sistema de calentamiento central sin circulación consiste en calentador central que envía agua caliente a los muebles que lo necesitan donde es utilizada. De esta forma el agua permanece en la tubería hasta que se utiliza. Mientras el agua está en la tubería, el agua caliente, pierde lentamente su temperatura y al utilizarla se necesita esperar a que el agua salga caliente.

El sistema de calentamiento con recirculación, por el contrario es un circuito de tuberías por el cual siempre se mantiene el agua caliente en circulación y recalentamiento; comenzando en el tanque, pasando por todos los puntos de servicio y retornando al tanque donde es recalentada. Esto permite que el agua no se enfríe y que se tenga disponible siempre y sin necesidad de esperar. El sistema con recirculación de agua caliente, requiere un tanque de reserva de agua caliente, para evitar que el elemento calentador, esté encendido constantemente, evitando así consumos innecesarios de energía. En el grafico 3.4 se puede apreciar un esquema comparativo de los sistemas de calentamiento con y sin recirculación de agua.

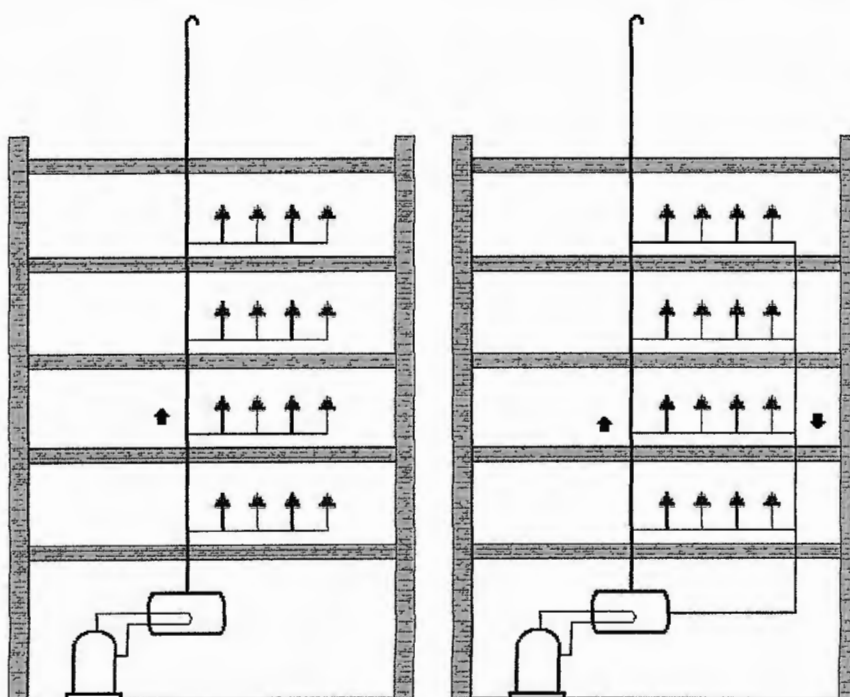


Figura 3.4. Comparación de sistemas de calentamiento central sin recirculación de agua caliente a la izquierda y un sistema con recirculación a la derecha..

3.4.6.3. Calentadores

Los calentadores pueden catalogarse según las fuentes de energía que utilizan para calentar. De esta forma se tienen calentadores basados en: electricidad, gas, combustibles líquidos (kerosén, alcohol, aceites, diesel, etc.) y combustibles sólidos (leña, carbón, etc.).

La utilización de un calentador en lugar de otro dependerá de la demanda de agua caliente del establecimiento de salud, así como los costos y las ofertas de los combustibles y equipos.

3.4.6.4. Tanque de Reserva de Agua Caliente

Exceptuando algunos casos donde se tengan sistemas de calentamiento individual, el sistema de calentamiento siempre debe tener tanques de reserva de agua caliente. Esto permite que el equipo de calentamiento ahorre energía y mejora la eficiencia general del sistema.

Para calcular las dimensiones del tanque de reserva se deberá tomar el consumo horario de agua caliente de todos los muebles en el hospital, mas detalles sobre esto se pueden observar en el apartado 3.6.

Aparte de las dimensiones, otro criterio importante a la hora de diseñar el sistema de agua caliente y el tanque de reserva de agua caliente es su ubicación. Para aprovechar el efecto de termosifón y aprovechar la circulación natural del agua caliente, para los casos donde no haya recirculación, se recomienda ubicar el tanque de reserva en una posición más alta que el calentador.

También es importante tomar en cuenta las necesidades de mantenimiento del tanque. Por lo cual se debe asegurar que el acceso al interior del tanque sea adecuado y que a la hora de mantenimiento, exista suficiente espacio para sacar los serpentines cuando el diseño lo permita.

3.5. Redes de Distribución de Agua

3.5.1. Red de Distribución de Agua Fría

La red de distribución de agua fría tiene como objetivo alimentar todos los muebles y equipos que se necesiten dentro del establecimiento de salud. Para garantizar el cumplimiento de este objetivo se recomienda utilizar tuberías metálicas siguiendo las recomendaciones de la tabla 3.3:

Diámetro	Tipo de Tubería
Máximo 64 mm	Cobre Rígido tipo M
Mínimo 74 mm	Acero sin Costura, Cedula 40

Tabla 3.3 Materiales para tubería de Agua Fría.³

Las conexiones de las tuberías deben ser de bronce fundido para soldar o de cobre forjado para uso en agua, en las tuberías de cobre y de acero sin costura cedula 40 para las tuberías de acero. La unión debe hacerse por medio de soldadura de baja temperatura (aleación plomo 50% y estaño 50%) para los tubos y conexiones de cobre, mientras que para los de acero se debe utilizar soldadura eléctrica de calibre adecuado para el espesor particular.

3.5.2. Red de Distribución de Agua Caliente

Las tuberías de distribución de agua caliente siguen las mismas recomendaciones de materiales que el agua fría. Con la excepción que

³ Criterios Normativos de Ingeniería para Instalaciones Sanitarias, Hidráulicas y Especiales. IMSS. Mexico

para soldar tuberías de cobre y sus respectivas conexiones se utiliza soldadura de baja temperatura con aleación de estaño (95%) y antimonio (5%).

Para evitar pérdidas de temperatura, se recomienda que las tuberías de agua caliente sean aisladas térmicamente empleando tubos prefabricados en dos mitades de fibra de vidrio con espesor de 25mm (1 pulgada) o tubos de polímero espumado con espesor de al menos 13mm (1/2 pulgada).

3.5.3. Ubicación de las Redes de Distribución

La ubicación de las redes de distribución juega un rol importante en el diseño de estas. Para garantizar la seguridad de las personas (empleados y pacientes), equipos (particularmente electrónicos) y conservación en general de las instalaciones, es necesario que las redes de distribución se ubiquen en lugares de tal modo que sean seguros para las personas y equipos como accesibles para su mantenimiento.

Para garantizar la accesibilidad a las tuberías, se deben diseñar sus trayectorias de tal modo que se distribuyan por las circulaciones de los edificios, colocándolas en camas de tuberías, ubicadas entre el cielo falso y la loza o techo. Es importante que la ubicación de las tuberías permita acceso y no requiera romper paredes o el suelo para su mantenimiento.

Para mejorar la seguridad de los pacientes y equipos, se recomienda evitar, siempre que sea posible, que se coloquen tuberías en áreas altamente habitadas (como cafeterías o salas de espera) o áreas con equipo eléctrico (como servidores o terminales).

También es importante proteger las tuberías en si mismo. Las tuberías verticales, deben ser colocadas dentro de conductos que las protejan,

nunca deben quedar expuestas. Y para mejorar sus probabilidades de supervivencia a una catástrofe (terremoto), sus trayectorias deben seguir los ejes principales de la infraestructura de forma paralela.

Debido a que El Salvador es un país con alto riesgo sísmico se recomienda que entre las juntas de construcción se instalen juntas flexibles. Estas deben ser mangueras metálicas con entramado de acero inoxidable.

Las tuberías son transportadas en camas a lo largo de su trayectoria. En estas camas, las diferentes tuberías deben estar ordenadas de forma que se disminuyan los riesgos en caso de falla. Con esto en cuenta, se ordenan las tuberías en orden de peligrosidad, siendo la red menos peligrosa la que se coloca contigua a la pared. Este orden ayuda también a reconocer la red a la hora de mantenimiento por lo que se debe respetar el orden en toda la instalación. Se tiene entonces como ejemplo, que se coloca primero la red de protección contra incendios junto al muro del pasillo, el agua fría, el agua caliente, el retorno del agua caliente, el retorno de vapor a baja presión, el vapor a baja presión, el retorno de vapor a alta presión y el vapor a alta presión. Dependiendo del caso particular, se pueden agregar y quitar redes a este ejemplo respetando el orden.

3.6. Metodología de Diseño y Criterios

En este apartado se exponen los criterios necesarios para el dimensionamiento de sistema. Esto se hace en dos partes, el cálculo de consumo de agua fría y el cálculo de consumo de agua caliente.

3.6.1. Cálculo de Consumo de Agua Fría

El consumo de agua depende del tamaño de la Instalación de Salud, así como de las áreas particulares que esta posea. Para calcular la

necesidad de abastecimiento de agua fría, se suman los valores de consumo utilizando la tabla de consumos 3.4 según aplique.

Servicio	Dotación (litros)	Observaciones
Cama Adulto	1250	Por Cama/día
Cama-Camilla	1250	Por Camilla/día
Cama Pediátrica	625	Por Cama/día
Cuna	625	Por Cuna/día
Consultorio de Hospitales	500	Por Consultorio
Consultorio Independiente	2000	Por Consultorio
Lavandería	200	Por Cama/día
Habitaciones	300	Por huésped/día
Riego de Áreas Verdes	5	m ² / día
Protección Contra Incendios	5	m ² construido

Tabla 3.4. Consumos de Agua Fría⁴

En caso de que se utilicen equipos especiales, como máquinas de hemodiálisis, tanques de remolino, piscinas de terapia, con necesidades de suministro de agua especiales, se deberá agregar estas al consumo total diario, según las recomendaciones del proveedor del equipo. En la tabla 3.5 se puede ver a manera de ejemplo los consumos de algunos equipos de terapia.

Servicio	Dotación	Observaciones
Tina de Hubbard	16500	Tina/día
Tina de Remolino (brazos)	8000	Tina/día
Tina de Remolino (piernas)	10500	Tina/día

Tabla 3.5. Ejemplo de consumos de equipos de terapia.

⁴ Criterios Formativos de Ingeniería. Instituto Mexicano del Seguro Social

3.6.2. Cálculo de Consumo de Agua Caliente

El agua caliente se calcula utilizando la tabla 3.6. Y la capacidad mínima de almacenamiento del tanque deberá ser igual al consumo horario probable de agua caliente.

Servicio	Dotación (litros)	Observación
Fregadero Cocina de Piso	80	
Lavamanos	20	Baños de Encamados
	20	Baños y Vestidores de Personal
	10	Baños y Vestidores de Médicos
	10	Consultorio
	10	Cuarto Aislado
	10	Cuarto de Curaciones
	120	De cirujanos (por mezcladora)
	10	Grupo de Baño
Lavadero	20	
Lavadora de Guantes	60	(ver comentario)
Lavadora Ultrasónica	60	
Mesa de Autopsias	80	
Regaderas	150	Baños de Médicos-Anatomía Patología
	300	Baños de Médicos Cirugía
	300	Baños Generales de encamados
	150	Baños y vestidores médicos
	300	Baños y Vestidores de personal
	150	Descontaminación
	100	Grupo de Baño-aislado
	300	Grupo de baño-encamados
	100	Grupo de Baño – médico de

		turno
Tanque de Revelado	80	(Ver comentario)
Vertederos	60	Anexos de consultorio
	10	Cocinetas de Jefaturas
	80	Central de Esterilización y Equipo
	60	Laboratorio Clínico
	80	Laboratorio de Leches
	100	Lavado de instrumental
	60	Trabajo de enfermeras
	80	Trabajo de yeso
Cocina General	100	Fregadero (por mezcladora)
	3.75	Marmita (Litros por galón)

Tabla 3.6. Abastecimiento de Agua Caliente⁵

Comentario: El uso de algunas de estas tecnologías tiende a discontinuarse, porque existen alternativas que las sustituyen o las hacen innecesarias. Se incluye la información con el fin de servir de referencia cuando sea necesario, sin embargo se recomienda el uso de tecnologías adecuadas para instalaciones nuevas. Esto se puede observar en equipos como los Tanques de Revelados que se están haciendo innecesarios con la aparición de los equipos de imágenes digitales que muestran las imágenes en una pantalla o utilizan impresión seca, o como las lavadoras de guantes que se vuelven prescindibles al usarse guantes desechables.

3.7. Guía de Diseño

Existen 9 pasos que deben tomarse al diseñar un sistema de abastecimiento de agua, según lo descrito anteriormente estos son:

⁵ Criterios Formativos de Ingeniería. Instituto Mexicano del Seguro Social

- a. **Paso 1: Determinación de una Fuente de Abastecimiento.** En este paso se determina cual será la fuente más apropiada para el abastecimiento de agua del sistema.
- b. **Paso 2: Cálculo de Consumo de Agua Fría.** En este paso se calcula el consumo estimado del agua que se utilizará para dimensionar el sistema.
- c. **Paso 3: Diseño de Cisterna de agua Cruda.** En este paso se calculan las dimensiones de la cisterna de agua cruda a partir del consumo de agua fría.
- d. **Paso 4: Diseño de Cisterna Agua Potable.** En este paso se calculan las dimensiones de la cisterna de agua potable tomando en cuenta los datos de consumo de agua fría.
- e. **Paso 5: Cálculo de Consumo de Agua Caliente.** Aquí se calcula el consumo estimado del agua caliente que se ocupará por hora.
- f. **Paso 6: Determinación de Sistema de Calentamiento.** En este paso se determina que sistema se utilizará para realizar el calentamiento de agua.
- g. **Paso 7: Dimensionamiento del Tanque de Reserva de Agua caliente.** En este paso se calcularán, cuando aplique, las dimensiones del tanque de reserva de agua caliente a partir del consumo horario de esta.
- h. **Paso 8: Determinación de Necesidades de Tratamiento.** El octavo paso tiene como objetivo determinar las diferentes necesidades de tratamiento de agua dentro del establecimiento de salud y a partir de estas, realizar los sistemas de tratamiento necesarios.
- i. **Paso 9: Diseño de Redes de Distribución.** Finalmente el último paso consiste en el diseño de la red de distribución en el plano arquitectónico del establecimiento, incluyendo consideraciones por pérdidas, presiones, etc.

3.8. Ejemplo de Calculo de Consumo de Agua

En este capítulo se han desarrollado los criterios y recomendaciones necesarios para seguir y realizar los pasos de diseño. Para aclarar los procedimientos de los diferentes pasos, se presenta el siguiente ejemplo de cálculo para un hospital general.

El Hospital cuenta con 300 camas, 10 consultorios de consulta externa, un área construida de 5000 metros cuadrados, 500 metros cuadrados de área verde. El Hospital se encuentra ubicado en una zona urbana con acceso distribución municipal de agua racionalizado (se recibe agua solo 12 horas diarias). Se asumirá que el hospital solo requiere agua caliente para los baños de pacientes y que existen 100 de estos.

a. Paso 1: Determinación de una Fuente de Abastecimiento

Debido a que el hospital tiene acceso al sistema de distribución municipal de agua no es necesario considerar otras opciones, pues esta es en la mayoría de casos la mejor.

b. Paso 2: Cálculo de Consumo de Agua Fría

Para el cálculo del consumo de agua fría se utilizará la tabla 3.4. El cálculo del consumo de agua para un día se hace sumando los consumos por cama, de los consultorios, de lavandería, de riego y el de la protección contra incendios. Entonces, si se tiene que:

Numero de Camas (NC): 300 camas

Numero de Consultorios (NCo): 10 consultorios

Área Verde (AV): 500 m²

Área Construida (AC): 5000 m²

Y considerando la siguiente nomenclatura:

Consumo de las Camas: CC

Consumo de Consultorios: CCo

Consumo Lavandería: CL

Consumo Sistema de Riego: CR

Entonces:

$$CC = NC * 1250\text{lbs/cama}$$

$$CC = 300 \text{ camas} * 1250\text{lbs/cama} = 375000\text{lbs diarios}$$

$$CCo = NC * 500 \text{ litros/consultorio}$$

$$CCo = 10 \text{ consultorios} * 500 \text{ litros/consultorio} = 5000\text{lbs}$$

$$CL = NC * 200 \text{ litros/cama}$$

$$CL = 300 \text{ camas} * 200 \text{ litros/cama} = 60000\text{lbs diarios}$$

$$CR = AV * 5 \text{ litros/m}^2$$

$$CR = 500 \text{ m}^2 * 5 \text{ litros/m}^2 = 2500\text{lbs diarios}$$

Con lo desarrollado anteriormente, el consumo diario de agua fría es:

$$CC + CCo + CL + CR = \text{CONSUMO DIARIO}$$

$$375000\text{lbs} + 5000\text{lbs} + 60000\text{lbs} + 2500\text{lbs} = 442500 \text{ lbs diarios}$$

c. Paso 3: Diseño de Cisterna de Agua Cruda

Debido a que se sabe que la fuente de abastecimiento de agua no es confiable, se diseña la capacidad de la cisterna de agua cruda para el doble del consumo diario.

El consumo para dos días es entonces el consumo diario por dos: 885000lbs. Luego se suma el Consumo del sistema de Protección contra Incendios (CI) y se tiene:

Consumo en dos días: 885000lbs

$$CI = AC * 5\text{lbs/m}^2 = 5000 \text{ m}^2 * 5 \text{ lbs /m}^2 = 25000\text{lbs}$$

$$\text{Capacidad total de la cisterna: } 885000\text{lbs} + 25000\text{lbs} = 910000\text{lbs} = 910 \text{ m}^3$$

Teniendo el volumen total de capacidad del sistema se deben calcular las dimensiones tomando en cuenta las características del terreno y la construcción. Para este ejemplo se dejará una profundidad de 10 metros por lo que se tiene que la cisterna deben tener un área total 9.1×10 metros, dividido en 2 celdas de 9.1×5 metros, para facilitar su limpieza.

Debido a que el área total de la cisterna es menor a 200 m^2 , puede usarse un solo tubo de ventilación de 100 milímetros en conjunto con un tubo de 76 milímetros que comunique ambas celdas.

d. Paso 4: Diseño de Cisterna de Agua Potable

La dimensión de la cisterna de agua potable lleva un procedimiento similar tomando en cuenta el consumo de un día, pero sin añadir el consumo de riego ni de protección contra incendios. Se tiene entonces:

$$CC = 300 \text{ camas} * 1250 \text{ lts/cama} = 375000 \text{ lts diarios}$$

$$CCo = 10 \text{ consultorios} * 500 \text{ lts/consultorio} = 5000 \text{ lts}$$

$$CL = 300 \text{ camas} * 200 \text{ lts/cama} = 60000 \text{ lts diarios}$$

Con esto en cuenta, se tiene que el consumo diario es:

$$375000 \text{ lts} + 5000 \text{ lts} + 60000 \text{ lts} = 440000 \text{ lts diarios}$$

$$\text{Capacidad total de la cisterna: } 440000 \text{ lts} = 440 \text{ m}^3$$

Igual que en el caso anterior si se deja una profundidad de 10 metros se tiene que la cisterna debe tener un área total 4.4×10 metros, dividido en 2 celdas de 4.4×5 metros, para facilitar su limpieza. El área es menor a 200 m^2 por lo que podrá usarse un solo tubo de ventilación de 100 milímetros en conjunto con un tubo de 76 milímetros que comunique ambas celdas.

e. Paso 5: Cálculo de Consumo de Agua Caliente

Considerando que el único consumo de agua caliente se hará en los baños y que hay 100 baños, según la tabla 3.6 se tiene que:

Consumo de Lavamanos en Baño de Encamados (CLa): 20L/hora

Consumo de Regaderas en Baño de Encamados (CRe): 300L/hora

Entonces se calcula el consumo horario de agua caliente (Cac):

$$Cac = CLa * 100 + CRe * 100 = 20 * 100 + 300 * 100 = 32000 \text{ L/hora.}$$

f. Paso 6: Determinación de Sistema de Calentamiento

Debido a que se trata de un hospital grande de 300 camas, es imperativo que se tome un sistema de calentamiento central, y para garantizar un suministro oportuno del agua a la temperatura adecuada se recomienda además utilizar un sistema de recirculación, el cual, como se explicó anteriormente, requiere un tanque de reserva. Como combustible se utilizará el gas.

g. Paso 7: Determinación del Tanque de Reserva

Debido a que se consideró un diseño de calentamiento con tanque de reserva, se debe de calcular la capacidad de este. Considerando los cálculos del paso 5, y conociendo que el tanque debe ser capaz de almacenar el consumo total de agua caliente de una hora, se puede determinar que el volumen del tanque debe ser de 32 mil litros.

h. Paso 8: Determinación de Necesidades de Tratamiento

Considerando que la fuente de alimentación es el suministro municipal y que el caso estudiado no requiere calidades especiales de agua, esta no necesita mayor tratamiento para alcanzar los niveles de agua potable. El único tratamiento que deberá tener el agua es la cloración.

i. Paso 9: Diseño de Redes de Distribución

Para realizar el diseño final, en este paso se deben considerar el dimensionamiento de las tuberías y consideraciones expuestas en este capítulo, así como los diámetros recomendados, longitudes y accesorios y pérdidas de presión.

Capítulo 4

Generación, Distribución y Utilización de Vapor

4. Generación, Distribución y Utilización de Vapor.

En este capítulo, la primera aborda todos los conceptos y criterios relacionados con la generación de vapor, la segunda se enfoca sobre las características de los componentes de distribución y redes de retorno, finalmente se explica y desarrolla un caso de estudio sobre una aplicación práctica de la utilización de vapor, concretamente en el dimensionamiento de un servicio de lavandería.

4.1 Generalidades.

En la mayoría de las instalaciones de salud se hace uso de los sistemas de vapor, especialmente en procesos muy específicos de ciertas instalaciones tales como lavandería, central de esterilización, alimentación y dietas, generación de agua caliente, etc. Un sistema de generación y distribución de vapor esta conformada por generadores de vapor (Calderas), equipos complementarios del generador de vapor, redes de tuberías de distribución con sus respectivos accesorios y redes de retorno de condensados.

4.1.1 Sistema de generación típico.

Los elementos básicos para la generación de vapor puede observarse en la figura 4.1. Este sistema esta constituido de tres partes principales:

- a) Instalación de producción de vapor, esta instalación incluye: calderas, equipo de tratamiento de agua, tanque de condensado, etc.
- b) Sistema de tubería de vapor y retorno de condensado.
- c) Instalación que utiliza el vapor.

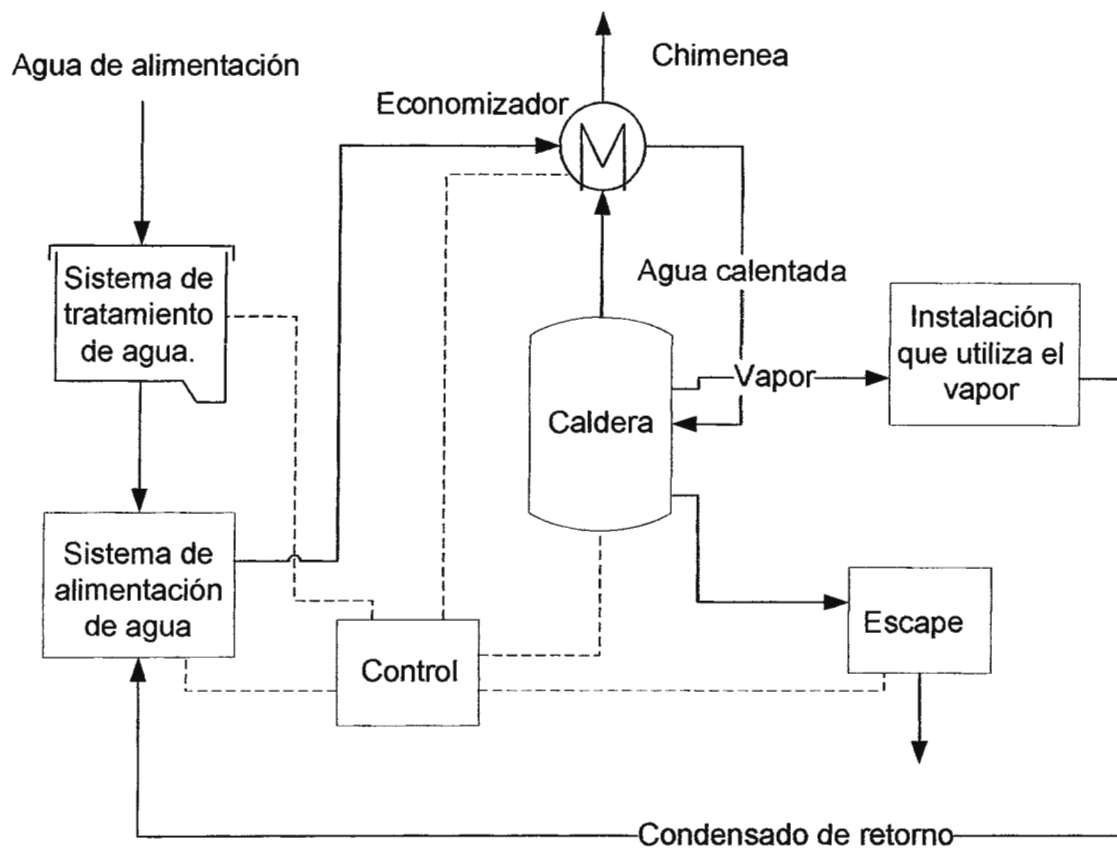


Figura 4.1 Sistema típico de generación de vapor.

4.2 Componentes del Sistema de Generación y distribución de vapor.

4.2.1 Generadores de vapor (Calderas).

Es un equipo intercambiador de calor cerrado herméticamente, sujeto a presión que transfiere energía a un fluido, generalmente agua, para obtener vapor o agua caliente.

4.2.1.1 Tipos de generadores.

Los generadores de vapor se clasifican en dos tipos:

a) *Tubos de fuego*: conocidas también como tubos de humo ó pirotubulares, en este tipo de calderas, los gases de combustión pasan a través de unos tubos rodeados por agua.

b) *Tubos de agua*: las calderas de tubos de agua o acuotubulares, se caracterizan por trasportar el agua por medio de tubos, estos tubos están rodeados por los gases de combustión.

4.2.1.2 Equipamiento de control y seguridad.

Existen muchos tipos de accesorios que se requiere para el buen funcionamiento de la caldera y que se deben tomar en cuenta en el diseño del área donde estará el sistema, entre estos están:

a) *Accesorios de seguridad*: reducen los riesgos de operación del equipo y generan confianza al operador. Ejemplos: Válvula de seguridad, interruptores imitadores de presión (presóstatos), interruptores de nivel de agua, programadores, sistemas de protección contra falla de flama.

b) *Accesorios de control*: Regulan los parámetros de funcionamiento del equipo. Ejemplos: termostatos, válvulas reguladoras de presión, etc.

c) *Accesorios de operación*: facilitan la operación y mejoran el funcionamiento del equipo. Ejemplos: arrancadores, bombas de alimentación de agua o combustible, quemador, ventilador, equipo de tratamiento de agua, tanques de alimentación, trampas de vapor, cabezales de distribución, líneas de distribución y retorno, etc.

d) *Accesorios de medición*: indican el valor de los diferentes parámetros de funcionamiento del equipo, ejemplos: manómetros, termómetros, etc.

4.2.1.3 Equipos periféricos importantes.

Para un correcto y eficiente funcionamiento, una caldera debe contar con equipos periféricos de importancia los cuales son:

a) Recuperador de calor ó economizador.

Se utiliza para el precalentamiento de la fuente de alimentación de agua de la caldera, por medio de los gases de combustión que van saliendo por la chimenea, generalmente se recomienda su instalación para calderas que excedan los 100 caballos caldera (BHP) y presiones de 100 psi o más.

b) Equipo de purga.

Este dispositivo efectúa un enfriamiento en el agua, para que pueda ser desechada al sistema de alcantarillado de una manera segura. También realiza un incremento de la temperatura del agua que entrará al desaereador ó desgasificador.

c) Enfriador de muestras de agua.

A lo largo del día se necesitan realizar pruebas químicas al agua de la caldera, este equipo accesorio se utiliza para enfriar la muestra de agua para que sea utilizada en pruebas de calidad del agua.

4.2.2 Tratamiento de agua para la alimentación del sistema de generación de vapor.

El agua suministrada por la red de agua potable contiene impurezas tales como: sales minerales, gases disueltos y sólidos en general. Estas impurezas pueden generar problemas en los equipos, por ejemplo en los intercambiadores de calor o la misma caldera, generando incrustaciones. Otro factor es el PH del agua, en si mismo no afecta el funcionamiento, pero la alcalinidad excesiva favorece la formación de incrustaciones mientras que la acidez excesiva

conduce a la corrosión. La tabla 4.1 establece los índices de pureza con la que debe de contar el agua antes de entrar en contacto con los equipos.

4.2.2.1 Tipos de tratamiento.

El tratamiento de agua para alimentación de calderas puede dividirse en:

- a) Tratamientos internos.
- b) Tratamientos externos.

Parámetro a controlar	Máximo (ppm)	Mínimo (ppm)
Total de sales disueltas	2000	800
Alcalinidad total	700	150
Dureza	0	0
Sólidos en suspensión	125	30
Sílice	325	80
Aceite, materia orgánica	7	2
Oxígeno	70	10-20
Bióxido de carbono	70	10-20
Sólidos disueltos totales	3,500	2,000
pH	7	6.86

Tabla 4.1 Parámetros a controlar al momento de realizar tratamiento de agua.

4.2.3 Tratamientos internos.

Los tratamientos internos consisten en agregar productos químicos al agua que ya se encuentra dentro de la caldera o del tanque de reserva a fin de que se produzcan reacciones químicas que neutralicen los efectos dañinos de algunas sustancias. Sin embargo, estos tratamientos tienen varios inconvenientes como la necesidad de un control riguroso, tanto de la cantidad de sustancias como del efecto que producen, ya que si no se establece dicho control, las reacciones pueden darse no sólo con el agua y sus componentes sino con el metal de la caldera. Este tratamiento queda a criterio del diseñador debido a su riesgo.

4.2.4 Tratamientos externos.

Los tratamientos externos, se basan en la necesidad del tratamiento del agua que alimenta a la caldera, con el fin de evitar problemas con la materia o sólidos presentes, ya que estos son potencialmente peligrosos al generar corrosión u otros fallos, en la caldera y redes de distribución y retorno de condensado. Dentro de este tipo de tratamiento se tiene la suavización, desareación, y filtración.

4.2.4.1 Suavización.

Dentro de los tratamientos más comunes externos encontramos la suavización. La suavización es utilizada para retirar las sales de calcio y magnesio que siempre acompañan al agua y que le dan la propiedad de dureza, pero que al calentarse se precipitan generando lodos que se compactan por efecto de la temperatura y la presión, estos tienden a solidificarse y crear una capa o costra que impide el máximo intercambio de calor.

El principio de operación del suavizador está basado en el intercambio iónico. El equipo de suavización consiste en dos tanques, uno de ellos es el denominado tanque de suavización, el cual tiene en su interior una resina, ya sea natural o sintética conocida como zeolita, el otro tanque va lleno de agua a la que se agrega sal común para formar salmuera, esta se utiliza para el trabajo de regenerado de la resina.

4.2.4.2 Desareación.

El agua de alimentación de las calderas contiene principalmente dos gases disueltos: oxígeno (O_2) y dióxido de carbono (CO_2). El propósito de la desaereación es eliminarlos antes de que se liberen dentro de la caldera, pues estos gases producen corrosión en los metales de la caldera, en líneas de vapor, líneas de condensado y en los intercambiadores de calor.

Su principio de operación se basa en la mayor volatilidad de los gases con respecto al agua y reduce el contenido de oxígeno en el agua, los gases son eliminados del agua de alimentación a la vez que es precalentada antes de entrar a la caldera.

4.2.4.3 Filtración.

Este método se emplea para retirar sólidos en general, materia orgánica y algunas otras sustancias que acompañan al agua, las cuales provocan problemas. Estos pueden ser arena, de carbón activado, etc. En el caso de los equipos de suavización estos generalmente lleva integrado un filtro de arena en el lecho del tanque, queda a criterio del diseñador, si las condiciones del agua lo requieren, usar equipo adicional de filtración.

4.3 Tanque de condensados.

El tanque de condensados es un recipiente cilíndrico metálico, este es utilizado para almacenar el condensado del vapor que proviene de la red de retorno de condensados.

4.4 Trampas de vapor.

Una trampa de vapor es un dispositivo que permite eliminar: condensados, aire y otros gases no condensables, a demás de prevenir pérdidas de vapor. Se clasifican en:

- a) Mecánicas.
- b) Termostáticas.
- c) Termodinámicas.

Para la localización de las trampas de vapor debe seguirse los siguientes criterios:

- a) En las líneas de distribución cada 30 o 40 metros y en los extremos de ellas.
- b) En los extremos de los ramales de vapor cuando excedan de 10 metros de longitud.
- c) En todos los puntos donde la línea de vapor cambie de horizontal a vertical por pequeño que sea este cambio de dirección.

- d) En todos los equipos con circuito cerrado en que se utilice el calor latente para el proceso, como es el caso de las secadoras tipo tómbola, mangles marmitas etc.

4.5 Pérdidas totales de presión.

Para que los equipos alimentados con vapor a una presión requerida trabajen con presiones similares. Las pérdidas totales de presión, en un sistema de presión dado, deben limitarse a las mencionadas en la tabla 4.1.

Presión Inicial de Vapor		Pérdida Total de Presión	
Kg./cm ²	Lb/pulg ²	En % de la presión Inicial	En Kg/cm ²
0.5	7.1	20	0.1
1.0	14.2	19.5	0.195
1.5	21.3	19	0.285
2.0	28.4	18.5	0.37
2.5	35.6	18	0.45
3.0	42.7	17.5	0.525
3.5	48.8	17	0.595
4.0	56.9	16.5	0.66
4.5	64.0	16	0.72
5.0	71.1	15.5	0.775
5.5	78.2	15.0	0.825
6.0	85.3	14.5	0.87
6.5	92.5	14.0	0.91
7.0	99.6	13.5	0.945
7.5	106.7	13.0	0.975
8.0	113.8	12.5	1.0
8.5	120.9	12.0	1.02
9.0	128.0	11.5	1.035
9.5	135.1	11.0	1.045
10.0	142.2	10.5	1.05
10.5	149.3	10.0	1.05

Tabla 4.1 Pérdidas permisibles en un sistema de vapor.¹

¹ Instituto Mexicano del Seguro Social IMSS.

4.6 Normas y criterios para Sistemas de Generación y distribución de vapor.

4.6.1 Entidades Normadoras.

Existe un número de códigos y normas, leyes y regulaciones internacionales que abordan a las calderas y el equipo asociado que deben ser considerados en los procesos de diseño y dimensionamiento de ambientes y tecnologías. Los requerimientos regulatorios son dictados por varias instituciones y todas ellas se enfocan principalmente en la seguridad y construcción de tecnologías y ambientes.

La mayoría de las regulaciones proviene de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME: American Society of Mechanical Engineers), institución que genera códigos para el diseño, construcción y seguridad.

4.6.2 Capacidad de generación y presiones.

- a) El sistema debe contar con un sistema dual, además una sola caldera en operación de este sistema debe ser capaz de suplir la máxima demanda. Si se cuenta con calderas de diferente capacidad, la caldera de menor capacidad debe ser capaz de suplir la demanda máxima de vapor.
- b) La presión generada debe ser necesaria para suplir la demanda. Los requerimientos de presiones para lavandería son: 760 – 860 kPa (110 – 125 psi) y para esterilizadores de 410 – 620 kPa (60 – 90 psi).
- c) Se recomienda optar por calderas pirotubulares cuando se requiera potencias arriba de 6900 kW (700 caballos caldera), para aquatubulares cualquier potencia es recomendada. La elección debe efectuarse en base a un análisis del costo ciclo de vida y el espacio disponible en la sala de máquinas. En El Salvador, las calderas pirotubulares han mostrado un buen desempeño en hospitales.

4.6.3 Equipos accesorios.

- a) Bombas suministradoras de agua para calderas: se recomienda una bomba dedicada para cada caldera, estas bombas deben tener conexión entre si, para casos de emergencia.
- b) Tanque de condensados: debe ser dimensionado para soportar sobrecargas sin rebalsarse, debe tolerar 20 minutos de sobrecarga a máxima producción de vapor.
- c) Equipo de purgas: se recomienda que el agua de descarga del equipo de purgas no exceda los 60 °C.

4.7 Red de distribución de vapor.

4.7.1 Materiales.

Las tuberías deben ser de acero sin costura, norma ASTM A53, grado B, cédula 40.

4.7.2 Conexiones.

Las conexiones para diámetros de 65 mm (2.56 pulg) y mayores, serán de acero soldable, sin costura, cédula 40. Para diámetros de 50 mm (1.97 pulg) y menores seleccionar tuberías de hierro maleable con rosca.

4.7.3 Accesorios (Codos y tees).

Para uniones soldables, utilizar acero norma ASTM A234, presión de trabajo 2000 psi. Para uniones roscables, utilizar hierro maleable norma ASTM A47, presión de trabajo 300 psi.

4.7.4 Bridas y pernos.

Las bridas serán del tipo cuello soldado de acero norma ASTM A105, presión de trabajo 150 psi. Los pernos deben ser norma ASTM A193, grado B8, las tuercas de los pernos deben ser norma ASTM A194.

4.7.5 Presiones de Trabajo.

Se considera tres tipos de presiones de vapor:

- a) Baja presión: 0 a 103 kPa (0 a 15 psi).
- b) Presión media: 110 a 407 kPa (16 a 59 psi).
- c) Presión alta: 414 kPa ó más (60 psi ó más).

4.7.6 Aislamiento térmico.

Las tuberías para distribución de vapor deben ser aisladas con tubos de fibra de vidrio. Para presiones de vapor de 110 a 2800 kPa (16 - 408 psi), el espesor mínimo será de acuerdo a especificado en la tabla 4.3. Para tuberías menores a 25 mm (0.98 pulg) de diámetro, el aislamiento será el mismo que para diámetro de 25 mm.

Diámetro nominal del tubo mm (pulgadas).	Diámetro nominal del aislamiento mm (pulgadas).	Diámetro nominal del tubo mm (pulgadas).	Diámetro nominal del aislamiento mm (pulgadas).
25 (1)	50 (2)	150 (6)	85 (3 ½)
40 (1 ½)	50 (2)	200	85 (3 ½)
50 (2)	63 (2 ½)	250 (10)	100 (4)
60 (2 ½)	63 (2 ½)	300 (12)	100 (4)
80 (3)	75 (3)	350 (12)	100 (4)
100 (4)	75 (3)	400 (16)	100 (4)
125 (5)	75 (3)	450 (18)	100 (4)

Tabla 4.3 aislamiento mínimo para redes de distribución.²

4.8 Red de retorno de Condensados.

La red de retorno de condensado colecta el agua que se condensa en las tuberías de vapor, para evitar problemas en la tubería de vapor. La energía presente en el condensado puede resutilizarse como calefactora de agua o puede utilizarse como agua de alimentación de la caldera.

² Veterans health administration.

4.8.1 Materiales.

Las tuberías deben ser de acero sin costura, norma ASTM A53, grado B, cédula 80.

4.8.2 Conexiones.

Las conexiones para diámetros de 65 mm y mayores, serán de acero soldable, sin costura, cédula 80. Para diámetros de 50mm y menores seleccionar tuberías de hierro maleable con rosca.

4.8.3 Accesorios (codos y tees).

Para uniones soldables tales como codos y tees, utilizar acero norma ASTM A234, presión de trabajo 2000 psi. Para uniones roscables, utilizar hierro maleable norma ASTM A47, presión de trabajo 300 psi.

4.8.4 Bridas y pernos.

Las bridas serán del tipo cuello soldado, de acero norma ASTM A105, presión de trabajo 150 psi. Los pernos deben ser norma ASTM A193, grado B8, las tuercas de los pernos deben ser norma ASTM A194.

4.8.5 Aislamiento térmico.

Las tuberías para retorno de condensado deben ser aisladas con tubos de fibra de vidrio. Para presiones de vapor menores de 110 kPa (16 psi), el espesor mínimo será de acuerdo a especificado en la tabla 4.4.

Diámetro nominal del tubo mm (pulgadas).	Diámetro nominal del aislamiento mm (pulgadas).	Diámetro nominal del tubo mm (pulgadas).	Diámetro nominal del aislamiento mm (pulgadas).
25 (1)	35 (1 ½)	150 (6)	63 (2 ½)
40 (1 ½)	35 (1 ½)	200	63 (2 ½)
50 (2)	35 (1 ½)	250 (10)	76 (3)
65 (2 ½)	35 (1 ½)	300 (12)	76 (3)
80 (3)	50 (2)	350 (12)	76 (3)

100 (4)	50 (2)	400 (16)	76 (3)
125 (5)	50 (2)	450 (18)	76 (3)

Tabla 4.4 aislamiento mínimo para redes de retorno de condensado.³

4.9 Caso de Estudio: Diseño de una Lavandería Hospitalaria.

4.9.1 Definición de la lavandería.

La lavandería es un servicio de apoyo, cuya función es el lavado, secado y planchado de ropas, sábanas, toallas y otros artículos, que provienen de áreas como hospitalización, quirófanos, etc.

En el proceso de lavado intervienen diversas áreas de la lavandería, cada una realiza procedimientos tales como: recolección, clasificación, pesado, lavado, planchado, doblado, entregado, etc. En este proceso se muestra en la figura 4.2.

4.9.2 Ubicación de la lavandería.

La lavandería debe estar ubicada, preferiblemente en la planta baja, debido al peso y vibración que presentan los equipos utilizados en lavandería, además se considera conveniente la cercanía a la casa de máquinas, por la utilización de fluidos como vapor, agua caliente, los cuales se utilizan en los procesos de la lavandería. Es importante tomar en cuenta que la lavandería no debe ubicarse adyacente a servicios que manejen alimentos o material estéril ya que la lavandería se considera área contaminada.

4.9.3 Áreas que componen la lavandería.

Los diseños actuales de lavanderías hospitalarias requieren la separación, por medio de barreras físicas de las áreas sucia y limpia. A continuación se describen las distintas áreas que conforman una lavandería.

³ Veterans health administration.

- a) *Recepción ropa:* en esta área la ropa sucia se recibe y se cuenta. Esta ropa proviene de los distintos servicios del hospital. El transporte de la ropa se realiza por medio de carros de transporte de ropa y ductos. Estos últimos no son recomendados para el transporte de ropa proveniente de áreas infecciosas.

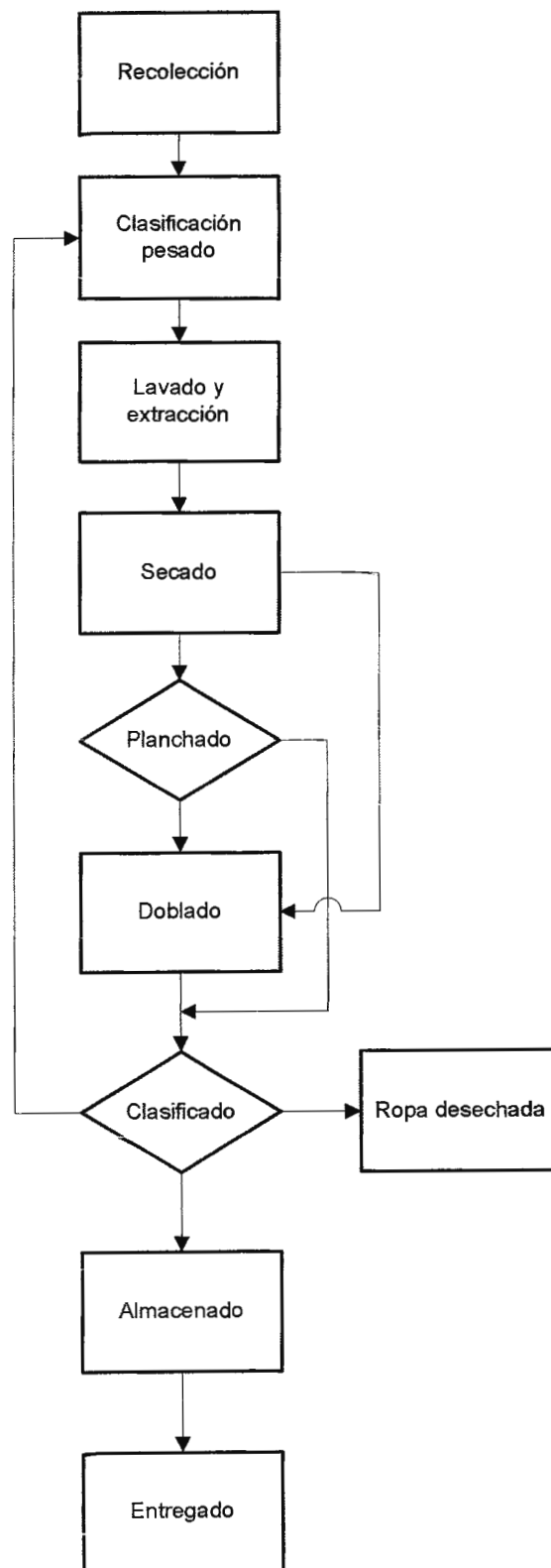


Figura 4.2 Proceso de lavado.

- b) *Clasificación y pesado*: una vez que la ropa ha sido recibida pasa a esta área donde se clasifica la ropa por tipo y grado de suciedad, así se tiene, ropa blanca, ropa de cirugía, toallas, etc. Una vez seleccionada la ropa se agrupan en bultos, los cuales se pesan, esto es de vital importancia para cargar las lavadoras con el peso adecuado sin sobrecargarlas, de este modo se conservan en buen estado las lavadoras.
- c) *Lavado*: en esta área la ropa pasa por un proceso químico, mecánico y térmico, con el cual se espera un resultado higiénico en la ropa, para su utilización en los distintos servicios. El área de lavado debe presentar una barrera arquitectónica, la cual separa en área sucia y limpia. El área sucia es donde la ropa se carga a la lavadora, mientras que el área limpia es la sección donde la ropa es descargada. Ello implica la selección de la tecnología adecuada.
- d) *Secado*: después del lavado, se procede a secar en esta área, generalmente se utilizan secadoras rotativas. Es conveniente que el área de secado este al lado de la descarga de ropa lavada (área limpia).
- d) *Planchado y doblado*: la ropa que requiere planchado pasa por esta área, la cual esta dividida en planchado liso y planchado de forma. En el planchado liso se procesan las piezas grandes tales como: sábanas, fundas de almohadas, etc. mientras que la ropa como uniformes, gabachas, se procesa en el planchado de forma.
- e) *Ropería*: la ropa ya procesada, pasa a esta área en donde se clasifica para repartirla a los distintos servicios, como también para efectos de control de calidad y en función de ello proceder a descartarla.

- f) *Costurería*: en esta área se llevan a cabo actividades correctivas a los tejidos que así lo requieran.
- g) *Administración de la lavandería*: es el área destinada para la ubicación de la jefatura de la lavandería, en la cual se desarrolla todo el trabajo administrativo y gestión, necesario para el buen funcionamiento del departamento de lavandería.
- h) *Almacén de insumos*: es el área destinada para alojar los materiales consumibles en el proceso de lavado, como detergentes y otros químicos.
- i) *Sanitarios*: el área de sanitarios es de vital importancia para la correcta higiene personal de los trabajadores de la lavandería, La disposición de los sanitarios dentro del área de la lavandería, evita que los trabajadores abandonen las áreas de trabajo y ello minimiza el riesgo de contaminación a otras áreas.

4.9.4 Criterios Generales de diseño.

En el dimensionamiento de una lavandería se debe de tomar en cuenta ciertos criterios, con el fin de realizar un diseño acorde a las necesidades reales de una institución de salud. Los aspectos a considerar son:

- a) Tipo de hospital, (especialidades, general, etc.)
- b) Numero de camas.
- c) Porcentaje de ocupación.
- d) Consumo de ropa diario por camas.
- e) Días laborales, horarios de trabajo.
- f) Producción semanal.
- g) Ciclos de trabajo de las máquinas.
- h) Capacidad de trabajo de los equipos a utilizar.

- i) Características técnicas de tecnologías disponibles en el mercado.
- j) Distribución arquitectónica.

En el literal d se menciona la demanda diaria de ropa por cama, el cual es un dato fundamental para el cálculo y dimensionamiento de un departamento de lavandería. Para esto se debe tomar un criterio según el tipo de hospital, esto se realiza en base a datos estadísticos anuales, los cuales reflejan el consumo diario por día de libras o kilogramos de ropa por cama, por ejemplo en un hospital general, existen diversos criterios, algunos autores norteamericanos consideran 15 libras por día (6.8 kg/día), el IMSS utiliza el dato de 17.4 lb/día (7.9 kg/día), la administración de la salud de veteranos de los estados unidos 18 lb/día (8.17 kg/día) y en El Salvador el Instituto Salvadoreño del Seguro Social presenta rangos desde los 11 lb/día (5 kg/día), hasta 15.4 lb/día (7 kg/día).

4.9.4.1 Capacidad de procesamiento de ropa.

Para determinar la cantidad y tipo de tecnologías a utilizar en la lavandería, deben de tomarse en cuenta ciertos parámetros sobre el procesamiento de la ropa, los cuales se mencionan a continuación.

- a) Lavado y extracción: 100%.
- b) Planchado plano de ropa: 60%.
- c) Planchado de forma: 8%.
- d) Secado: 32%.

Estas cifras pueden variar, en función del modelo de gestión de la institución hospitalaria, por ejemplo si la política se orienta a utilizar material desechable o a contratar externamente los servicios de lavandería.

4.9.4.2 Espacios.

Para realizar el dimensionamiento de espacios físicos de la lavandería se debe tomar el siguiente criterio:

- a) Hospital general de 50 camas: 1.60 m² por cama.
- b) Hospital general 100 camas: 1.33m² por cama.
- c) Hospital general de 200 camas 1.23 m² por cama
- d) Hospital general de 400 camas: 0.96 m² por cama.
- e) Hospital general de 500 camas: 0.85 m² por cama.
- f) Para un hospital de tuberculosos de 300 camas: 0.85 m² por cama.

4.9.4.3 Ventilación.

Para una adecuada ventilación de la lavandería, se debe proveer enfriamiento mecánico para mantener una temperatura de 28 C. Los cambios de aire por hora y las presiones se muestran en la tabla 4.5.

Area.	Presión.	Cambios de aire mínimos por hora	Recirculación del aire.
Area sucia	Negativa.	10	Si
Area limpia	Positiva.	2	No
Demás áreas	Negativa.	10	Si

Tabla 4.5 Recambios de aire por hora y presiones.

4.9.4.4 Instalaciones eléctricas.

Los tableros de control y de suministro de energía eléctrica deben de estar alejado de los equipos por posibles fugas de agua o de vapor, además la altura mínima de los contactos debe estar a 1.20 metros del nivel de piso terminado. La iluminación será del tipo fluorescente y un 50 % de esta debe estar en el sistema de emergencia. El nivel de iluminación por áreas se muestra en la tabla 4.6. Respecto a los equipos al menos uno de cada tipo deberá estar conectado a la planta de emergencia.

Area.	Nivel de Iluminación (luxes).
Recepción de ropa.	322.8
Clasificación, pesado, lavado.	753.2
Secado, planchado y doblado.	538
Ropería.	753.2
Costurería.	1076
Administración.	538
Almacén de insumos.	215.2

Tabla 4.5 Nivel de iluminación en las áreas de una lavandería.⁴

4.9.4.5 Recursos humanos.

Considerar por cada 50 camas:

- a. 2 lavanderos.
- b. 2 planchadores.
- c. 2 para ropería.
- d. 2 auxiliares para los procesos de lavado y secado.

Se debe tener en cuenta que para hospitales de más de 200 camas el personal se incrementará a razón de 4 personas por cada 100 camas.

⁴ Veterans health administration

4.9.5 Guía de diseño para Cálculo y dimensionamiento de equipos para una lavandería hospitalaria.

En el cálculo a ser realizado, se tomarán en cuenta los siguientes datos⁵:

- a) Tipo de hospital: General.
- b) Numero de camas: 300.
- c) Porcentaje de ocupación: 100%⁶ (365 días al año).
- d) Consumo de ropa diario por camas: 6.8 kg/día 15 lb/día.
- e) Días laborales, horarios de trabajo: 6 días laborales y 12 horas por jornada.
- f) Se cuenta con suministro de vapor.
- g) Se cuenta con equipo de suavización de agua.

Con estos datos se procede al cálculo y dimensionamiento, el cual se muestra a continuación:

4.9.5.1 Guía de diseño.

- a. **Paso 1: Determinación de número de camas:** para este caso son 300 camas.
- b. **Paso 2: Determinar el porcentaje de ocupación de las camas:** se toma 100 por ciento de ocupación, esto implica que los 365 días del año la cama estará ocupada.
- c. **Paso 3: Especificar el consumo de ropa diaria para las camas:** para este caso se tomarán 15 lb/día (6.8 kg/día).

⁵ Los datos han sido tomados del Hospital General de ISSS.

⁶ El porcentaje de ocupación, generalmente, ronda el 80%, 90%, se ha tomado el 100%, por que se ha agregado el 20% de seguridad, este criterio del 20%, esta basado diseños de sistemas y equipos médicos reales y probados.

d. Paso 4: Estimación de la ropa producida semanalmente: la ecuación 1 indica como conseguir el dato de ropa diaria:

$$\frac{\text{kg}}{\text{día}} * \text{numero de camas} * 7 \text{ días} \quad \text{Ec 1.}$$

Por lo tanto se obtiene:

$$6.8 \frac{\text{kg}}{\text{día}} * 300 * 7 = 14280 \text{ kilogramos a la semana} \quad \text{Ec 2.}$$

e. Paso 5: Determinación de carga de trabajo en la lavandería: aquí se establece los días de trabajo de la lavandería y el número de horas que esta procesa la ropa, si se asume 6 días laborales y 12 horas por día, se obtiene 72 horas de trabajo. La Ec. 2 debe ser dividida entre los días efectivos semanales, 6 días a la semana, quedando así:

$$\frac{\text{No de kilos en 7 días}}{6 \text{ días}} = \frac{14280 \text{ kg a la semana}}{6 \text{ días}} = 2380 \text{ kg diarios} \quad \text{Ec. 3}$$

Dividiendo la ecuación 3 entre el número de horas laborales al día se obtiene los kilogramos por hora:

$$\frac{\text{Kg diarios}}{\text{Horas al día trabajadas}} = \frac{2380 \text{ kg}}{12} = 198.33 \frac{\text{kg}}{\text{hora}} \quad \text{Ec. 4}$$

f. Paso 6: Determinación de cargas procesadas por hora: en la determinación de cargas procesadas puede tomarse el criterio siguiente:

- i). Tiempo empleado para lavado de ropa blanca de sala de operaciones y similares 37 minutos.
- ii). Tiempo empleado para lavado de ropa con mediana cantidad de suciedad 35 minutos.

De lo contrario puede utilizarse el dato suministrado por el fabricante de equipos de lavandería. Para el caso, la marca de lavadoras consultadas, tienen la capacidad de procesar 1.3 cargas por hora⁷, retomando el dato de la ecuación 4 se determinan las cargas procesadas:

$$\frac{\text{Kg / hora}}{\text{cargas hora}} = \frac{198.33\text{kg}}{1.3} = 152.56 \text{ kg} \quad \text{Ec. 5}$$

Por lo tanto se obtiene un total de 152.56 kg (336.34 lb), a esta cantidad debe agregarse el margen de seguridad, el cual es del 20%, con esto se previene los tiempos muertos por mantenimiento de las tecnologías, picos de demanda, etc. Quedando así:

$$\begin{aligned} 152.56 \times 20\% &= 30.512 \text{ kg} \\ 152.56 \text{ kg} + 30.512 \text{ kg} &= 183.1 \text{ kg (403.66 lb)} \quad \text{Ec. 6} \end{aligned}$$

g. Paso 7: Análisis de información técnica de las tecnologías disponibles:

- i. **Lavadoras:** Conociendo el dato de ecuación 6, se procede a elegir la marca y modelo de las lavadoras. Se recomienda utilizar las lavadoras de doble puerta, por el hecho de manejar ropa contaminada. Para este caso se ha elegido 3 lavadoras marca EDRO, dos modelo DW150pt, y una modelo DW100pt con capacidad de 68 kg (150 lb) y 45 kg (100 lb) respectivamente. Se ha tomado el criterio de distribuir la carga de ropa a lavar en tres máquinas, debido a que se prevé un inesperado fallo o paro. Con la distribución que se sugiere, la capacidad de producción no se verá afectada en más del 50%.

⁷ Dato tomado de lavadoras EDRO y representa aproximadamente 46 minutos por ciclo.

- ii. **Secadoras:** El criterio para dimensionar el número de secadoras que funcionan con vapor es de 1.5 veces las libras procesadas⁸ en las lavadoras, además del total de ropa lavada, debe tomarse el 32%, este porcentaje se distribuye entre toallas o ropa de felpa, tenemos entonces:

$$183.1 \times 0.32 \times 1.5 = 87.88 \text{ kg} \quad \text{Ec. 7}$$

Considerando la cantidad de ropa a secar y tomando de referencia la marca EDRO, se puede considerar que se necesitan tres secadoras, dos modelo DD75 con capacidad de 34 kg cada una y una DD50 con 23 kg de capacidad, con el 20% de seguridad incluido.

- iii. **Planchadoras de ropa plana:** Considérese que del total de ropa lavada, el 60% requiere planchado plano. Entonces se tiene

$$183.1 \text{ kg} \times 0.6 = 109.86 \text{ kg} \quad \text{Ec. 8.}$$

Se tiene entonces 109.86 kg/hora, para esto se ha elegido un mangle marca Girbau modelo PSN 8033 con capacidad de 108.86 kg/hora.

- iv. **Planchado ropa de forma:** Considérese el 8% del total de ropa lavada, entonces se tiene:

$$183.1 \text{ kg} \times 0.08 = 14.65 \text{ kg} \quad \text{Ec. 9}$$

Para lo cual puede utilizarse prensas tipo hongo o planchadoras de uso general con una capacidad 5 kg/hora resultando 3 planchadoras marca Unipress modelo FTP.

El total de equipos que resultó del cálculo se observa en la tabla 4.6.

Equipo	Cantidad	Capacidad.
Lavadoras	2	68 kg

⁸ Dato tomado de secadoras EDRO, corresponde aproximadamente a 40 minutos por ciclo.

Lavadora	1	45 kg
Secadoras	2	32 kg
Secadora	1	23kg
Mangle	1	108.86 kg/hora
Planchadoras de forma	3	5 kg/hora

Tabla 4.6 Total de equipos calculados.

h. Paso 8: Consumo de vapor: Para determinar la capacidad de la cadera, se realiza la suma del consumo en caballo caldera (BHP) de todos los equipos, el consolidado de consumos puede verse en la tabla 4.7. Si no se tiene el consumo de BHP, debe tomarse el consumo de vapor por hora y se utiliza el factor de conversión de:

1 BHP = 15.69 Kg/vapor.

En el análisis de tecnologías las marcas consultadas (EDRO y UNIPRESS), el consumo de vapor se da en BHP y no en kg de vapor.

Tipo de Equipos	Cantidad	Consumo de vapor por hora en BHP	Total Consumo de vapor (BHP)
Lavadoras	2	6.71	13.42
Lavadora	1	3.43	3.43
Secadoras	2	4.1	8.2
Secadora	1	3.4	3.4
Planchado liso	1	24.6	49.2
Planchado forma	3	0.25	.75
Consumo total			78.4 BHP

4.7 Consumo de vapor de los equipos.⁹

⁹ Datos suministrados por EDRO, Grupo Girbau, Unipress corporation.

i. Paso 9: Distribución arquitectónica.

Para el dimensionamiento de las áreas del departamento se han tomado 4 consideraciones:

i. Dimensionamiento físico de tecnologías.

En esta consideración se ha realizado un cálculo en base a las dimensiones de las tecnologías seleccionadas. Para ello se calculó el promedio de áreas y kilogramos procesados por cada equipo, como puede verse en las tablas 4.8, 4.9, 4.10.

Equipo	Area (m ²)	Capacidad (kg)
Lavadora DW150	2.17	68
Lavadora DW150	2.17	68
Lavadora DW100	1.94	45
Promedio.	2.09	60.33

Tabla 4.8 Promedio de áreas y capacidades para las lavadoras.

Equipo	Area (m ²)	Capacidad (kg)
Secadora DD75	1.32	34
Secadora DD75	1.32	34
Secadora DD50	1.17	23
Promedio	1.27	30.33

Tabla 4.9 Promedio de áreas y capacidades para las secadoras.

Equipo	Area (m ²)	Capacidad (kg)
Planchadora	1.034	5
Planchadora	1.034	5
Planchadora	1.034	5
Promedio	1.034	5

Tabla 4.10 Promedio de áreas y capacidades para las planchadoras de forma.

Teniendo los promedios y el total de kilogramos a procesados por tecnología, se procedió a sacar las áreas por conjunto de equipos.

Para lavadoras:

$$\frac{2.09m^2 \times 198.33kg}{60.33} \times 3 = 20.61m^2 \quad \text{Ec.10}$$

Para secadoras:

$$\frac{1.27m^2 \times 87.88kg}{30.33kg} \times 3 = 11.04m^2 \quad \text{Ec. 11}$$

Para Planchadoras de forma:

$$\frac{1.034m^2 \times 14.65kg}{5kg} \times 3 = 9.09m^2 \quad \text{Ec. 12}$$

ii. Dimensionamiento estandarizado¹⁰.

En este tipo de dimensionamiento se tomó de referencia medidas estandarizadas, por ejemplo para pasillos, puertas, etc. y áreas de servicios como almacén de insumos, costurería, administración, etc. Estas áreas se muestran en la tabla 4.11.

Administración	9.3 m ²
Almacén de insumos	22.3 m ²
Costurería	11.2 m ²
Pasillos (administrativos)	1.2 m
Pasillos para procesos	2.2 m

Tabla 4.11 Medidas estándar para servicios y accesos.

¹⁰ Medidas de pasillos tomadas de: NFPA 101, las restantes de: VA Space Planning Criteria.

iii. Dimensionamiento para áreas de casilleros y áreas de sanitarios¹¹.

Para el dimensionamiento de sanitarios debe tomarse en cuenta el número de empleados que laboran en la lavandería, según el criterio planteado en 4.9.4.5 y tomando en cuenta que el hospital tiene 300 camas se tiene:

$$\frac{8 \text{ empleados} \times 200 \text{ camas}}{50 \text{ camas}} = 32 \text{ empleados} \quad \text{Ec. 13}$$

$$32 \text{ empleados} + 4 = 36 \text{ empleados.}$$

Tomando el criterio de 7.4 m^2 por cada 15 empleados se tiene:

$$7.4 \times 2 = 14.8 \text{ m}^2$$

A esta área debe sumarse un vestíbulo de 11 m^2 .

Haciendo un total de 24.8 m^2 .

El criterio para casilleros establece que se requiere 7.5 m^2 para 30 empleados, si hay más de 30 empleados, se suma $.5 \text{ m}^2$ por cada empleado extra.

Por lo tanto se tiene:

$$7.5 \text{ m}^2 + (0.5 \text{ m}^2 \times 6) = 10.5 \text{ m}^2 \quad \text{Ec. 14}$$

iv. Dimensionamiento ropería.

Para el dimensionamiento de la ropería se ha tomado el siguiente criterio, obtenido de estudios experimentales en el antiguo hospital de especialidades, en 1 m^3 se puede almacenar 133kg de ropa seca. Teniendo este dato, se selecciona estantes adecuados para el almacenamiento con medidas de 1.3m de largo, 2m de alto y 0.7m de ancho, con una capacidad de 1.82 m^3

¹¹ Tomado de: VA Space Planning Criteria.

(242.1 kg). Teniendo en cuenta esta capacidad, se divide entre los kilogramos de ropa procesada diaria (2380 kg).

$$\frac{2380kg}{1.82kg} = 9.8 \quad \text{Ec. 15}$$

Con lo que se obtiene de 10 estantes.

En la figura 4.3 se observa la distribución arquitectónica, teniendo en cuenta las secciones que la componen, flujos de ropa, personal y los cálculos realizados anteriormente.

Capítulo 5

Sistemas de Eliminación de Aguas Servidas

5. Sistemas de Eliminación de Aguas Servidas

Cuando se utiliza agua para cualquier proceso en un establecimiento de salud, siempre existen residuos, y estos usualmente están contaminados. Por esto es necesario, para cualquier establecimiento de salud, contar con un sistema de recolección, tratamiento y disposición del agua residual, también conocidas como aguas servidas o aguas negras.

A diferencia del agua potable, el transporte del agua residual se hace por lo general a través de tuberías en las cuales el agua fluye libremente por gravedad sin necesidad de presión y solo se utilizan sistemas de bombeo, para edificaciones grandes que obligan a que la recolección del agua se haga a un nivel más bajo que el alcantarillado público. Por este motivo el transporte de agua residual es mucho más fácil de transportar y es menos probable que existan fugas.

5.1. Generalidades

5.1.1. Definiciones

Debido al uso de cierta terminología muy específica en este tema, es necesario definir ciertos conceptos básicos que se manejan en este capítulo.

- a. *Aguas Servidas*: Se le llama Aguas Servidas, Negras o Residuales al agua proveniente del uso en un establecimiento, como residuo de cualquier proceso que requiera el consumo de agua. Esto incluye lavamanos, duchas, sanitarios y todo tipo de muebles que utilizan el agua y la descartan.

En el caso especial de los establecimientos de salud, las aguas negras son una fuente muy peligrosa de contaminación y enfermedades, por lo que es necesario realizar tratamientos que

eliminen los contaminantes biológicos y químicos antes de liberarlos al sistema de alcantarillado municipal.

- b. *Muebles*: En este capítulo se llaman muebles a todas aquellos equipos que permiten desarrollar un proceso que genere aguas servidas. Esto incluye lavamanos, duchas, sanitarios y demás equipos que utilizan y descartan agua.
- c. *Cuerpo de Agua*: Son masas o extensiones de agua, ya sean de origen natural o hechas por el hombre. En este capítulo se referirá principalmente a los cuerpos de agua superficiales como lo son los lagos, ríos y mares.

5.2. Componentes del Sistema

El sistema de eliminación de aguas servidas se compone por:

- a. Los Muebles, que son los equipos donde se genera el agua residual, y que esta conectados a las redes de desagüe
- b. Las Redes de Desagüe de Aguas Negras, que se encarga en transportar las aguas residuales desde donde se generan en los muebles, pasando por la planta de tratamiento, hasta el lugar de disposición final.
- c. El Sistema de Bombeo, que se encargan de transportar las aguas servidas a niveles superiores cuando el diseño del sistema de eliminación lo requiere.
- d. La Planta de Tratamiento, que se encarga de acondicionar el agua, de manera que esta ya no sea un peligro para la salud y el medio ambiente.
- e. Alcantarillado Publico, es el destino final de las aguas residuales, una vez esta ha pasado por los tratamientos adecuados para acondicionarla.

5.3. Redes de Desagüe

Parte fundamental del sistema de eliminación de agua, es el transporte de esta, desde donde se origina hasta donde se desecha, ya sea al sistema de alcantarillado municipal o un cuerpo de agua mayor.

5.3.1. Captación y Transporte de Aguas Negras

Como se explicó anteriormente, las aguas negras se captan o recolectan en los diferentes muebles dentro de los establecimientos de salud y deben ser transportadas hacia el punto donde serán tratadas antes de su eliminación al sistema de alcantarillado municipal.

Para permitir el flujo natural del agua a causa de la gravedad, se deberá tener en todos los puntos una pendiente negativa mínima del 2%. Aunque, cuando sea necesario, y para diámetros mayores a 100 milímetros, se puede permitir una pendiente mínima de 1.5%.

La red de transporte de aguas negras se divide en dos partes con características diferentes en cuanto a materiales y otras condiciones dependiendo de su localización. Se tienen entonces tuberías para:

- a. Interior de Edificios
- b. Exterior de Edificios

En el interior de los edificios las tuberías verticales que transportan el agua desde los muebles hacia el resto del sistema de tuberías, deberá ser de cobre tipo “M” y de diámetros de hasta 50 milímetros. El resto de las tuberías, ya sean verticales u horizontales que forman la red de tuberías de desagüe, deben ser de hierro fundido.

En el exterior de los edificios las tuberías deben ser de concreto simple para diámetros de 15 a 45 centímetros y de concreto reforzado para

diámetros mayores. Cuando la tubería pase por debajo de zonas de tránsito o estacionamiento de vehículos u otros elementos pesados, se debe dejar la tubería a una profundidad mínima a 90 centímetros de la superficie para protegerla. En caso de no ser posible, por las limitaciones de la profundidad de descarga, la tubería debe ser de acero o de algún otro material que resista la carga a la que se será sometida. Se debe evitar que la tubería se ubique a menos de 5 metros de las cisternas de agua potable, y en caso de ser necesario, se debe utilizar tubería de acero soldable célula 40 hasta que se alcance esta distancia.

El diámetro de los tramos de tubería deberá ser calculado según la carga a la que se somete, esta se calcula a partir de la sumatoria de las unidades-mueble de los muebles conectados a esta. El procedimiento se retoma más en detalle en el apartado 5.5 sobre Metodologías de diseño.

5.3.1.1. Redes de Ventilación

La descomposición de los desechos orgánicos, muchas veces presentes en las aguas residuales, generan gases como dióxido de carbono, sulfato de hidrógeno y metano. Esta generación de gases, hace necesario que se incorporen sistemas de ventilación que eviten que se formen bolsas de gas que pueden detener el flujo del agua. La ventilación se realiza a través de una red de tuberías que permiten la salida de los gases por el techo de los establecimientos.

En todos los casos, los tramos de tubería de ventilación que se ubiquen dentro del establecimiento, deben ser de PVC. Y el tramo que atraviesa el techo y conecta el sistema con el exterior debe ser de cobre tipo "M". Cuando las ventilaciones suban inmediatamente del mueble al techo, para establecimientos de un nivel, estas pueden ser en su totalidad de cobre tipo "M".

Cuando el establecimiento sea muy grande y se requieran diámetros mayores a 50 milímetros de diámetro, se utilizará tubo de hierro fundido centrifugado para el tramo del techo.

5.3.1.2. Bombeo de Aguas Negras

Como se explicó anteriormente, las aguas servidas se transportan por medio del efecto natural de la gravedad. Sin embargo, existen casos en los que se requiere que el agua se transporte a un nivel superior, por ejemplo las plantas de tratamiento, o los edificios con sótano.

El flujo, para el que se dimensionará el sistema de bombeo debe ser al menos igual al flujo estimado de aguas negras pico del establecimiento de salud y se debe diseñar siempre con dos bombas^o con capacidad total, de forma que se asegure el funcionamiento del sistema incluso durante actividades de mantenimiento.

5.4. Contaminantes a Tratar

Antes de hablar de las diferentes necesidades y soluciones de los tratamientos, es importante conocer las características individuales de los diferentes contaminantes, y su relevancia para el diseño de plantas de tratamiento en instalaciones de salud. Estos contaminantes, por sus características particulares, se pueden dividir en 3 tipos: Características Físicas, Químicas y Biológicas.

5.4.1. Características Físicas

Las características físicas del agua son todas aquellas que tienen que ver con la naturaleza del agua como lo son la temperatura, la densidad, el olor, el color y la turbiedad, y tal vez la más relevante de las características físicas, el contenido total de sólidos.

5.4.1.1. Sólidos Totales

Los sólidos totales en el agua representan toda la materia contenida en el agua la cual quedaría después de un proceso de evaporación. Existen varias formas de clasificar los sólidos en el agua, estos pueden ser sólidos sedimentables, disueltos, flotantes, en suspensión, filtrables y no filtrables.

5.4.1.2. Temperatura

Debido al uso de agua caliente en las instalaciones de salud, tanto para uso común como para el uso en equipos de lavandería, autoclaves u otros, el agua residual siempre tendrá una temperatura más alta que la del suministro municipal, y la temperatura ideal de su destino final en el alcantarillado. La temperatura del agua tiene gran importancia por su influencia en desarrollo biológico de las aguas a las que se incorpora y su capacidad de acelerar reacciones químicas.

5.4.1.3. Olores

El desagradable olor característico de las aguas negras es causado en su mayor parte por su combinación con las aguas sépticas, y se debe principalmente a los gases liberados por los procesos de descomposición de la materia orgánica.

5.4.1.4. Turbiedad

La turbiedad se mide en base a la transmisión de luz en el agua y es un indicador de la cantidad de materia en suspensión.

5.4.1.5. Color

Las aguas negras pueden variar su coloración dependiendo de su contenido, en el caso del hospital estas varían de gris a gris oscuro.

5.4.2. Características Químicas

Las características químicas del agua se pueden dividir en 3 categorías: contenido orgánico, inorgánico y gases.

5.4.2.1. Materia Orgánica

Los componentes orgánicos de las aguas negras están formados principalmente por carbono, hidrógeno y oxígeno. Estos se presentan más frecuentemente en forma de proteínas, hidratos de carbono y azúcares. Además el agua contiene compóntes orgánicos sintéticos, como pesticidas, compuestos orgánicos volátiles, etc.

5.4.2.2. Materia Inorgánica

La materia inorgánica del agua residual juega un papel menos importante en el tratamiento de agua a liberar, sin embargo también hay que tomar en cuenta ciertos contaminantes que pueden ser tóxicos o reactivos, como son los cloruros, químicos que afectan la alcalinidad, el nitrógeno, azufre, y otros compuestos y metales pesados como el níquel, mercurio, plomo, etc. Tal vez el parámetro más importante inorgánico a tomar en cuenta es la concentración del ión hidrógeno, mejor conocida como el pH^o.

5.4.2.3. Gases

Los gases que se encuentra más comúnmente en el agua residual son oxígeno, nitrógeno, dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, amoníaco y metano. Los tres últimos, siendo producto de la descomposición de la materia orgánica. La relación entre los niveles de oxígeno nitrógeno y dióxido de carbono son importantes pues de ellos depende la capacidad biológica del agua.

5.4.3. Características Biológicas

Las características biológicas del agua residual son tal vez las más relevantes para el tratamiento de agua residual de una instalación de salud, pues estas pueden convertirse en focos infecciosos. Es necesario comprender tres características biológicas principales del agua residual para poder pensar en su tratamiento: principales grupos de microorganismos presentes, organismos patógenos presentes y organismos indicadores de contaminación.

5.4.3.1. Microorganismos

Los microorganismos presentes en las aguas negras pueden clasificarse en eucariota, bacterias y arqueobacterias. Los tipos principales se muestran en la tabla 5.1.

Grupo	Miembros Representativos
Eucariota	Plantas (plantas de semilla, musgos y helechos). Animales (vertebrados e invertebrados), Protistas (algas, hongos y protozoos).
Bacterias	La mayoría de bacterias.
Arqueobacterias	Metanógenos ¹ , halófilos.

Tabla 5.1 Clasificación de Microorganismos¹

Los Microorganismos desarrollan un papel muy importante en el proceso natural de tratamiento del agua, pues estos son responsables por los procesos de descomposición de la materia orgánica. El tratamiento deberá estar enfocado entonces, no a la eliminación de estos, sino al control de los niveles.

¹ Análisis y diseño de una planta de tratamiento de agua residual para el municipio de San Andrés Cholula, Universidad de las Américas, Puebla. 2005.

5.4.3.2. Organismos Patógenos

Los organismos patógenos son los microorganismos responsables de generar enfermedades y en el caso de las aguas negras de instalaciones de salud, proceden de todo tipo de secreciones y desechos humanos infectados. Los organismos patógenos más comunes son las bacterias, virus y protozoos.

5.4.3.3. Organismos Indicadores

Los organismos indicadores son aquellos que se utilizan para conocer la presencia de organismos patógenos. Estos se hacen necesarios debido a que los organismos patógenos se presentan en cantidades muy pequeñas que complican su aislamiento e identificación. Se utilizan los organismos coliformes como indicadores pues estos se encuentran en abundancia en las aguas negras, ya que cada persona desecha hasta 400,000 millones de organismos coliformes cada día. Esta abundancia ayuda a comprobar si el agua ha estado en contacto con desechos humanos y incrementando el riesgo de la existencia de agentes patógenos.

5.5. Plantas de Tratamiento de Aguas Negras

Las plantas de tratamiento de aguas negras funcionan básicamente por medio de operaciones físicas y procesos químicos y biológicos. Los métodos de tratamiento utilizan operaciones físicas como rejillas, sedimentación, filtración y flotación. Los métodos de tratamiento basados en procesos químicos y biológicos incluyen desinfección, absorción y precipitación para los químicos y actividad microbiológica para los biológicos.

5.5.1. Componentes del Sistema de Tratamiento

Las plantas de Tratamiento están compuestas por tres partes: Tratamiento Preliminar, Tratamiento Primario, Tratamiento Secundario y dependiendo de su complejidad pueden tener una cuarta parte denominada tratamiento Avanzado. Se muestra en la Figura 5.1 un modelo de una planta de tratamiento con las cuatro partes.

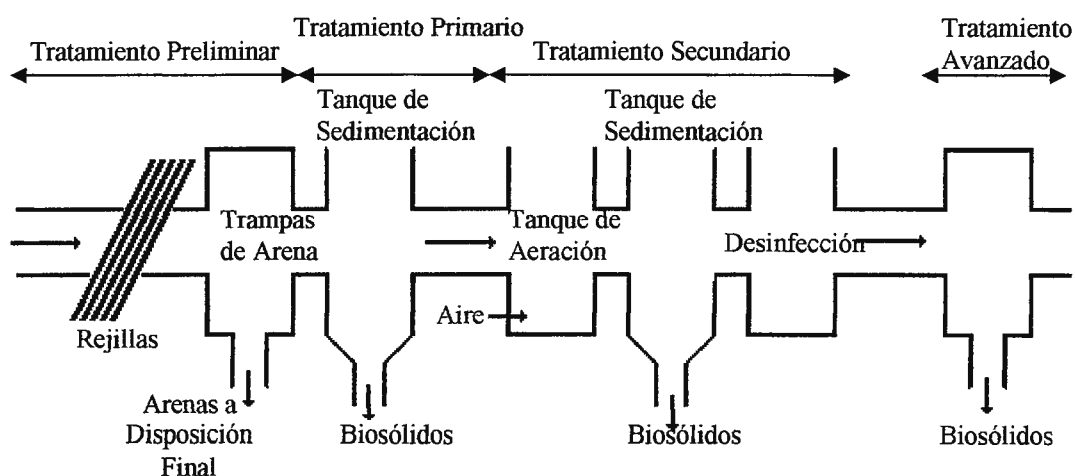


Figura 5.1: Modelo de una Planta de Tratamiento²

5.5.2. Tratamiento Preliminar

El tratamiento preliminar no forma parte directa del sistema de tratamiento de agua, y su propósito es solamente retirar arena, restos y basura que pueden obstruir o dañar los equipos de la planta de tratamiento.

5.5.2.1. Rejillas

Las rejillas conforman el primer paso del tratamiento preliminar y tiene como objetivo remover los sólidos gruesos que puedan ir en el agua. Este paso consiste en pasar el agua residual a través de rejillas que pueden luego ser limpiadas manual o mecánicamente. Las rejas suelen tener aberturas entre las barras de 15 milímetros o mayores y pueden limpiarse de manera manual o mecánica. En la figura 5.2 se

² Wastewater Microbiology, Gabriel Bitton. 2005

pueden observar algunos sistemas de limpieza mecánica que pueden utilizarse.

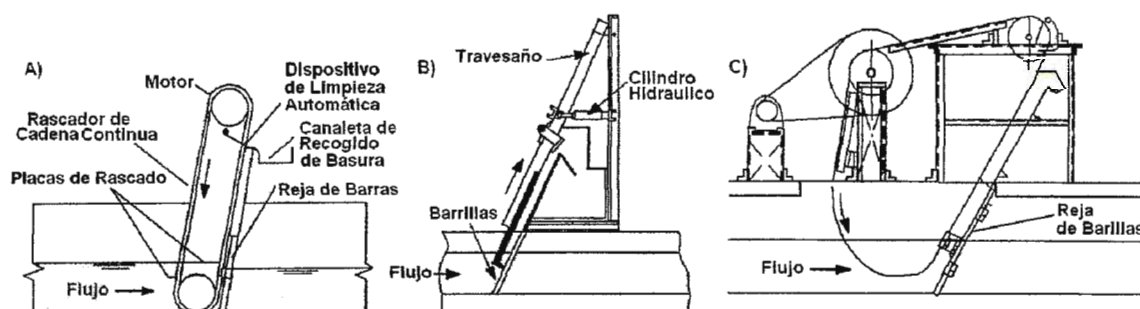


Figura 5.2: Sistemas de Limpieza mecánica. A) Limpieza Mecánica por Cadenas, B) Limpieza Mecánica por Movimiento Oscilatorio, C) Limpieza por Cadena con Retorno Frontal

Los materiales detenidos en las rejillas se llaman residuos o basura y dependiendo del espacio entre las rejillas dependerá la cantidad de esta que se produzca. A pesar de que no existen estudios que indiquen específicamente la cantidad de residuos que se elimina si se pueden observar ciertas propiedades comunes. Los residuos atrapados en las rejillas son normalmente piedras, ramas, papel, plásticos y trapos. Y también se puede retener parte de los desechos orgánicos. Los criterios para su diseño pueden verse en el apartado 5.6.

5.5.2.2. Trampas de Arena o Desarenadoras

Las trampas de arena tienen como objetivo retirar las arenas, cenizas y cualquier otro sólido pesado que tenga una velocidad de sedimentación o peso específico mucho mayor que el resto de los materiales orgánicos susceptibles a la descomposición que se encuentra en el agua residual.

Es necesario retirar este tipo de materiales para:

- a. Proteger los equipos de la abrasión y desgaste
- b. Reducir la formación de depósitos de sólidos pesados en conductos y unidades.
- c. Reducir la frecuencia de limpieza de los digestores^o por la acumulación excesiva de arenas.

Por lo general se utilizan tres tipos de desarenadores: los de flujo horizontal para canales de sección rectangular, aireados y de vórtice.

- a. ***Desarenadores Rectangulares de Flujo Horizontal:*** En estos el agua residual se distribuye uniformemente en un tanque, hasta que rebalsa por un vertedero de descarga libre. Las arenas, siendo más pesadas, se sedimentan rápidamente en el fondo y son retiradas por medio de barredores mecánicos de rotación hacia un pozo al lado del tanque. Posteriormente las arenas se sacan del pozo por medio de tornillos sin fin. Se puede observar un esquema de este tipo de desarenador en la figura 5.3.
- b. ***Desarenadores Aireados:*** En este tipo de desarenador, el agua a tratar se mueve en forma espiral, debido a la influencia de sistemas de eyección de aire. Debido a su masa, las partículas se aceleran y abandonan las líneas de flujo hasta que alcanzan el fondo del tanque. La velocidad de giro o agitación determina el tamaño de las partículas que se desean separar, y por lo general se diseñan para separar partículas de 0.21 milímetros o mayores. Si la velocidad es muy alta, las partículas de arena pueden salirse del desarenador y si es muy baja se

puede filtrar además material orgánico. Se puede observar un esquema de este tipo de desarenador en la figura 5.3.

- c. **Desarenadores de Vértice:** Estos consisten en un tanque cilíndrico al que entra el agua servida de forma tangencial creando un vórtice dentro del cilindro. Las partículas más pesadas de las arenas hacen que estas bajen al fondo del tanque mientras que el agua sale por la parte superior de la unidad. Se puede observar un esquema de este tipo de desarenador en la figura 5.3.

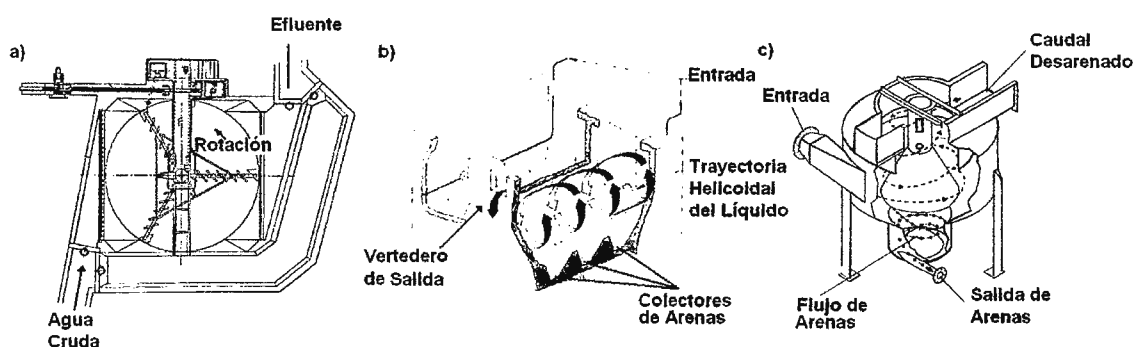


Figura 5.3: Tipos de Desarenadoras. A) Desarenador Rectangular de Flujo Horizontal, B) Desarenadores Aireados, C) Desarenadores de Vértice

Además de la separación de las arenas, también es importante el lavado y la disposición final de estas. Se estima que el 50% del material removido puede ser materia orgánica pesada, y dejar este porcentaje puede conducir a la proliferación de insectos y roedores peligrosos para la salud. La disposición final de esta debe hacerse oportunamente en rellenos sanitarios, antes de que entre en descomposición y empiece a liberar malos olores que atraigan a moscas y otros vectores contaminantes.

Los criterios de diseño de las desarenadoras se analizarán en el apartado 5.5.

5.5.3. Tratamiento Primario

El tratamiento primario es la primera etapa directa del sistema de tratamiento de aguas negras. Su objetivo es retirar la mayoría de los sólidos suspendidos y lo hace utilizando la sedimentación.

5.5.3.1. Sedimentación

La sedimentación es el proceso por el cual se separan los sólidos de un líquido, dejándolos en reposo relativo para que los sólidos de peso específico superior al de este se depositen en el fondo y los de menor peso específico floten. De esta manera se puede eliminar una gran cantidad de los sólidos en suspensión. Los criterios de dimensionamiento para un tanque de sedimentación se estudiarán en el apartado 5.6.1.3

5.5.4. Tratamiento Secundario

El tratamiento secundario es un conjunto de procesos de tratamiento cuyo fin principal es eliminar todos los desechos orgánicos biodegradables. Este puede incluir tratamientos biológicos como: lodos activos, lagunas aireadas, filtros percoladores y biodiscos. Y a pesar de no ser un tratamiento biológico, muchas veces también incluye desinfección por procesos químicos o físicos.

5.5.4.1. Lodos Activos

Los lodos activos es un proceso de tratamiento de agua que se basa en la producción de una masa activada de microorganismos capaces de estabilizar un residuo orgánico por vía aerobia.

En resumen, el tratamiento de lodos activos, se realiza a través de un tanque o reactor biológico, donde se mantiene un cultivo bacteriano aerobio en suspensión y se realiza la oxidación de la materia orgánica. Al cabo de un periodo de tiempo, la mezcla, llamada mezcla activa, se

conduce hasta un tanque de sedimentación para su separación del agua residual tratada. Al separarse, una parte de la mezcla activa se recircula para mantener la concentración de células deseadas en el reactor y el resto se saca del sistema como lodo en exceso.

5.5.4.2. Lagunas Aireadas

Las lagunas aireadas o tanques de aireación son estanques de aguas residuales que tiene como objetivo oxigenar el agua a través de aireadores superficiales o difusores sumergidos para generar oxidación bacteriana. Estos dispositivos crean una turbulencia que mantiene la materia en suspensión. El tiempo promedio de este proceso es de 3 a 6 días. La separación de sólidos de este tratamiento se logra por decantación que demora de 6 a 12 horas.

5.5.4.3. Filtros Percoladores

El objetivo principal de este tratamiento no es la filtración, sino la absorción y asimilación biológica. Al circular el agua residual por el filtro, este comienza a cubrirse con una sustancia viscosa que contiene bacterias y microorganismos. El agua a tratar se distribuye uniformemente sobre el filtro de alta permeabilidad por medio de un sistema distribuidor de flujo y los microorganismos quedan adheridos a la superficie. Al cabo de un tiempo comienza el crecimiento microbiano en la interfase aerobia del medio filtrante, generando el crecimiento de organismos anaeróbicos que junto con los organismos aerobios forman el mecanismo básico para eliminar la materia orgánica.

El líquido que sale del filtro percolador, pasa luego a una etapa de sedimentación para recolectar la masa biológica resultante de este proceso. Esta sedimentación secundaria es importante pues de no hacerse podría haber problemas de obstrucción en las siguientes etapas del tratamiento.

5.5.4.4. Biodiscos

También conocidos como biocontactores rotativos, los biodiscos son una solución sencilla y de bajo costo para eliminar el material biológico del agua residual.

Su principio de tratamiento se basa en la exposición de la materia contaminante orgánica a un medio biológico que la degrada. La exposición se da a través de los biocontactores o biodiscos que son placas en las que crece una capa de microorganismos llamada microcultivo que llega a tener un grosor de 2 a 4 milímetros sobre las placas del biocontactor. Las placas se desplazan e intercambian de forma que se exponga al microcultivo al contaminante y oxígeno (aire) de forma alterna, como se muestra en la figura 5.4, permitiendo oxigenación biológica y que el material sea degradado.

Las unidades rotan a diferentes velocidades por lo general de 2 a 4 revoluciones por minuto, y se encuentran sumergidas a un 42% de su volumen bajo la superficie.

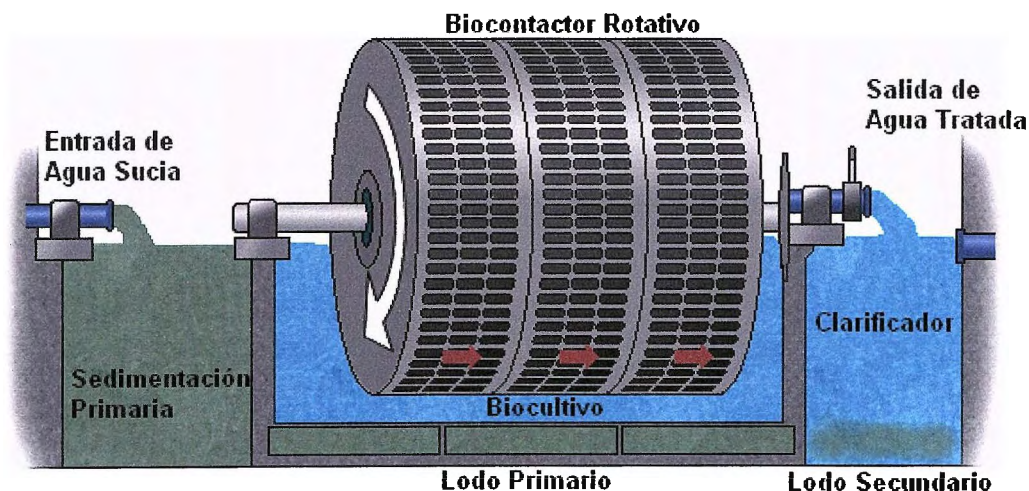


Figura 5.4: Esquema de Tratamiento por Biodiscos

5.5.4.5. Procesos de desinfección

Los procesos biológicos que conforman el tratamiento secundario, son efectivos para eliminar la materia orgánica de las aguas negras. Sin embargo, como el método requiere una estimulación del crecimiento microbiológico en el agua, esta al terminar el proceso, mantendrá un alto contenido de microorganismos. Para mantener el balance biológico del agua, considerando el destino final de esta, es recomendable finalizar esta etapa con procesos de desafección. Para realizar esta desinfección es de uso muy común el uso de químicos (cloración) o lámparas ultravioleta o bien, la combinación de ambas.

5.5.5. Tratamiento Avanzado

Los tratamientos avanzados, son el conjunto de tratamientos destinados a eliminar elementos particulares que se encuentren en el agua residual como nutrientes, compuestos tóxicos y los excesos de materia orgánica o de sólidos en suspensión.

Además de este objetivo, los tratamientos avanzados incluyen procedimientos adicionales cuando se reutilizarán las aguas para procesos que requieren alta calidad de agua, como puede ser el caso de agua para refrigeración industrial, o inclusive para potabilizar.

Algunos tratamientos dentro de esta categoría son la electrólisis para retirar componentes metálicos o la electrocoagulación para destruir o desnaturalizar^o proteínas.

En el caso particular de los hospitales el objetivo principal es la incorporación al agua al sistema de alcantarillado, por lo que no se tomarán en cuenta procedimientos adicionales avanzados para su reutilización.

5.5.6. Plantas de Tratamiento en Establecimientos de Salud

Para el sistema de salud, se utilizarán por lo general solamente los sistemas preliminar, primario y secundario. La selección de las diferentes tecnologías, dependerá del tamaño de la instalación, su producción de aguas negras, el terreno disponible para el tratamiento y su costo.

5.6. Metodología y Criterios de Diseño

En este apartado se describen los procedimientos generales necesarios para diseñar un sistema de eliminación de aguas servidas.

5.6.1. Cálculo de Carga Probable de Aguas Residuales

Calcular el diámetro de tuberías de aguas negras en cada tramo de la red, se necesita definir las cargas del sistema. Las cargas del sistema se definen en unidades mueble. Las unidades muebles son unidades que sirven de referencia para conocer un estimado de la cantidad de aguas servidas desechadas por un mueble específico y que eventualmente pasarán por la tubería. Entonces, para calcular la carga que pasa por un tramo específico de tubería, se deben de sumar todas las unidades mueble de los muebles y tuberías que se conectan al tramo. Este proceso debe hacerse para todos los tramos de la red de tuberías, comenzando desde los puntos donde se producen aguas negras en los muebles hasta llegar a la planta de tratamiento o el lugar donde se incorpora al sistema municipal de alcantarillado. Como se explicó anteriormente, las unidades mueble sirven para establecer una carga estimada, y para conocer las unidades muebles para cada mueble dentro de un hospital se utiliza la tabla 5.2.

Mueble	Unidades Mueble
Coladera de piso (casa de máquinas)	2
Destilador de agua	1
Escudilla de laboratorio	1
Vertedero de laboratorio	3
Fregadero de cocina de piso	3
Grupos de baño con inodoro	5
Grupos de baño sin inodoro	3
Inodoros	5
Lavabos	2
Lavabo de cirujano sencillo	2
Lavabo de cirujano doble	4
Lavadora de guantes	3
Lavadora ultrasónica	3
Lavador esterilizador de cómodos	5
Mesa de autopsias	4
Mingitorio de fluxómetro	3
Mingitorio con llave de resorte	2
Regaderas	3
Tanque de revelado manual	4
Tanque de revelado automático	4
Toilets	5
Unidad dental	1
Vertederos (todos los tipos)	3
Baño maría o mesa caliente	2
Cafetera	1
Cocedor de verduras	1
Fabricador de hielo	1
Fregadero (por mezcladora)	4
Fuente de agua	1
Lavadora de loza	10
Marmitas	3
Mesa fría	2
Triturador de desperdicios	4
Lavadora horizontal	2.2
Lavadora extractora	4.4

Tabla 5.2: Tabla de Carga Probable de Aguas Negras³

³ Normas de Instalaciones Sanitarias, Hidráulicas y Especiales, Instituto Mexicano del Seguro Social, 1997

5.6.2. Determinación de Diámetro de Tuberías de Aguas Negras

Cuando se conoce la carga o flujo de aguas servidas por cada tramo en la trayectoria de la red de desagüe, se puede determinar el diámetro de las tuberías de aguas negras necesarias utilizando las tablas 5.3 para los ramales horizontales y verticales y 5.4 para las líneas principales horizontales. Así se determina cual es el diámetro correspondiente para cada tramo considerando las Unidades Mueble en cada tramo y las otras condiciones de ubicación que se muestran en las tablas mencionadas.

Máximo Número de Unidades Mueble que Pueden Conectarse a:				
Diámetro mm	Cualquier Ramal Horizontal	Bajada de 3 Pisos o Menos	Bajada de más de 3 Pisos	
			Total en la bajada	Total en un piso
50	6	10	24	6
100	160	240	500	
150	620	960	1900	
200	1400	2200	3600	
250	2500	3800	5600	

Tabla 5.3: Tabla de Selección de Diámetros para Tuberías de Aguas Negras

Máximo Número de Unidades Mueble que Pueden Conectarse a Una Línea Principal			
DIÁMETRO mm	PENDIENTE EN %		
	1	1.5	2
50	-	-	21
100	180	199	216
150	700	775	840
200	1600	1771	1920
250	2900	3210	3500
300	4600	5108	5600

Tabla 5.4: Tabla de Selección de Diámetros para Tuberías de Aguas Negras

5.6.3. Criterios de Diseño de Planta de Tratamiento

Se presentan en este apartado algunos criterios de diseño que aplican para las plantas de tratamiento de aguas negras, en particular los del tratamiento preliminar y primario.

5.6.3.1. Rejillas

Como se mencionó anteriormente, el objetivo de las rejillas es separar los cuerpos sólidos grandes que pueden encontrar en las aguas servidas. El proceso de limpieza de las rejas se puede hacer de forma manual o mecánica y en general el dimensionamiento de las rejillas se puede realizar utilizando la tabla 5.5.

Característica	Limpieza Manual	Limpieza mecánica
Anchura de Barra (mm)	5-15	5-15
Profundidad de Barra (mm)	25-37.5	25-37.5
Separación	25-50	15-75
Pendiente a la Vertical (Grados)	25-50	50-82.5
Velocidad de Aproximación (m/s)	150	150
Pérdida de Carga Admisible (mm)	150	150

Tabla 5.5: Tabla General de Dimensiones de Rejilla

5.6.3.2. Desarenadores

Antes de hablar de procesos de diseño de desarenadores, es importante hablar de la selección de estos. La tabla 5.6 enumera algunas ventajas y desventajas de los tres sistemas de desarenadores.

Tipo de Desarenador	Ventajas	Desventajas
Desarenador Aireado	▪ Misma Eficiencia para Variación de Flujo ▪ Mínimas Pérdidas de Carga ▪ Reduce la cantidad de materia orgánica separada	▪ Puede Generar Malos Olores ▪ Se Requiere Mantenimiento del sistema de Aeración ▪ Consumo de Energía Elevado
Desarenador de Vértice	▪ Efectivo contra variaciones	▪ Diseño patentado

	de Flujo ▪ No hay equipos sumergidos que necesiten mantenimiento ▪ Espacio reducido ▪ Remoción de alto porcentaje de partículas finas	▪ Costos de Adquisición de equipo ▪ Paletas pueden recoger trapos y basura ▪ Se puede saturar el colector de arena ▪ Necesita Limpieza y Supervisión Continua
Desarenador de Flujo Horizontal	▪ No necesita un diseño complejo ▪ Con un control adecuado del flujo no se necesita hacer una clasificación posterior de residuos	▪ Es difícil mantener velocidad de flujo óptima ▪ Si no se controla bien el flujo, el tanque se remueve grandes cantidades de materia orgánica

Tabla 5.6: Ventajas y Desventajas de los Tipos de Desarenadores.

Para el dimensionamiento de los desarenadores es importante considerar la determinación de la capacidad del desarenador y la estimación de las cantidades de arena desechada, así como los elementos particulares a cada tipo de desarenador, por ejemplo velocidad de caudal, flujo de aire o potencia de turbinas.

5.6.3.3. Tanques de Sedimentación

El objetivo de los tanques de sedimentación es retirar los sólidos en suspensión, en particular los de origen orgánico. Esto se hace dejando el agua servida en reposo relativo en tanques, de forma que los sólidos en suspensión alcancen el fondo del tanque. El reposo relativo significa que las velocidades de desplazamiento horizontal del agua, deben ser menores a la velocidad de arrastre necesaria para mantener las partículas en suspensión. Teniendo esto en cuenta, la eficiencia del tanque dependerá del área superficial de este y del tiempo de retención del agua.

Los tanques de sedimentación se suelen dimensionar en función de la carga de superficie expresada en m^3/m^2 . La carga de suspensión depende del tipo de suspensión que se deba sedimentar y representa la cantidad de líquido que se desplaza por unida de área. Por lo general, para el caso de aguas negras, incluidas las hospitalarias, se pueden utilizar los valores típicos mostrados en la tabla 5.7 para hacer el diseño del tanque.

Característica	Intervalo
Tiempo de Retención (h)	1.5-2.5
Carga de Superficie (m^3/m^2)	
<i>A Caudal Medio</i>	30-50
<i>A Caudal Pico</i>	80-120

Tabla 5.7: Información Típica Para diseño de Tanques de Sedimentación Primaria⁴

Para calcular el área del tanque, se debe utiliza la fórmula:

$$A = \frac{Q}{CS} \quad \text{EC. (5.1)}$$

Donde A es el área del tanque, Q es el caudal de aguas negras que se recibe y CS es la Carga de Superficie deseada.

Una vez se tiene el área superficial que necesita el tanque, se pueden definir las dimensiones del tanque utilizando los valores típicos recomendados en la tabla 5.8

⁴ Análisis y diseño de una planta de tratamiento de agua residual para el municipio de San Andrés Cholula, Universidad de las Américas, Puebla. 2005.

Característica	Intervalos
Profundidad (m)	3-4.5
Longitud (m)	15-90
Anchura (m)	3-25

Tabla 5.7: Información Típica Para diseño de Tanques de Sedimentación Primaria⁵

El tiempo de retención del agua se calcula con la fórmula:

$$Tr = \frac{Vol}{Q} \quad \text{EC (5.2)}$$

Donde TR es el tiempo de retención del agua, Vol es el volumen del tanque y Q es el caudal de aguas negras que entra al tanque.

Una vez calculadas las dimensiones del tanque y el tiempo de retención, solo queda verificar que el agua se desplace en reposo relativo, para lo cual se deberá calcular la velocidad horizontal del agua y asegurarse que sea menor a la velocidad de arrastre de la materia orgánica.

5.7. Guía de Diseño

Según lo explicado anteriormente, para diseñar un sistema de eliminación de aguas negras, se puede definir que los siguientes pasos para dicho diseño.

5.7.1. Paso 1: Diseño de redes de Desagüe de Aguas Negras

Antes de definir las diferentes cargas del sistema, es necesario diseñar las trayectorias de las redes de desagüe de aguas negras. Esto se hace esquematizando los recorridos de las tuberías de desagüe sobre el plano arquitectónico tomando en cuenta todos los muebles que produzcan

⁵ Análisis y diseño de una planta de tratamiento de agua residual para el municipio de San Andrés Cholula, Universidad de las Américas, Puebla. 2005.

aguas residuales. Para facilitar los cálculos posteriores, se recomienda numerar segmentos de las trayectorias, en base a los nodos o puntos de unión con otros muebles y tuberías.

5.7.2. Paso 2: Cálculo del Carga Probable de Aguas Residuales

En este paso se calcula la carga probable de aguas residuales que se utilizará para diseñar el sistema. Esto se hará segmento a segmento, sumando las cargas de todos los muebles y tuberías que se conectan al segmento estudiado.

5.7.3. Paso 3: Determinación de Diámetro de Tuberías

Una vez se conoce la carga máxima probable para cada tramo, se pueden determinar el diámetro de las tuberías de la red de aguas negras.

5.7.4. Paso 4: Diseño de Planta de Tratamiento

Antes que el agua pueda ser liberada al sistema de desagüe municipal es importante determinar que necesidades de tratamiento existen y analizar cuales opciones son las más adecuadas.

5.7.5. Paso 5: Análisis de Tecnología

A partir de los resultados del paso anterior, se deben analizar y evaluar las diferentes opciones tecnológicas para el tratamiento de las aguas negras. Para luego seleccionar las opciones más adecuadas para el sistema, según su efectividad y su costo.

5.7.6. Paso 6: Definición de Características Técnicas

En este paso se deben definir todas las características técnicas del sistema. Esto se debe hacer para los materiales de las tuberías, sistemas de bombeo (si se necesitan) y sistemas de tratamiento.

5.7.7. Paso 7: Elaboración de Documento

Finalmente, se debe compilar toda la información del diseño realizado en un documento que servirá para la presentación, evaluación y aceptación del diseño.

Capitulo 6

Diseño del sistema de protección contra incendios

6. Diseño del sistema de protección contra incendios

6.1 Introducción

En este capítulo se mencionan las partes que conforman el sistema de protección contra incendios. En cada una de ellas, se mencionan las medidas útiles para su aplicación en el diseño del sistema, así como las diferentes tecnologías que se pueden utilizar.

6.2 Generalidades

El diseño de un sistema de protección contra incendios es una etapa importante a considerar en un establecimiento salud, ya que el garantizar la seguridad de las personas es un requisito indispensable, y mas aún, ellos no poseen la capacidad de movilidad.

Un hospital, además de la hospitalización, cuenta con otras áreas, tales como los servicios ambulatorios, los de tratamiento y diagnóstico, los servicios de apoyo, áreas de docencia, áreas administrativas, etc. Estas áreas tienen características diversas en cuanto a sus actividades, ocupación y riesgos potenciales.

Por lo tanto, es necesario hacer referencia, en cuanto a dimensionamiento de sectores y salidas, así como a instalaciones y sistemas de protección contra incendios.

Los edificios de uso Hospitalario deben ser diseñados, construidos, mantenidos y gestionados, de tal manera que se minimicen las posibilidades de una emergencia por incendios en donde se requiera la evacuación de los pacientes hospitalizados. Esto obliga a:

- a) Disponer de espacios debidamente diseñados y construidos de manera apropiada.
- b) Disponer un sistema de detección, alarma y extinción adecuado.
- c) Adoptar medidas de prevención mediante la formación del personal y el establecimiento de planes de emergencia para el

aislamiento del incendio, el traslado de los ocupantes a sectores seguros o la evacuación del edificio.

Actualmente, la hospitalización constituye una parte cada vez menor de la actividad que se realiza en un hospital y existe una tendencia cada vez mayor a la actividad ambulatoria. Esta situación tiene un reflejo claro y directo en los nuevos hospitales y en las actuaciones que se realizan sobre los hospitales en funcionamiento, ya que, no solo se consideran las áreas hospitalarias, sino que se extiende a otras áreas (servicios centrales de tratamiento y diagnóstico, servicios de atención ambulatoria y servicios generales), con características técnicas y funcionales muy distintas a las destinadas a hospitalización y en las que las condiciones de seguridad son significativamente distintas por este factor.

La tendencia general es la de reducir progresivamente la estancia media de los pacientes en el hospital y desarrollar la atención ambulatoria. En este sentido, los pacientes internados tendrán una movilidad cada vez más limitada durante su estancia en el hospital. El objeto de las condiciones particulares para el uso Hospitalario es proporcionar un nivel de seguridad razonable frente al riesgo de incendio, con la debida consideración a los requerimientos funcionales de los hospitales.

6.3 Componentes del sistema

Los componentes del sistema de protección se enfoca a minimizar la posibilidad de la generación del incendio, el desarrollo del mismo, la necesidad de evacuación, la detección, alarma y extinción, suministros y tecnologías.

En base a lo anterior, los componentes que se han incluido son los siguientes:

- a) Consideraciones arquitectónicas
- b) Medios de evacuación
- c) Sistema de control de humo
- d) Sistema de detección y alarma
- e) Sistema de extinción

- f) Panel de control de alarma
- g) Sistema de agua

6.3.1 Consideraciones Arquitectónicas

Las consideraciones arquitectónicas se refiere a las características de los distintos materiales que se utilizan para construir una edificación, con el objetivo de ofrecer ciertas condiciones de seguridad ante la presencia de fuego.

Entre las consideraciones arquitectónicas, se han distinguen dos subgrupos:

- a) Elementos constructivos
- b) Acabados del interior

6.3.1.1 Elementos constructivos

Los elementos constructivos, son aquellos que se utilizan para realizar la estructura base de un establecimiento. Entre algunos elementos, se pueden mencionar: vigas, columnas, paredes, muros, etc. Existen numerosas consideraciones acerca de ellos, en este caso, se enfocan dos principalmente, las europeas y americanas.

6.3.1.1.1 Consideraciones Europeas

En la terminología Europea, las exigencias del comportamiento ante el fuego de un elemento constructivo se definen por los tiempos durante los cuales dicho elemento debe mantener las condiciones siguientes:

- a) Resistencia al Fuego (RF).** Es una característica en donde se garantiza, la demora de gases, llamas, y la resistencia térmica suficiente para impedir que se produzcan en la cara no expuesta altas temperaturas.
- b) Estabilidad al Fuego (EF) ^o.** Característica que garantiza, la estabilidad mecánica frente a la acción del fuego.

En la tabla 6.1, se define una relación tiempo – temperatura, la cual indica una referencia reglamentaria de los elementos constructivos ante el fuego adoptada por la AENOR (Asociación Española de normalización y certificación). El tiempo en minutos, indica el comportamiento máximo permisible para que un elemento constructivo mantenga las cualidades antes mencionadas a una temperatura específica.

<i>Tiempo (minutos)</i>	15	30	45	60	90	120	180	240
<i>Temperatura (°C)</i>	718	821	882	925	986	1029	1090	1133

Tabla 6.1. Equivalencia del tiempo con valores de temperatura*

En la tabla 6.2, se muestra mas detalladamente la Resistencia al Fuego (RF) en minutos para algunos elementos estructurales comunes en los establecimientos de salud.

Elementos estructurales	Resistencia al Fuego (RF) (minutos)
Muro colindante con otro edificio	120
Paredes que separan una habitación de otra	60
Separación de pasillo interno del edificio con las escaleras	120
Puertas de paso a escaleras	60
Puertas de paso a zonas de riesgo especial	60

Tabla 6.2. Resistencia al fuego para elementos constructivos**

* Tomado de la norma UNE 23.727:1990

** Tomado de la norma UNE 23.093:1981

Luego, en la tabla 6.3 se muestra la estabilidad al fuego, exigible en minutos, para los diferentes tipos de construcción.

Tipo de construcción	Sótanos	Plantas		
		Máxima altura de evacuación		
		< 15 m	< 28 m	>= 28 m
Vivienda	EF 30	EF 30	-	-
Administrativo, Docente, Residencial	EF 120	EF 60	EF 90	EF120
Hospitalario	EF 120	EF 90 ¹	EF 120	EF 180

¹ EF 120 en hospitales con más de tres plantas

Tabla No 6.3. Estabilidad al fuego exigible en los elementos estructurales.

*

6.3.1.1.2 Consideraciones Americanas

Las consideraciones Americanas en lo que respecta a las exigencias del comportamiento ante el fuego de un elemento constructivo se definen por la NFPA 220, y se basan en la **combustibilidad y la resistencia del fuego**.

Dicha norma define 5 tipos de construcción, los cuales se identifican primeramente con un número romano (I, II, III, IV, V) seguido de tres números, por ejemplo Tipo I 443, los cuales indican una referencia rápida del promedio de resistencia de fuego. Agregando mas detalle a lo mencionado, se menciona lo siguiente:

- i. **Primer número:** Resistencia al fuego del muro o pared principal.
- ii. **Segundo número:** Resistencia al fuego de columnas, vigas, anclas, soportando paredes de mas de un piso.

* Tomado de NBE-CPI/96, Condiciones de protección contra incendios en los edificios

iii. Tercer número: Resistencia al fuego del suelo

Seguidamente, se definen 5 tipos de construcción normalizados:

- a) TIPO I (443 o 332).** Incluye paredes, columnas, vigas, arcos, pisos, azoteas que son contruidos con materiales no combustibles o con limitación de combustibilidad y que poseen un promedio de la resistencia del fuego, ver tabla No 6.4.
- b) TIPO II (222, 111 o 000).** Es un material que no es calificado como Tipo I. Siempre es no combustible pero con diferente promedio de la resistencia del fuego y aplica a las partes estructurales del Tipo I.
- c) TIPO III (211 o 200).** Paredes exteriores con materiales no combustibles o con limitación de combustibilidad y estructuras interiores que son enteramente o parcialmente de madera con medidas menores a las requeridas por el Tipo IV de construcción.
- d) TIPO IV (2HH).** Paredes internas y externas y otras partes estructurales (vigas, pisos, arcos) que son porciones de paredes con materiales no combustibles o con limitación de combustibilidad. Otros miembros estructurales internos, incluidos: columnas, vigas, arcos, pisos estarán sólidos o laminados con madera sin espacios encubiertos.
- e) TIPO V (111 o 000).** Este tipo de construcción aplica a paredes externas, columnas, vigas, pisos y techos que están enteramente o parcialmente recubiertos con madera o cualquier otro material combustible permitido para este tipo de construcción. La diferencia entre este tipo de construcción y el anterior, es que el material combustible tiene menor promedio de resistencia de fuego para columnas y vigas.

	Tipo I		Tipo II			Tipo III		Tipo IV	Tipo V	
	443	332	222	111	0	211	200	2HH	111	0
Paredes Principales Exteriores										
Soportando mas de un piso, columnas y otras paredes	4	3	2	1	0	2	2	2	1	0
Soportando un piso únicamente	4	3	2	1	0	2	2	2	1	0
Soportando un techo únicamente	4	3	1	1	0	2	2	2	1	0
Paredes Principales Internas										
Soportando mas de un piso, columnas y otras paredes	4	3	2	1	0	1	0	2	1	0
Soportando un piso únicamente	3	2	2	1	0	1	0	1	1	0
Soportando un techo únicamente	3	2	1	1	0	1	0	1	1	0
Columnas										
Soportando mas de un piso, columnas y otras paredes	4	3	2	1	0	1	0	H	1	0
Soportando un piso únicamente	3	2	2	1	0	1	0	H	1	0
Soportando un techo únicamente	3	2	1	1	0	1	0	H	1	0
Vigas horizontales, Arcos										
Soportando mas de un piso, columnas y otras paredes	4	4	4	4	4	4	4	H	1	0
Soportando un piso únicamente	4	4	4	4	4	4	4	H	1	0
Soportando un techo únicamente	4	4	4	4	4	4	4	H	1	0
Construcción del suelo	3	2	2	1	0	1	0	H	1	0
Construcción del piso	2	1 1/2	1	1	0	1	0	H	1	0
Paredes secundarias del exterior	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla No 6.4. Promedio en horas de la resistencia de fuego para los 5 tipos de construcción.*

En la tabla 6.4 se muestra el promedio de resistencia del fuego en horas para los distintos elementos estructurales. La letra "H" significa un tipo de construcción especial (recubrimientos de madera), donde para una pared exterior mayor de 9.1 m requiere de 2 horas de resistencia al fuego, y las vigas, arcos, techos, suelos y pisos requieren no menos de 1 hora. La parte que esta sombreada de morada significa que los materiales combustibles son permitidos.

* Tomado de la norma NFPA 101

En la tabla No 6.5 se pueden observar los tipos de construcción para los establecimientos de salud por pisos. La "X" significa, construcción permitida; mientras que "NP" significa, no permitido.

Tipo de Construcción	Pisos			
	1	2	3	4 o mas
I(443)	X	X	X	X
I(332)	X	X	X	X
II(222)	X	X	X	X
II(111)	X	X	X	NP
II(000)	X	NP	NP	NP
III(211)	X	NP	NP	NP
III(200)	NP	NP	NP	NP
IV(2HH)	X	NP	NP	NP
V(111)	X	NP	NP	NP
V(000)	NP	NP	NP	NP

Tabla No 6.5. Tipos de construcción permitidos para los establecimientos de salud.*

6.3.1.2 Acabados del Interior

Los acabados del interior, se refiere a los materiales que se utilizan para revestir las paredes de un espacio. Estos materiales se clasifican atendiendo a su comportamiento ante el fuego.

6.3.1.2.1 Consideraciones Europeas

Las exigencias de comportamiento ante el fuego de los materiales para los acabados de interior se definen fijando la clase que deben alcanzar conforme a la norma UNE 23 727(Norma española). Estas clases se denominan: M0, M1, M2, M3 y M4.

- a) M0; La clase M0 indica que un material es no combustible ante la acción térmica.

* Tomado de la norma NFPA 101

- b) M1; Un material de clase M1 es combustible pero no inflamable, lo que implica que su combustión no se mantiene cuando cesa la aportación de calor desde un foco exterior.
- c) M2; Material con un grado de inflamabilidad moderada.
- d) M3; Material con un grado de inflamabilidad media.
- e) M4; Material con un grado de inflamabilidad alta.

6.3.1.2.2 Consideraciones Americanas

Las consideraciones Americanas, específicamente las de la NFPA, definen un método de prueba para los elementos de los acabados de interiores. Específicamente, la NFPA 255 (Standard Method of Test of Surface Burning Characteristics of Building Materials), define las pruebas para la clasificación de los materiales, estas, se realizan dentro de una cámara (detallada en la norma) en el cual miden los siguientes parámetros.

a) Extensión de la llama (Flame Spread); Es la propagación de la llama, para un tipo específico de material. El método para obtenerlo se describe a fondo en la norma NFPA 255. Resumiendo el procedimiento, se debe de tener una cámara de ignición, que es donde se prueban los materiales. En ella se inserta el material que se desea probar y se quema. Luego, se miden parámetros como la distancia de la extensión de la llama y el tiempo que se tarda en alcanzar su punto máximo y mínimo. Entonces, se grafican curvas de distancia versus tiempo, las cuales se les calcula el área. Esos valores se comparan con otros conocidos de otros materiales y a partir de esa relación se obtienen diferentes índices que indican el comportamiento de un material ante un incendio. En la tabla 6.6 se observa una división hecha por la misma NFPA para distintos materiales, clasificados según su extensión de la llama.

b) Desarrollo del humo (Smoke Development); El desarrollo del humo es medido parecidamente al caso anterior. Esta prueba se hace en conjunto a la anterior, donde se mide el desarrollo del humo de un tipo de material, graficando un histograma de distancia versus tiempo. A partir de ese histograma se realizan cálculos analíticos y se comparan con datos conocidos de un material para obtener el índice del desarrollo de humo. En la tabla No 6.6 se puede observar que las diferentes clasificaciones tienen un máximo del índice de desarrollo del humo de 450, y esto es, porque en los acabados del interior, la norma hace un exento del criterio del desarrollo del humo.

Clase	Extensión de llama	Desarrollo de humo	Comentarios
A	0 – 25	0 – 450	Incluye cualquier material clasificado a 25 o menos de la escala de extensión de llama y menos de 450 de la escala del desarrollo del humo
B	26-75	0-450	Incluye cualquier material clasificado a mas de 25 y menos de 75 de la escala de extensión de llama y menos de 450 de la escala del desarrollo del humo
C	76 – 200	0-450	Incluye cualquier material clasificado a mas de 75 y menos de 200 de la escala de extensión de llama y menos de 450 de la escala del desarrollo del humo

Tabla 6.6. Clases de acabado interior*

* Tomado de la NFPA 101

6.3.1.3 Compartimentación

La compartimentación, es un método de limitar el incendio y la propagación del humo, usando las características físicas diseñadas para controlar el movimiento del humo mediante la contención pasiva de este dentro del área fuente de humo. Es decir, uso de paredes divisorias resistentes al fuego. La superficie construida que puede llegar a tener un sector, abarcando uno o varios niveles o plantas, determina la máxima dimensión y severidad que puede alcanzar un incendio plenamente desarrollado, sin que se propague a otros sectores y sin que provoque el colapso estructural del edificio.

Las plantas en las que existan zonas de hospitalización o unidades especiales (quirófanos, UCI, etc.) estarán compartimentadas al menos en dos sectores de incendio. Cada sector deberá contar con una superficie suficiente para albergar a los ocupantes de otros sectores colindantes cuya evacuación esté prevista hacia el sector considerado.

Los sectores que contengan zonas de hospitalización o unidades especiales sólo podrán contener dichos usos y su superficie construida no podrá exceder de 1,000 m².

Con esto se pretende que en el mismo nivel exista la posibilidad de pasar a otro sector distinto de aquel en el que se ha producido el incendio, y se pueda proceder a la posterior evacuación ordenada, si fuera necesario.

Se recomienda tener como sectores de incendio a:

- a) El núcleo central de comunicaciones verticales (el espacio común entre plantas, donde llegan los ascensores) de una planta apoyados con una o más unidades de enfermería. En los establecimientos de salud horizontales, es necesario definir

espacios lo suficientemente amplios, como salas de espera o lugares próximos a estaciones de enfermeras.

b) Las salidas de emergencia.

Las zonas destinadas a apoyo de diagnóstico y las destinadas a tratamientos que no requieran hospitalización, estarán compartimentadas en sectores de incendio cuya superficie construida, en uno o más niveles, sea menor que 1.500 m².

6.3.2 Medios de evacuación

Los medios de evacuación, son aquellos sitios que se involucran en el flujo de evacuación de personas.

Cada medio de evacuación debe de ser contemplado por el diseñador, ya que, de ello depende la seguridad de las personas que se encuentran en un establecimiento.

6.3.2.1 Definición de los medios de evacuación

Los medios de evacuación son espacios que se diseñan con el objeto de orientar los flujos hacia una salida del establecimiento. Por lo que, en los siguientes puntos, se definen los espacios, salidas, puertas, pasillos, escaleras, rampas, señalización e iluminación necesarios a incluir en un diseño.

6.3.2.1.1 Espacios

Los espacios en los medios de evacuación, se refieren a todos aquellos componentes físicos que se involucran en una evacuación. Estos, pueden cumplir con una doble finalidad: la evacuación como se menciono anteriormente y la protección de las personas que se les dificulte la evacuación. Entre ellos se pueden mencionar:

- a) Espacio previo o de transición. Es el espacio que se usa para la circulación. Estos, tendrán comunicación directa con espacios generales de circulación, ascensores, etc.

En la figura No 6.1 se muestra un espacio previo a las gradas de evacuación, el cual interconecta dos pasillos. La distancia entre las dos puertas que deben atravesarse consecutivamente en la evacuación será de 4 m como mínimo. La separación pretende evitar que en el traslado de camas o camillas ambas puertas permanezcan abiertas.

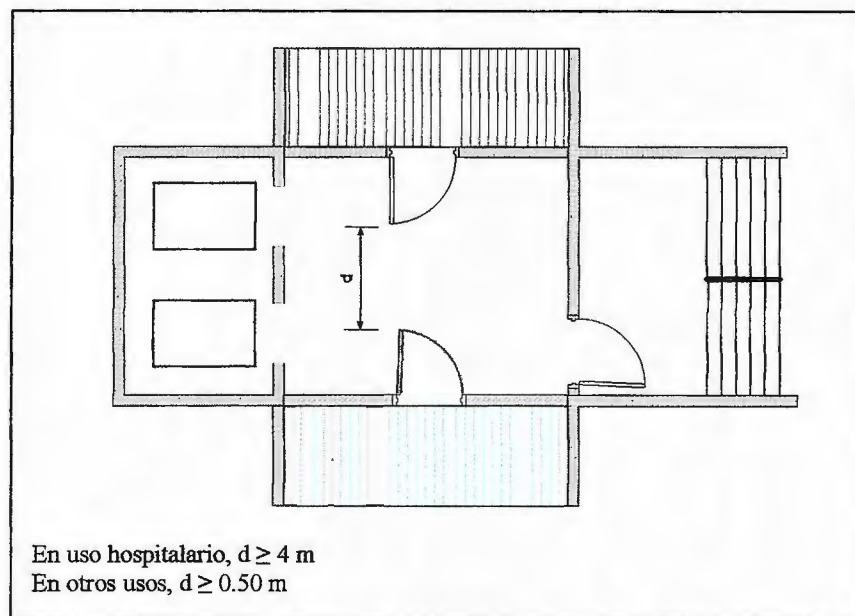


Figura No 6.1 Ejemplo de espacio previo

- b) Mesetas intermedias. Se le llama mesetas intermedias a los espacios que se encuentran entre las terminaciones de las gradas y que producen cambios de dirección de 180° . Estos espacios tendrán una anchura de 2 metros como mínimo.

6.3.2.1.2 Salidas

Las salidas son espacios por los cuales las personas ocupantes de un establecimiento pueden evacuarlo. Se distinguen tres tipos de salidas:

a) Salidas de servicios

Los servicios cuya superficie exceda de 90 m² contruidos y se utilicen como habitaciones de pacientes hospitalizados, contarán al menos con dos salidas alternativas hacia un pasillo principal de evacuación.

Si dicho servicio no excede los 90 m² contruidos, es aceptable que tenga una salida directa a dicho pasillo, y además se admite que dichas salidas puedan comunicar con otras salas intermedias que no sean locales de riesgo especial.

Las salidas que contienen puertas de los servicios de hospitalización deben estar cerradas o con un sistema automático de abertura y cierre.

Esto es de utilidad, ya que en el momento de una emergencia las puertas de la habitación formarían parte de la barrera de humo^o. A menudo, quirófanos, UCI's y las puertas de áreas de recuperación, son puertas de doble hoja que no se enllavan normalmente. Estas puertas deben poderse enllavar cuando una alarma se active.

Las condiciones de movilidad de los pacientes dificultan la evacuación e incrementan los riesgos que pueden derivarse del bloqueo de una escalera o de sus accesos en caso de incendio. Por tanto, con esto se pretende que en cualquier caso exista una alternativa a la evacuación.

b) Salidas de planta o piso.

Las plantas con hospitalización o tratamiento intensivo deberán disponer, al menos, de dos salidas situadas de forma tal que la longitud del recorrido desde todo origen de evacuación hasta alguna de ellas sea menor que 30 m y la del recorrido hasta algún punto del que partan dos recorridos alternativos hacia las salidas sea menor que 15 m.

c) Salida del edificio.

La salida del edificio es una puerta que da salida a un espacio exterior seguro con superficie suficiente para contener los ocupantes del edificio a razón de 0.50 m^2 por persona, dentro de una zona delimitada con un radio de distancia de salida $0.1 P \text{ (m)}$, siendo P el número total de ocupantes.

En la figura No 6.2 se muestra un ejemplo de lo antes mencionado, y además se muestra otro caso en el cual, el espacio exterior no está comunicado con otros espacios abiertos. En este caso será preciso calcular la superficie necesaria dentro del radio de distancia antes citado, pero no podrá considerarse ninguna zona situada a menos de 15 m del edificio.

También se muestra otro caso en la figura No 6.2, donde la puerta de salida del edificio, no tiene la superficie suficiente para contener a los ocupantes. Por lo tanto, se puede considerar dicho pasillo como salida de edificio si la longitud del recorrido desde la salida principal hasta el espacio seguro exterior es menor de 50 m.

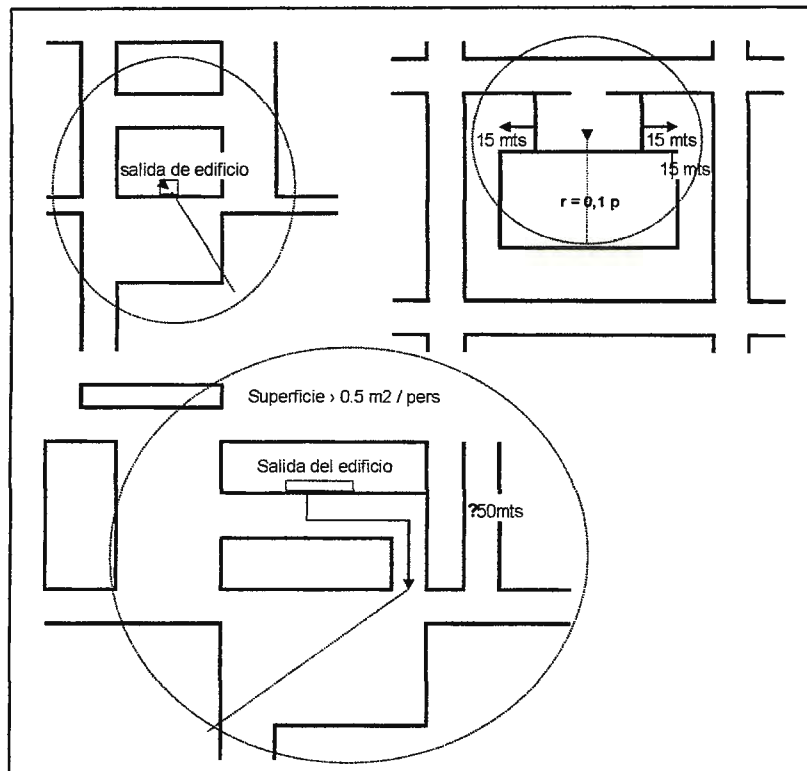


Figura No 6.2 Salidas de edificio

6.3.2.1.3 Puertas

Las salidas que contienen puertas de los servicios de hospitalización deben estar cerradas o con un sistema automático de abertura y cierre.

También, es permitido que dichas salidas tengan puertas abatibles con una ventana a la altura de la vista de al menos $0,05 \text{ m}^2$.

Las puertas de apertura automática dispondrán de un sistema tal, que en caso de fallo (mecánico o de energía) esta se abra e impida que se cierre.

Al momento de una emergencia las puertas de la habitación formarían parte de la barrera de humo. A menudo, quirófanos, UCI's y las puertas de áreas de recuperación, son puertas de doble hoja que no se enllavan normalmente. Estas puertas deben poderse enllavar cuando una alarma se active.

Las condiciones de movilidad de los pacientes dificultan la evacuación e incrementan los riesgos que pueden derivarse del bloqueo de una escalera o de sus accesos en caso de incendio. Por tanto, con esto se pretende que en cualquier caso exista una alternativa a la evacuación.

Las anchuras mínimas y las máximas de puertas de los elementos de evacuación que sirvan a zonas de hospitalización, a tratamientos intensivos o a áreas de apoyo de diagnóstico, será de 1,05 m, como mínimo, mientras que la anchura de cada hoja será 1,20 m, como máximo, como se observa en la Figura No 6.3.

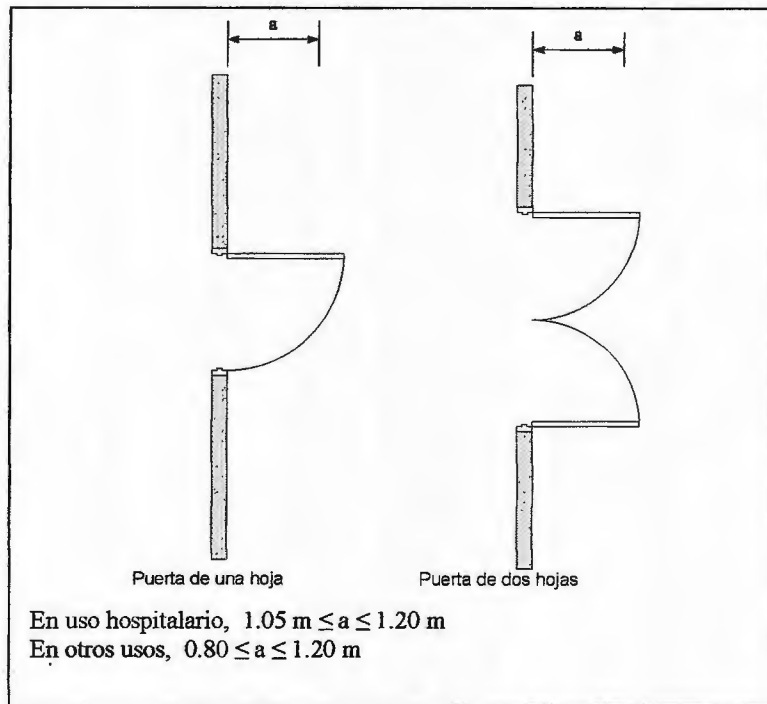


Figura No 6.3. Anchuras mínimas y máximas de puertas

6.3.2.1.4 Pasillos

Un pasillo es un sitio de paso, con determinadas dimensiones de anchura, longitud, climatización, etc. Según sea su utilidad en un edificio.

En los medios de egreso, se pueden definir los siguientes pasillos:

- a) Pasillo normal. Es un pasillo que no tiene una protección especial contra incendios, y su uso puede ser destinado a cualquier tipo de paso entre los diferentes espacios de un establecimiento de salud.
- b) Pasillo protegido. Un pasillo protegido es considerado un recorrido de evacuación. Este tiene que cumplir una serie de requisitos, los cuales se enlistan a continuación:
 - i. Estos recorridos carecerán de obstáculos, aunque en ellos podrán existir elementos salientes localizados en las paredes, tales como soportes, ductos o elementos fijos de equipamiento, siempre que, salvo en el caso de extintores, se respete la anchura libre máxima establecida de 10 cm. No obstante es recomendable disponer los extintores en los ángulos muertos de los pasillos.

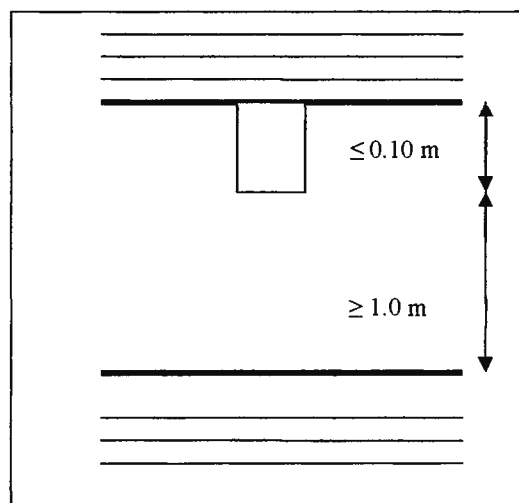


Figura No 6.4. Elemento saliente en un pasillo

- ii. Las paredes que delimitan dichos pasillos, tanto interiores como abiertos al exterior, serán como mínimo RF-120. Además se debe de tener un revestimiento de suelos con un material tipo M 2 y las paredes y techos con M 1.

- iii. La anchura libre mínima de los pasillos previstos como recorrido de evacuación será 2.20 m, como mínimo, excepto el paso a través de puertas, que podrá ser 2.10 m. El incremento en las dimensiones mínimas de los elementos de evacuación proviene de la necesidad de desplazar camas o camillas.
En las zonas no destinadas a pacientes internos o externos, como por ejemplo las de uso Administrativo y de dirección, la anchura de los pasillo de evacuación será 1.10 m, como mínimo.
- iv. Los pasillos protegidos tendrán ventanas abiertas al exterior o a un patio interior. Estas, deben de estar situadas, como mínimo, a un distancia horizontal de 1.5 m. Además, la superficie de cada una de ellas no podrá ser menor de $0.2 L m^2$, siendo L la longitud del pasillo en m.
- v. Cuando no sea posible realizar la ventilación directa de los pasillos mediante ventanas o huecos, dicha ventilación podrá llevarse a cabo mediante conductos independientes de entrada y de salida de aire, dispuestos exclusivamente para esta función. Estos conductos deben cumplir las condiciones siguientes:
 - a) La superficie de la sección útil total será $50 cm^2$ por cada m^3 del pasillo, tanto para la entrada como para la salida de aire.
 - b) Tal como se observa en la Figura No 6.5, Las rejillas de entrada de aire estarán situadas a una altura, con respecto al suelo menor que 1 m y las de salida, situadas a una altura mayor que 1,80 m. La distancia entre cada una de ellas será de 10 m como máximo.
 - c) La protección de las escaleras y de los pasillos frente a los humos también puede conseguirse manteniéndolos

en sobrepresión con respecto a los espacios con los que están comunicados, mediante los oportunos sistemas mecánicos de extracción o impulsión de aire.

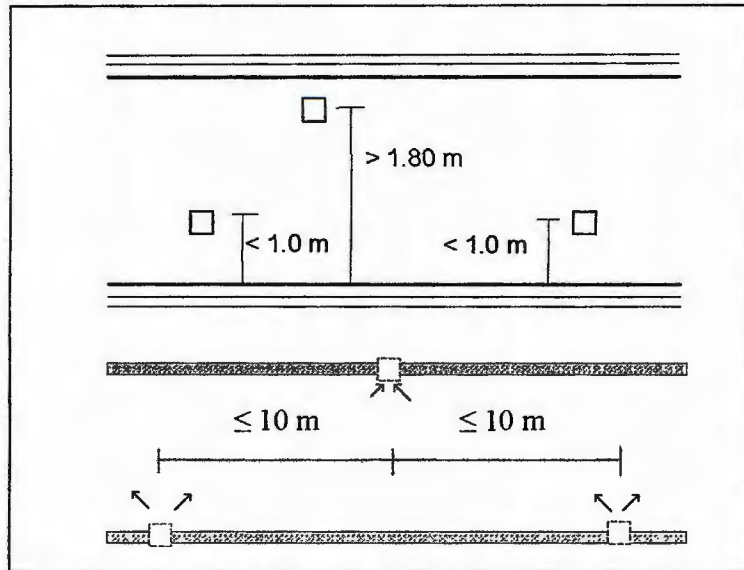


Figura No 6.5. Ubicación de ventanas con respecto al suelo y distancias recomendadas entre extractores y ventiladores.

- vi. La anchura libre mínima de los pasillos previstos como recorrido de evacuación será 2,20 m, como mínimo, excepto el paso a través de puertas, que podrá ser 2,10 m. El incremento en las dimensiones mínimas de los elementos de evacuación proviene de la necesidad de desplazar camas o camillas.

En las zonas no destinadas a pacientes internos o externos, como por ejemplo las de uso Administrativo y de dirección, la anchura de los pasillos de evacuación será 1,10 m, como mínimo.

- vii. La protección de los pasillos frente a los humos también puede conseguirse manteniéndolos en sobrepresión con respecto a los espacios con los que están comunicados, mediante los oportunos sistemas mecánicos de extracción o impulsión de aire. Esto se explica mas adelante.

6.3.2.1.5 Escaleras

Las escaleras son otro punto importante para los medios de evacuación, ya que ellas constituyen un medio para llegar a la salida principal.

Las escaleras de establecimientos de salud poseen las siguientes características generales:

- a) Altura máxima de 2.50 m y 3 peldaños como tramo mínimo, tal como se observa en la Figura No 6.6.

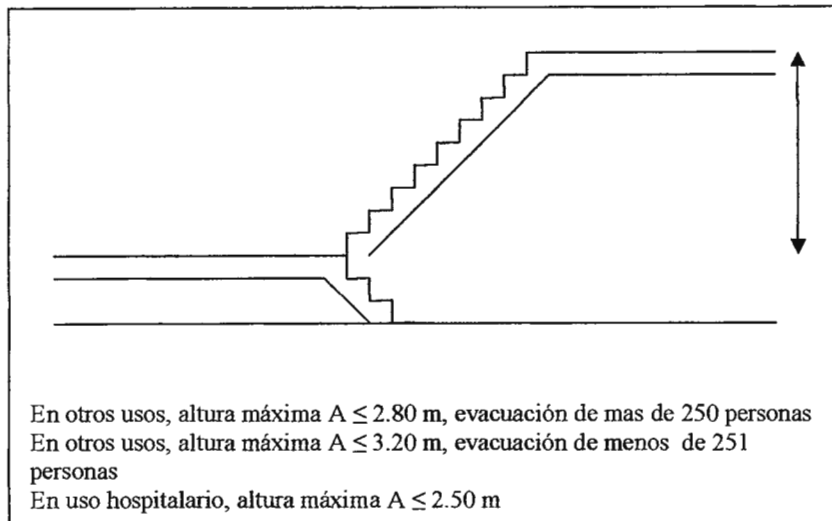


Figura No 6.6. Altura máxima de escaleras

- b) La anchura mínima de las escaleras debe de ser de 0.80 m
- c) La profundidad de las mesetas en las que se produzcan cambios de dirección de 180° , medida en la dirección del eje de los tramos, será 2 m, como mínimo.
- d) No se permiten escaleras con trazo curvo
- e) La relación c/h (dimensión contrahuella / dimensión de la huella) será constante a lo largo de toda la escalera y cumplirá con la siguiente relación: $60 \leq 2C + H$.

Donde:

C: Contra huella. Estará comprendida entre 13 y 18.5 cm

H: Huella. Será como mínimo 28 cm

El número 60 en la relación, indica el perímetro en centímetros de un escalón.

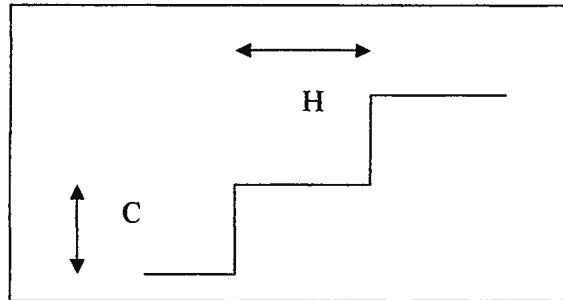


Figura No 6.7. Longitud de Huella y contrahuella

- f) Se tendrán pasamanos al menos de un lado de la escalera y en ambos cuando su anchura sea igual o mayor que 1.20 m. Cuando la escalera sobrepase la anchura de 2.4 m, se dispondrán pasamanos intermedios

En el contexto de evacuación de los establecimientos de salud, se incluye otros dos conceptos en lo que respecta a las consideraciones de protección que brindan las escaleras. Estos son:

a) Escalera Protegida

Se le llama escalera protegida a todas aquellas escaleras, para la evacuación descendente, en donde la altura de evacuación sea menos de 14 m. Los requisitos para este tipo de escaleras, sumados los requisitos generales anteriormente dichos, se muestran a continuación:

- i) Serán de uso exclusivo para circulación y todo acceso a ellos se realizará a través de puertas resistentes al fuego.

- ii) Las escaleras podrán tener, como máximo, dos puertas de acceso en cada planta, que deberán comunicar con espacios de circulación.
- iii) Los puntos mencionados de ventilación, en el apartado de los pasillos, aplican para las escaleras protegidas.
- iv) Anchura de 1.20 m, como mínimo. Si los recorridos por ella obligan a giros de 90° o 180 °, la anchura será 1,40 m, como mínimo.

b) Escalera Especialmente protegida

Se le llama escaleras especialmente protegidas a aquellas cuya altura de evacuación sea mayor que 14 m.

Estas escaleras cumplirán las condiciones establecidas para las protegidas y el acceso a ellas en cada planta se realizará por dos puertas, como máximo, cada una de ellas comunicada con un espacio previo diferente.

c) Escaleras de incendio

En obras de remodelación o ampliación, en las que la disposición de escaleras de las características señaladas anteriormente presente especial dificultad, podrán sustituirse por escaleras de incendios situadas en el exterior, que cumplan las condiciones siguientes:

- i) Su anchura será como mínimo de 0.80 m.
- ii) Tendrán una contrahuella de 20 cm, como máximo, y una huella de 21 cm, como mínimo.
- iii) Contarán con defensas y barandillas adecuadas, en función de la altura de evacuación. Para evitar la sensación de vértigo que puede producirse en estas escaleras exteriores.

- iv) Los accesos a la escalera estarán situados en espacios comunes y debidamente señalizados. Excepcionalmente, el tramo final podrá estar resuelto mediante un sistema basculante o desplegable de fácil manejo.

Los medios de evacuación no prohíbe la existencia de escaleras de incendio. Pero es deseable que en los establecimientos de salud, tanto en las nuevas construcciones, como las de remodelación o ampliación, las condiciones de evacuación se cumplan mediante escaleras normales (protegidas y especialmente protegidas) y no mediante las de incendio, cuyas exigencias son menos rigurosas.

6.3.2.1.6 Rampas

Las rampas previstas como recorrido de evacuación son parte de los pasillos. A efectos de dimensionamiento de su anchura y de determinación de las condiciones constructivas que le son aplicables, se considera lo siguiente:

- a) Su pendiente no será mayor que el 12% cuando su longitud sea menor que 3 m.
- b) Su pendiente no será mayor que el 10% cuando su longitud sea menor que 10 m
- c) Su pendiente no será mayor que el 8% en el resto de los casos.

6.3.2.1.7 Señalización e iluminación

El número de señales y la cantidad de iluminación adecuada, es imprescindible para que los medios de evacuación sean utilizados adecuadamente. Un número excesivo de señales puede confundir a los ocupantes.

Es necesario disponer señales visuales, que indiquen el camino de las rutas a seguir desde el origen de evacuación hasta el punto donde sea directamente visible la salida o la señal que la indica. Entre los espacios donde se ubican estas señales tenemos:

corredores, auditoriums, comedores, etc. En los espacios donde no se requiere la señalización, son aquellos que no son accesibles al público: Espacios individuales de oficina, closets (ropa, utensilios), cuartos normalmente sin ocupar ($\leq 30 \text{ m}^2$), cuartos de almacenamiento normalmente sin ocupar en donde no hay actividades diferentes a las almacenar.

Con respecto a la iluminación, se contará con una instalación de alumbrado de emergencia en las siguientes áreas:

- a) Todos los espacios cuya ocupación sea mayor que 100 personas.
- b) Los recorridos generales de evacuación.
- c) Todas las escaleras y pasillos protegidos
- d) Todos los espacios previos y todas las escaleras de incendios.
- e) Los estacionamientos para más de 5 vehículos, incluidos los pasillos y las escaleras que conduzcan desde aquellos hasta el exterior o hasta las zonas generales del edificio.

Dicha instalación será fija en cada una de las áreas, y estará provista de fuente propia de energía y debe entrar automáticamente en funcionamiento al producirse un fallo de alimentación de la instalación de alumbrado normal, entendiéndose por fallo el descenso de la tensión de alimentación por debajo del 70% de su valor nominal. La instalación cumplirá las condiciones de servicio que se indican a continuación:

- a) Duración de 1 hora, como mínimo, a partir del instante en que tenga lugar el fallo.
- b) Proporcionará una iluminación de 1 lux, como mínimo, en el nivel del suelo de los recorridos de evacuación.
- c) En los puntos en los que estén situados los equipos de protección contra incendios que exijan utilización manual y en

los paneles de distribución del alumbrado, la iluminación será 5 lux como mínimo.

- d) La uniformidad de la iluminación proporcionada en los distintos puntos de cada zona será tal que el cociente entre la iluminación máxima y la mínima sea menor que 40.
- e) Los niveles de iluminación establecidos deben obtenerse considerando nulo el factor de reflexión sobre paredes y techos y contemplando un factor de mantenimiento que englobe la reducción del rendimiento luminoso debido a la suciedad de las luminarias y al envejecimiento de las lámparas.

Para cumplir lo anterior, se puede aplicar la siguiente regla práctica en la distribución de las luminarias:

- a) 5 lúmenes/m²
- b) Separación de las luminarias 4h, siendo h la altura a la que estén instaladas las luminarias, comprendida entre 2,00 m y 2,50 m.

En las zonas de hospitalización y en las de tratamiento intensivo, la instalación de alumbrado de emergencia proporcionará una iluminancia no menor que 5 luxes, durante 2 h, como mínimo, a partir del momento en que se produzca el fallo de alimentación a la instalación de alumbrado normal.

6.3.2.2 Asignación de ocupantes a escaleras de evacuación

En los establecimientos de salud que tienen más de un piso o planta, es necesario considerar el número de ocupantes asignados a una escalera de evacuación, ya que al momento de una emergencia, se considera lo siguiente:

- a) Todos los ocupantes pueden traspasar una salida en un tiempo máximo de 2.5 min.

b) En escaleras protegidas pueden albergarse 3 personas por m², teniendo en cuenta que al mismo tiempo circulan y abandonan la escalera otros ocupantes.

Considerando lo anterior, se establece lo siguiente:

a) Escaleras no protegidas

$$A = P/160$$

En escaleras previstas para evacuación descendente.

$$A = P / (160-10h)$$

En escaleras previstas para evacuación ascendente.

Donde:

A: Es la anchura de la escalera, en m;

P: Es el número total de ocupantes asignados a la escalera en el conjunto de todas las plantas situadas por encima del tramo considerado, cuando la evacuación en dicho tramo esté prevista en sentido descendente, o por debajo, cuando esté prevista en sentido ascendente;

H: Es la altura de evacuación ascendente en m.

El número 160 en ambas ecuaciones indica un valor de ocupantes mínimo por piso.

b) Escaleras protegidas

$$P < 3 S + 160 A$$

Donde:

P: Es la suma de los ocupantes asignados a la escalera en la planta considerada más los de las situadas por debajo o por encima de ella hasta la planta de salida del edificio, según se trate de una escalera para evacuación descendente o ascendente, respectivamente.

S: Es la superficie útil del espacio de la escalera en m². Esta

A: superficie es la multiplicación del ancho de las escaleras por

su profundidad, incluyendo los tramos o mesetas intermedias.
Es la anchura de la escalera en m.

La tabla No 6.7, indica los valores que se obtienen por aplicación de lo antes mencionado.

Lo que se indican para las escaleras protegidas son válidos cuando su anchura sea constante en todas las plantas y las dimensiones de las mesetas intermedias sean las necesarias en función de dicha anchura. Por ejemplo, para la anchura de escalera de 1m, corresponde una ocupación de 352 personas, si el edificio es de 6 pisos.

Anchura de la escalera (m)	Escaleras no protegidas			Escaleras protegidas					
	Evacuación Ascendente Altura de evacuación		Descendente	Evacuación descendente o ascendente No de plantas:					
	6m	3m		2	4	6	8	10	Por cada planta más
1.00	100	130	160	224	288	352	416	480	+32
1.10	110	143	176	248	320	392	464	536	+36
1.20	120	156	192	274	356	438	520	602	+41
1.30	130	169	208	302	396	490	584	678	+47
1.40	140	182	224	328	432	536	640	744	+52
1.50	150	195	240	356	472	588	704	820	+58
1.60	160	208	256	384	512	640	768	896	+64
1.70	170	221	272	414	556	698	840	982	+71
1.80	180	234	288	442	596	750	904	1058	+77
1.90	190	247	304	472	640	808	976	1144	+84
2.00	200	260	320	504	688	872	1056	1240	+92
2.10	210	273	336	534	732	930	1128	1326	+99
2.20	220	286	352	566	780	994	1208	1422	+107
2.30	230	299	368	598	828	1058	1288	1518	+115
2.40	240	312	384	630	876	1122	1368	1614	+123

Tabla No 6.7. Asignación de ocupantes por escalera*

* Tomado de NBE-CPI/96, Condiciones de protección contra incendios en los edificios.

6.3.3 Sistema de control de humo

El sistema de control del humo incluye las características de construcción, equipamiento y métodos para controlar el movimiento de este a través de los espacios de un establecimiento de salud.

Las características de construcción son los tipos de materiales que se ocupan en lo estructural y los acabados del interior, así como los criterios estructurales arquitectónicos de los diferentes espacios.

El equipamiento del sistema de control de humo, incluye elementos como: ventiladores, ventanas, compuertas accionadas automáticamente, y detectores de humo^o.

Los métodos son esquemas de diseño tal como la compartimentación, y la evacuación del humo. La evacuación del humo es un sistema diseñado para controlar el movimiento del humo mediante la liberación de este, bajo su propia presión, al exterior.

El control de humo usa equipamientos (ejemplo: ventiladores, conductos, dampers, detectores de humo) diseñados para controlar el movimiento del humo por medio activo y por medio mecánico creando presiones diferenciales en los diferentes espacios.

De acuerdo a la NFPA 92 A (Norma para la práctica de los sistemas de control de humo), los propósitos de los sistemas de control de humo incluyen:

1. Impedir que el humo entre a los medios de evacuación, escaleras, áreas de refugio, espacios de ascensores o áreas similares (manteniendo un medio sostenible durante un tiempo determinado para las evacuaciones).

2. Impedir la migración del humo fuera del espacio donde se ha originado el incendio.
3. Proteger la vida y reducir el daño a la propiedad.

Los sistemas de control de humo pueden ser estáticos o dinámicos.

El sistema de control de humo estático, es aquel que actúa deteniendo los ventiladores que se encuentran en el área fuente, resultando una simple división del control del movimiento del humo (un básico método de manejo del humo).

El sistema de control de humo dinámico, es aquel que mantiene a todos o solo a unos cuantos ventiladores operando en modo normal o especial. De esta manera, se crean espacios presurizados en escenarios específicos para controlar el movimiento del humo. Esto se realiza, utilizando ciertos ventiladores para extraer el humo, y otros exclusivamente para proveer aire presurizado limpio, o realizando una función mixta a la vez.

Piso 10	Normal
Piso 9	Normal
Piso 8	Normal
Piso 7	Normal
Piso 6	Positivo (+)
Piso 5	Positivo (+)
Piso 4	Negativo – piso incendiado
Piso 3	Positivo (+)
Piso 2	Normal
Piso 1	Normal

Tabla No 6.8 Sistema de control de humo zonificado

Los sistemas de control de humo dinámicos son aplicados en colaboración con las barreras de humo. Entre las barreras de humo que se utilizan, están: escapes en atrios, escalera presurizada, presurización de huecos de

ascensores, presurización de áreas de refugio y sistemas de presurización zonificados.

En la tabla No 6.8, se muestra un sistema de control de humo dinámico, donde al piso incendiado se le extrae el humo, mientras que uno o dos pisos arriba y uno abajo son presurizados positivamente. En este ejemplo, otros parámetros deben ser considerados: escapes en atrios, escalera presurizada, manejadores de aire, presurización de espacios en los ascensores. De esta forma se logra que el humo generado por el incendio se evacue y a medida pasa el tiempo, el aire limpio lo sustituye.

En los establecimientos de salud, es aconsejable diseñar un sistema de control de humo dinámico, que permita la protección de las personas en aquellas áreas más críticas del cuidado de la salud.

6.3.3.1 Obturadores de humo (dampers)

Los obturadores de humo, son dispositivos que se utilizan para restringir la expansión del humo a través de los ductos de aire. Generalmente, estos dispositivos son accionados en base a un sistema de ingeniería de control de humo que funciona automáticamente. En la Figura No 6.8 se muestra un ejemplo de obturador de humo.

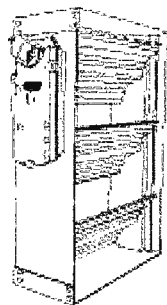


Figura No 6.8. Obturador de humo

6.3.3.2 Aberturas en los pisos y las barreras de humo

Las tuberías, conductos, cables, alambres, conductos neumáticos, y el equipo similar del servicio del edificio que pasan a través de pisos y barreras del humo serán protegidos de la siguiente manera:

- i. Será llenada de un material que sea capaz de mantener la resistencia del humo de la barrera del humo.
- ii. Será protegido por un dispositivo aprobado que se diseñe para el propósito específico.



Figura 6.9. Ejemplo de una barrera de humo. Una canaleta con cables de comunicación atraviesa una pared de una instalación de salud.

6.3.4 Sistema de detección y alarma

El sistema de detección, es aquel que hace posible la transmisión de una señal (automáticamente generada mediante detectores o manualmente mediante pulsadores) desde el lugar en que se produce el incendio hasta una central vigilada, así como la posterior retransmisión de la alarma desde dicha central a los ocupantes.



Figura No. 6.10. Estación manual. En la imagen se muestra un dispositivo típico, que al activarse notifica inmediatamente de la existencia de un incendio.

Las instalaciones de detección, deben incluirse en los establecimientos de salud y áreas administrativas, si la superficie en el último es mayor que 2,000 m².

En los establecimientos de salud, las instalaciones deben cumplir con lo siguiente:

- i. Se instalarán pulsadores manuales en los pasillos, en las zonas de circulación, en el interior de los locales destinados a tratamiento intensivo y en los locales de riesgo alto y medio.
- ii. Se dispondrán detectores de humo en las zonas de hospitalización.
- iii. Se instalarán detectores adecuados a la clase de fuego previsible, en el interior de todos los locales de riesgo especial.

En el sistema de alarma, el propósito primario es notificar de la emergencia a la gente apropiada e iniciar la respuesta adecuada.

El propósito secundario es iniciar las funciones para la protección del establecimiento de salud.

La tabla No 6.9 muestra la operación típica de los sistemas de detección y alarma. Una tabla similar debe ser dada por el diseñador cuando se realicen diseños de sistemas de detección y alarma, en donde se indique la operación específica de cada uno de los componentes de las instalaciones.

Salida Dispositivo Entrada	1. Hacer sonar el alarma en el servicio o área y Notificar al staff de salud para la respuesta adecuada	2. Notificar a los bomberos	3. Iniciar la señal de supervisión para la inmediata respuesta	4. Cerrar las barreras de humo (puertas) del piso	5. Cerrar los obturadores (dampers)	6. Apagar el sistema de aire acondicionada	7. Relinicializar los elevadores	8. Apagar los reductores y desconectarlos de la red	9. Abrir las puertas enllavadas de evacuación
Detector de Humo en Ducto*	X		X		X	X			
Detector de Humo en Servicio*	X	X							X
Detector de humo de Puerta de escape*	X	X		X	X				X
Detector de humo del ascensor*	X	X					X		
Estación manual de activación contra incendios	X	X		X					X
Detector de calor en cuarto de maquinas	X	X						X	
Flujo de agua en rociadores / Switch de presión	X	X		X					X
Bomba contra incendio (cualquier condición de alarma)			X						
Presión alta / baja, Sistema de rociador húmedo			X						
Alarmas de temperatura en el cuarto donde esta la válvula de las tuberías del sistema de rociadores húmedo			X						
Nivel bajo de agua en el tanque de almacenamiento			X						
Temperatura baja en el tanque de almacenamiento de agua			X						

* En la NFPA 101 no se requieren algunos de estos detectores para notificar a los ocupantes del establecimiento, pero como propuesta es necesario incluirlos. Esta tabla es tomada del Manual de protección contra incendios de los Veteranos Estadounidenses.

Tabla 6.9. Matriz de entrada / salida de las instalaciones de detección y alarma

En la tabla No 6.9 muestra las diferentes entradas, que son las activaciones detectores, switches, activadores, etc. Mientras que las salidas son acciones operativas u automáticas.

La descripción de cada una de las acciones, se describe a continuación:

- a) Hacer sonar el alarma de servicio o área para notificar al staff de salud la respuesta adecuada. Una señal audible debe hacerse **sonar únicamente en el servicio donde se ha iniciado el incendio**, esta puede ser activada automáticamente por la instalación de detección o por estaciones manuales (pull stations). En áreas de tratamiento psiquiátrico o centros de atención infantil es necesario incluir cobertores especiales para las estaciones manuales.

Según la NFPA 72, esta debe ser una señal triple de alarma temporal y a la vez se deben activar los dispositivos de luz visible (luz estroboscópica).

La señal triple de alarma temporal consiste en un sonido que dura 4 segundos por ciclo, en donde cada 0.5 segundos se escuchan un sonido y luego no se oye sonido por 1.5 segundos para volver a comenzar de nuevo. Esto se puede observar en la figura No 6.11

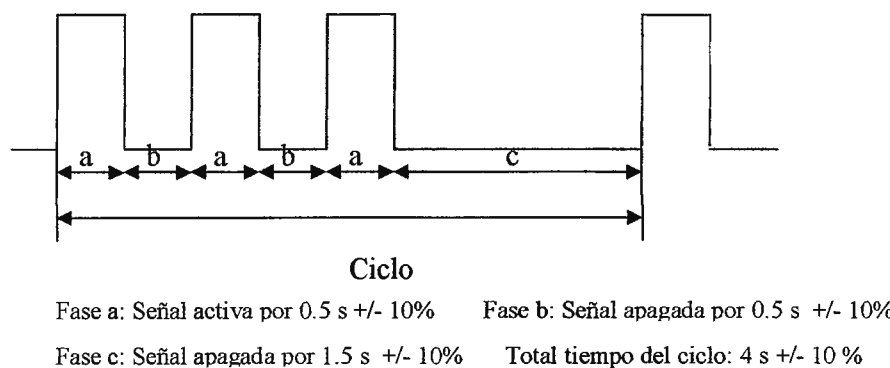


Figura No 6.11 Señal triple de alarma temporal

Los dispositivos de luz, con frecuencia menor a 1 Hz, deben ser ubicados en: espacios sujetos a ruidos, como cuartos con equipos mecánicos; cabinas audiométricas; áreas de acceso público (corredores, auditorios, cafeterías, etc.); escaleras de evacuación y elevadores. No es permitido ubicarlas dentro de áreas críticas, cuartos de cirugía o dormitorios de paciente. Además, no ubicarlas donde su presencia interfiera con el tratamiento de un paciente (como las áreas psiquiátricas).

El sistema de alarma enviara un mensaje de voz al resto del edificio y a otros edificios, si es necesario, para notificar sobre el incendio en un servicio específico.

Subsecuentemente a la alarma inicial, la activación en diferentes zonas iniciara la señal triple de alarma temporal, seguido de un nuevo mensaje de voz. Esto último es a lo que no se quiere llegar, ya que se espera que el personal del servicio donde se origino el incendio respondió y tomo el control adecuado de la situación de incendio antes que los otros dispositivos sean activados.

Las señales audibles y visuales deben ser programadas para continuar operando por 5 minutos o hasta que el sistema sea apagado por el operador. La señal estroboscópica es activada únicamente en la zona de la alarma y no en las zonas donde el mensaje de voz es usado.

El mensaje de voz es precedido por un tono de alerta. No menos de 3 secuencias del mensaje de voz. Ejemplo: alerta de tono, Código rojo – Primera planta – Código rojo – primera planta – código rojo – primera planta.

La voz manual del sistema será anulado teniendo únicamente mensajes automáticos. De esta manera, en el área donde se origina el fuego la respuesta del personal será mas rápido, porque no tendrán que interpretar el mensaje, solo se guiaran por la luz estroboscópica y la señal triple de alarma temporal. Esto también aplica si el área (una planta) donde se origina el fuego es conformada por varias áreas o servicios, incluso las que no son del cuidado de la salud.

Los altavoces serán instalados para que puedan ser oídos y entendidos claramente por el personal bajo condiciones de trabajo normal. Una regla práctica para la disposición de altavoces es instalarlos cada 7 m a 9 m y no esperar que sean oídos claramente a través de más de una pared.

Es necesario tomar en cuenta que se pueden ubicar altavoces en las áreas críticas, pero no en los cuartos de cirugía. En estos últimos, hay que asegurarse que la señal triple temporal pueda ser oída dentro de estos

La notificación al personal de salud, es para que siga un protocolo adecuado para proteger en el lugar a los ocupantes del establecimiento.

Para implementar el sistema de notificación, es necesario considerar lo siguiente:

En los establecimientos de salud, un número adecuado, como mínimo, es considerado que sea 1 miembro de staff por cada 2 pacientes no ambulatorios con una zona de humo en establecimientos que no están completamente protegidos con el sistema de rociadores, y 1 miembro de staff por cada 4 pacientes no ambulatorios para establecimientos con rociadores en todas las áreas requeridas. Los pacientes no ambulatorios son considerados incapaces de tomar acción para salvarse ellos mismos ante una emergencia.

Los pacientes son considerados con la necesidad de ayuda para su evacuación, por lo que una evacuación por ellos mismo es considerado un último esfuerzo.

La adecuada protección de pacientes es el resultado de la efectiva respuesta del personal de salud, por lo que, las responsabilidades para el personal de salud incluyen:

- i) Evacuar o reubicar a los ocupantes directamente incluidos en la emergencia del incendio.
 - ii) Transmitir la señal de alarma de incendio para alertar a las otras plantas u edificios cercanos.
 - iii) Recluir los efectos del fuego y del humo, cerrando las puertas (barreras de humo / fuego) para aislar otras áreas donde se encuentran pacientes.
- b) Notificar a los bomberos.
- La notificación a los bomberos significa el alertar sobre un posible incendio dentro del establecimiento de salud. La respuesta de estos debe de ser inmediata, acudiendo al lugar para realizar una labor de inspección y correctiva, si es necesario.

- c) Iniciar la señal de supervisión para la respuesta inmediata

La supervisión de los parámetros medibles de las instalaciones contra incendios, requiere una respuesta inmediata. Al momento que los dispositivos de entrada se activan, tal como se muestra en la tabla No 6.9, el personal de mantenimiento debe de trasladarse al lugar para verificar si es una falla de algún componente a efecto de tomar las medidas adecuadas al caso.

Algunas veces la supervisión es requerida, incluso cuando existe un incendio en determinado piso, ya que los componentes pueden fallar en esos momentos. Por eso es necesario instalar tomas de teléfono cerca de la bomba de agua y en otras localidades, por si los radios portátiles fallan.

d) Cerrar las barreras de humo.

Una de las acciones del personal de salud es recluir los efectos del fuego y del humo, cerrando las puertas (barreras de humo / fuego) para aislar otras áreas donde se encuentran pacientes. Esa acción debe llevarse a cabo, únicamente cuando los detectores del servicio y de puerta libre se activen; cuando es activada manualmente una estación contra incendios o cuando el flujo de agua en los rociadores esta activa, eso quiere decir que el sistema de rociadores entrará para apagar un incendio.

Las barreras del humo que se cerrarán, estarán ubicadas dentro del mismo piso y se puede hacer a través del personal de salud o automáticamente con las instalaciones de alarma. En nuestro país, este último caso no aplica, porque incluir un sistema completo de alarma sería muy costoso para cualquier institución.

e) Cerrar los obturadores.

Los obturadores de humo son dispositivos de cierre ubicados en los ductos de aire que evitan el paso de humo entre áreas. Estos dispositivos deben ser activados al momento de detectar humo en los ductos de aire y de puerta de escape. Esto para aislar el espacio donde se ha originado el incendio y así poder evitar que el humo se valla por los ductos de aire.

La acción de cerrar los obturadores y mantener abiertos otros, es un componente del sistema de control de humo, que se puede implementar en un diseño de protección contra incendios.

f) Apagar el sistema de aire acondicionado.

Esta acción es requerida cuando se detecta humo en los ductos de aire. El apagar el sistema de aire puede ser por zonas, dependiendo como este estructurado dicho sistema. El objetivo principal con esta acción junto con la de los obturadores, es el aislar un espacio determinado.

g) Reinicializar los ascensores.

Los ascensores en los incendios, ya sea una alarma de planta o completa del establecimiento, no deben ser utilizados por el público en general.

Una reinicialización de los elevadores es el término que se utiliza con una doble función.

La primera, es para forzar a los elevadores de un establecimiento de salud a que se dirijan a la planta baja del establecimiento para poder evacuar a los pasajeros atrapados en ellos. La segunda, es la accesibilidad de los mismos ascensores para ser utilizados por los miembros del servicio de emergencia de bomberos, de manera que puedan utilizarlos para llegar pronto al lugar del siniestro.

Para que esta acción funcione es necesario que las instalaciones de detección junto con las de alarma, estén centralizados a un panel de control interno, y que este se comunique directamente con el departamento de bomberos para realizar dicha acción.

La aplicación de esta acción es bastante complicada, no solo por el hecho de lo costo económico que representa, sino por la falta de empresas locales que se dedique a realizar este tipo de trabajo.

Lo práctico en nuestro medio (aunque no se limitan las posibilidades) sería el colocar frente a los ascensores un rotulo que haga la advertencia de "no usarlos en caso de incendios", además de colocar barreras de humo alrededor de los espacios destinados para los ascensores, por si queda gente atrapada en ellos.

- h) Apagar los reductores eléctricos y desconectarlos de la red.

Esta acción o medida se toma como preventiva al detectar calor que sobrepase los umbrales establecidos para cada detector.

- i) Abrir las puertas enllavadas.

Cuando se hace sonar el alarma de tres tonos, el personal de salud, esta obligado a abrir las puertas de evacuación, que por lo general están cerradas por seguridad, para permitir la evacuación de la planta.

6.3.5 Sistema de extinción

El sistema de extinción, es aquel en donde se describen los componentes automáticos o manuales, necesarios para controlar un incendio.

6.3.5.1 Rociadores

Los rociadores es una medida efectiva para el control de incendios en instalaciones de salud. Este sistema, que actúa automáticamente, se diseña, proyecta e instala para detectar y extinguir un incendio en sus comienzos, o para evitar su propagación, cuando este se ha desarrollado.

La operación general de los rociadores se basa en la temperatura; cuando el umbral de esta es excedida en el sensor de calor del rociador, este se abre, permitiendo que el flujo de agua salga. Cada rociador se activa independientemente hasta alcanzar el nivel de equilibrio de temperatura para cerrarse nuevamente.

Entre los tipos de sistema de rociadores que existen, están:

- a) Sistema de rociadores húmedos (Wet pipe system). Este sistema de rociadores es uno de los mas utilizados comparados con los otros tipos. Estos poseen alta eficiencia y su diseño es bastante simple. La operación consiste en que la bomba de agua (para incendio) da la presión adecuada a las tuberías

donde se encuentran los rociadores, llenándolas de agua, el flujo de agua es mantenido por cada rociador. Cuando un rociador automático es activado por el calor generado en un área, este empieza a operar permitiendo que el agua tenga un flujo a la planta. Cada rociador se activa individualmente.

- b) Sistemas de rociadores secos (Dry pipe system). Este tipo de sistemas son usados donde la temperatura ambiental es baja, como lo suficiente para congelar el agua en un sistema tipo húmedo. La operación de este consiste en que el agua no esta presente en las tuberías hasta que existe una emergencia. Las tuberías de los rociadores son presurizadas con aire estableciendo una presión diferencial a través de la válvula de tubería seca (un tipo especializado de válvula check) permitiendo al agua entrar al sistema. El agua fluye al rociador que lo requiere (se activan individualmente) para controlar el incendio, pero antes sale el aire que mantenía presurizado al rociador. Esta es una limitante, por lo que, es por eso que este tipo de sistema no es considerado tan eficiente durante la fase inicial de operación.
- c) Sistema de diluvio. Los rociadores utilizados son del tipo abiertos. Esto quiere decir, que el cierre que detecta el calor se quita durante la instalación, por lo tanto, todos los rociadores conectados a este sistema, están abiertos. Estos son utilizados en áreas donde el fuego se puede expandir rápidamente. El funcionamiento de este, se da cuando la alarma contra incendio abre la válvula que conecta las tuberías que van a los rociadores. Este sistema puede ser manual o automático.
- d) Sistema de pre acción. Este es un sistema híbrido que puede estar compuesto de los anteriores, y es utilizado en áreas donde una activación accidental es indeseable. Existen dos subdivisiones: Activación única y Activación doble.

La primera se basa en considerar lo que precede a la activación de los rociadores (activación de detector de calor o humo) de manera que este evento tiene que ser supervisado por el sistema de alarma principal (panel general) para dar paso a la activación de los rociadores. Este funcionamiento es una combinación del sistema húmedo y seco.

El segundo es parecido al sistema de diluvio, excepto que rociadores automáticos son utilizados. El alarma del edificio supervisa la previa activación del detector de humo o de calor y la activación de los rociadores toma acción previa al llenado de agua de las tuberías.

- e) Sistema de rociadores de espuma. Este sistema descarga una mezcla de agua y una baja concentración de espuma expansiva, resultando una dilución que es vertida desde el rociador. Estos son usados en áreas de especial peligro, como donde se almacenan líquidos inflamables o bodegas.
- f) Líquido en forma de spray. Es parecido al sistema de diluvio. Este tipo de sistema protege a equipos o componentes tridimensionales (diferente al sistema de diluvio que protege un área horizontal) como transformadores eléctricos o tanques que contienen gases inflamables, como el hidrógeno.

La protección con rociadores, por lo general se incluyen en las siguientes áreas, tales como: Cuartos de máquinas, cuartos fríos, espacios con computadoras, radiología, resonancia magnética, espacios con utilidades, espacios con equipamiento sofisticado, etc.

En los establecimientos de salud, y específicamente en los diversos servicios o áreas que los conforman, el número de rociadores

instalados debe ser acorde al espacio a cubrir, teniendo en cuenta las características técnicas de estos y los cálculos de la red de rociadores. Por lo general, estos deben ser conectados directamente a un sistema de agua teniendo la capacidad suficiente para proveer 6.1 L/min m² hasta completar con el espacio de la área total. Es recomendable que una válvula de corte sea instalada en un lugar accesible entre los rociadores y la conexión al sistema de agua [NFPA 101].

6.3.5.2 Extintores

Un extintor se puede definir, como un equipo que al ser accionado expelle bajo presión el agente extinguidor que contiene y permite ser dirigido al fuego para apagarlo.

En la tabla 6.10 se pueden observar los tipos de agentes extintores junto con la descripción de cómo estos logran el enfriamiento (Hacer que se ponga frío el objeto de acción) y el sofocamiento (manera para extinguir el fuego)

Agente de extinción	Enfriamiento	Sofocamiento
Agua	Absorbe grandes cantidades de calor	El vapor de agua desplaza el humo y el aire (O ₂) si hay ventilación adecuada.
Dióxido de Carbono	Espacios con una atmósfera muy diluida	Dilución del aire para reducir la cantidad de oxígeno
Polvo Químico Seco	La producción de una nube opaca reduce la cantidad de calor irradiado	Reacciona con combustible y oxígeno, evitando que estos se combinen
Espumas	Por la cantidad de agua presente en la espuma	Por efecto de la manta que cubre los líquidos en llamas

Tabla 6.10. Tipos de agentes extinguidotes *

Identificación	Material	Agua	CO2	PQS (Polvo químico seco)	Espumas
A	Papeles, maderas, cartones, textiles, desperdicios, etc.	SI	NO	NO	NO
B	Gasolina, pinturas, aceites y líquidos inflamables. Butano, propano otros gases	NO	SI	SI	NO
C	Equipos e instalaciones eléctricas	NO	SI	SI	NO
D	Metales, combustibles, magnesio, sodio, etc.	NO	NO	NO	SI

Tabla 6.11 Clasificación en base a su identificación*

Teniendo de base a lo anterior, se pueden clasificar los tipos de extinguidotes en 4 grandes grupos: A, B, C y D. En la tabla 6.11 se puede identificar el tipo de extinguidor, los materiales en los cuales se puede utilizar el extinguidor y por último, la clase de agente extinguidor que puede utilizar.

* Tomado de: <http://ftp.ucv.ve/Documentos/TallerdeExtintores>

En grandes espacios, los extintores se instalarán a razón de uno por cada 300 m² de superficie construida y convenientemente distribuidos.

En los estacionamientos cuya capacidad sea mayor que 5 vehículos, se dispondrá un extintor cada 15 m de recorrido, a razón de uno por cada 20 plazas de estacionamiento.

En los locales o las zonas de riesgo especial se instalarán extintores, conforme a los criterios siguientes:

- a) Se instalará un extintor en el exterior del local o de la zona y próximo a la puerta de acceso; este extintor podrá servir simultáneamente a varios locales o zonas.
- b) En el interior del local o de la zona se instalarán los extintores suficientes para que la longitud del recorrido real hasta alguno de ellos, incluido el situado en el exterior, no sea mayor que 15 m en locales de riesgo medio o bajo, o que 10 m en locales o zonas de riesgo alto, cuya superficie construida sea menor que 100 m². Cuando estos últimos tengan una superficie construida mayor que 100 m² los 10 m de longitud de recorrido se cumplirán con respecto a algún extintor instalado en el interior del local o de la zona.

Las zonas de alto riesgo cuya superficie construida exceda de 500 m² contarán con extintores móviles de 25 kg de polvo o de CO², a razón de 1 extintor por cada 2,500 m² de superficie o fracción.

Los extintores se dispondrán de forma tal que puedan ser utilizados de manera rápida y fácil. Siempre que sea posible, se situarán en los soportes de forma tal que el extremo superior del extintor se encuentre a una altura sobre el suelo menor que 1,70 m.

Para evitar que el extintor entorpezca la evacuación, en escaleras y pasillos es recomendable su colocación en ángulos muertos.

Ubicar gabinetes^o de extintores de fuego adicionales en cuartos de cirugía, equipo de tecnología de la comunicación y en los elevadores.

Dimensionar los gabinetes de los extinguidores a 9.5 L de agua presurizada.

6.3.6 Panel de control de alarma contra incendios

El panel de control de alarma contra incendios, es un dispositivo centralizador que detecta, reporta y actúa sobre las actividades relacionadas con el fuego en un establecimiento.

Por lo general, el panel de control esta conectado directamente a los detectores de humo, detectores de calor, estaciones manuales, alarmas de zona.

El funcionamiento básico se muestra en la figura No 6.12 donde se aprecia que cuando un circuito es activado, el panel reconoce el accionar del detector, y este puede tomar numerosas acciones, ya sean automáticas o supervisadas con respecto a lo que esta reconociendo. Incluso, puede dar una señal directamente al departamento de bomberos.

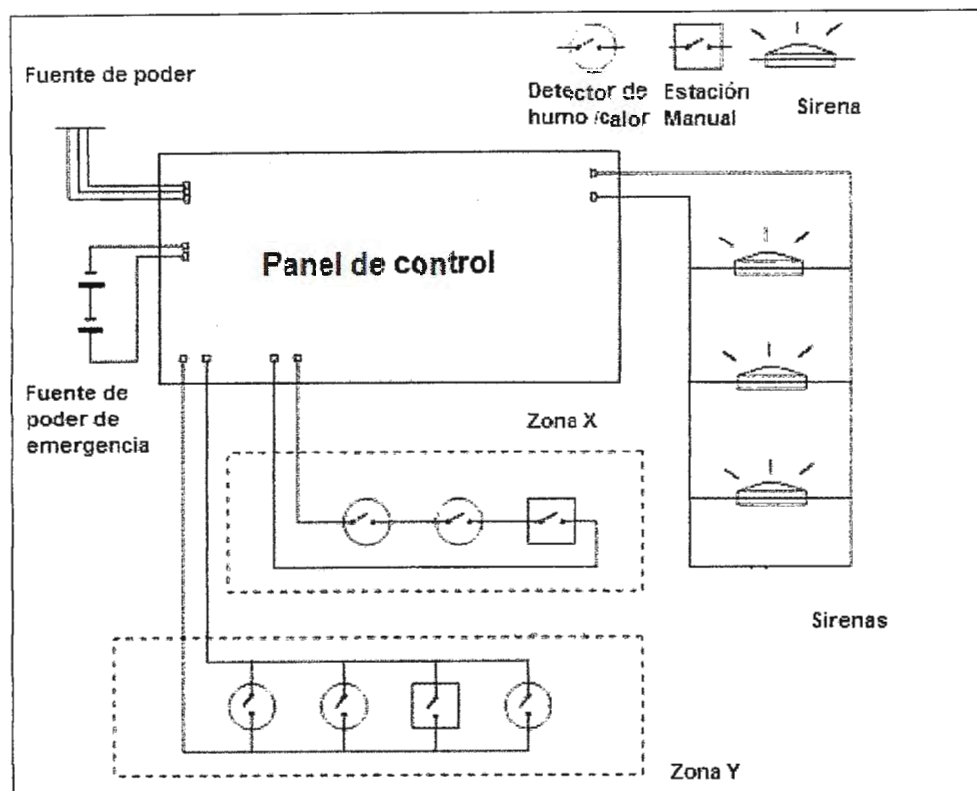


Figura No 6.12 Panel de control de alarma contra incendios

6.3.7 Sistema de agua

El sistema de agua para la protección contra incendios está estructurado a manera de explicar la capacidad, la bomba contra incendios y la distribución del agua para los elementos que lo necesiten.

Además, se mencionan algunos aspectos relacionados con la instalación de hidrantes en los establecimientos de salud.

6.3.7.1 Capacidad

La capacidad de abastecimiento de agua, se centra en los establecimientos sin rociadores y con rociadores. Entendiendo que los primeros son establecimientos con rociadores parcialmente instalados.

6.3.7.1.1 Establecimientos sin rociadores

La demanda del flujo depende sobre todo del tipo de construcción, de la ocupación, de la accesibilidad al sitio del edificio, y de la respuesta del cuerpo de bomberos al sitio. Los edificios sin rociadores (parcialmente equipados) requieren más agua, porque la cantidad de agua ocupada por el cuerpo de bomberos es demandante y comienza más tarde que la demanda de los rociadores. Por lo tanto, es adecuado utilizar un criterio profesional para modificar estos requisitos en cada caso dependiendo de las condiciones favorables y desfavorables las cuales se muestran en la tabla No 6.12:

Condiciones Favorables	Condiciones Desfavorables
Construcción no combustible	Construcción combustible
Exposiciones limitadas ^o	Moderadas ^o o serias exposiciones
Acceso rápido al edificio por el departamento de bomberos	Obstáculos para ingresar al edificio
Respuesta rápida del departamento de bomberos	Tiempo de respuesta inadecuado

Tabla 6.12. Condiciones para determinar la capacidad del sistema de agua para los establecimientos con rociadores*

En la tabla 6.13 se muestra los flujos mínimos requeridos para las diferentes áreas (por clasificación del peligro) según las condiciones favorables o desfavorables definidas anteriormente.

* Tomado del Manual de Protección contra Incendios de los Veteranos Estadounidenses

Clasificación del peligro¹	Condiciones favorables	Condiciones no favorables
<i>Peligro leve</i> Edificio (piso) de pacientes, oficinas, cuartos.	79 L/s (1250 gpm) ²	95 L/s (1500 gpm)
<i>Peligro ordinario</i> Laboratorio, lavandería	79 L/s (1250 gpm) ³	126 L/s (2000 gpm)
<i>Peligros adicionales</i> Almacenamiento	95 L/s (1500 gpm)	190 L/s (3000 gpm)

¹ Tomado de NFPA 12, ^{2,3} Basado en la norma NFPA 14

Tabla 6.13. Flujos mínimos a una presión de 20 PSI

El tiempo en que se debe suplir ese flujo debe ser como mínimo 60 minutos en condiciones favorables y de 120 minutos en condiciones no favorables

6.3.7.1.2 Establecimientos con rociadores

Los requisitos para flujos y presiones para los edificios con protección automática de rociadores se presentan en la tabla No 6.14:

Clasificación	Presión mínima residual requerida (psi)	Flujo aceptable en la base de la tubería vertical del sistema de rociadores (gpm)	Duración (min)
Peligro leve	15	500 – 750	30 – 60
Peligro ordinario	20	850 – 1500	60 – 90

² Tomado de NFPA 12

Tabla 6.14. Presiones, flujos y duración para los establecimientos con rociadores automáticos

6.3.7.1.3 Bomba contra incendio

Esta bomba debe ser dimensionada únicamente para los rociadores, no para el uso de los bomberos.

Las características técnicas que se pueden incluir son las siguientes:

- a) La bomba se iniciaran automáticamente a 10 PSI. La bomba contra incendios no cierra prematuramente antes de controlar el fuego. Además, una persona debe ir al lugar donde se encuentra la bomba contra incendios para asegurarse que está funcionando correctamente. La normativa NFPA 20, no permite la parada automática de la bomba contra incendio que constituye la fuente única de agua para el sistema de rociadores.

- b) Las bombas serán de motor eléctrico inducido, tipo centrífuga. El interruptor de la transferencia de la energía y el regulador de la bomba de fuego serán unidad. Los interruptores separados de la transferencia no se permiten. El regulador será supervisado por el sistema de la alarma contra incendio.
- c) Se debe de proporcionar energía primaria y de emergencia para encender las bombas que protegen las ocupaciones del cuidado médico, principalmente la de los más críticos.

6.3.7.2 Distribución

Las tuberías principales deben ser de 200mm (8 in) como mínimo. La tubería principal que suple únicamente a hidrantes (laterales) debe ser por lo menos de 150 mm (6 inches).

En los establecimientos con rociadores, los sistemas son limitados por área y el diámetro^o de las tuberías también, estas no deben ser menores a 1 in (25.4 mm) nominales de tubería de hierro y ¾ in (19 mm) nominales para las tuberías de cobre o tuberías no metálicas permitidas para el servicio de rociadores. El tamaño de la tubería, el número de rociadores por línea de tubería (ramal) y el número de líneas (ramales) por línea principal, debe ser limitado únicamente por la fuente de agua.

Se debe ubicar válvulas en las líneas de distribución para aislar las fugas y para permitir el suplir el resto de la red. Localizar dichas válvulas sin mas de 4 puntos de descarga (sistema de rociado, hidrantes o redes de tuberías).

Colocar señalización para cada una de las válvulas indicadoras, conexiones con los bomberos y válvulas de sección.

Las tuberías de drenaje de los sistemas de rociadores deben ser como mínimo 50 mm (2 in) para acomodar la descarga del flujo máximo. Es aconsejable diseñar adecuadamente el drenaje externo del edificio para evitar inundaciones o daños al edificio, y para prevenir inundaciones de la calzada.

Para las áreas de resonancia magnética, es necesario utilizar tuberías metálicas no imantables.

6.3.7.3 Hidrantes

Los hidrantes pueden ser localizados al interior o al exterior de un establecimiento, y deben estar en lugares visibles y de fácil acceso, debiéndose tener uno cerca de las escaleras y de las puertas de salida.

Además, es necesario que cubran perfectamente la superficie del riesgo a proteger, considerando una manguera de 30 metros de longitud, y el espacio máximo entre ellos no debe de exceder los 91 m.

Los hidrantes exteriores se deben de ubicar áreas pavimentadas entre 2 m (7ft) y 900 mm (3 ft) de la carretera, para dar accesibilidad a los bomberos.

La conexión de los hidrantes a los camiones de los bomberos debe ser perpendicular a la calle, para permitir una línea de conexión firme.

Se debe de proteger los hidrantes localizados en parqueos o donde haya otro tipo de tráfico pesado.

También, es necesario diseñar un drenaje adecuado junto al hidrante.

Capítulo 7

Diseño de Servicio de Tratamiento Renal

7. Diseño de Servicio de Tratamiento Renal

Hasta este capítulo solo se han establecido los procedimientos necesarios para diseñar instalaciones que dan soporte a establecimientos de salud. Sin embargo los servicios del establecimiento son el núcleo del sistema de salud ya que es allí donde se realizan todas las actividades referentes a la asistencia de la salud, ya sea tratamiento o diagnóstico.

En este apartado se especificarán los procedimientos para diseñar un servicio de tratamiento renal para un establecimiento de salud. Dependiendo de las necesidades a cubrir, el servicio de hemodiálisis puede ser parte de un hospital, o podría funcionar de forma autónoma como clínica de tratamiento de hemodiálisis. Los criterios y conceptos descritos podrán ser utilizados en ambos casos haciendo las consideraciones necesarias dependientes de las políticas y estrategias del establecimiento.

7.1. Generalidades

7.1.1. Definiciones

El tema de Tratamiento Renal es muy complejo, inclusive manteniéndose al margen de los temas puramente clínicos. Por este motivo este capítulo se complementa con las siguientes definiciones que servirán para facilitar la comprensión de la temática.

a) *Insuficiencia Renal:* La insuficiencia renal es una condición en la cual los riñones dejan de funcionar correctamente. Esta se describe como la disminución en la tasa de filtración glomerular y se manifiesta por un elevado resultado de creatinina en la sangre.

b) *Hemodiálisis:* La hemodiálisis es un tratamiento de la insuficiencia renal que consiste en la transferencia de agua y solutos del torrente sanguíneo a un líquido dializador a través de una

membrana semipermeable interpuesta entre la sangre y el líquido dializador.

- c) *Diálisis Peritoneal:*** La diálisis peritoneal es un proceso similar a la hemodiálisis, en el que se transfiere agua y solutos de la sangre a un líquido dializador, con la diferencia que la diálisis peritoneal trabaja con el principio de que la membrana peritoneal que rodea el intestino puede actuar como una membrana semipermeable natural, en lugar de una máquina fuera del cuerpo.
- d) *Plasmaféresis:*** La Plasmaféresis es una forma de tratamiento poco utilizada en el país, en la cual se retira la sangre del paciente y se separa el plasma de la sangre para luego ser tratado y recirculado al cuerpo.
- e) *Tratamiento Convencional:*** El tratamiento convencional para la insuficiencia renal es utilizado para pacientes con poco daño renal. Este consiste en cambio de dieta, acompañado de medicamentos.
- f) *Pacientes Agudos:*** Los pacientes agudos, son aquellos que tienen un padecimiento causado por motivos temporales. Un paciente requiere de una hemodiálisis de emergencia por ejemplo en caso de una severa intoxicación.
- g) *Pacientes Crónicos:*** Los pacientes clasificados como crónicos son aquellos que padecen de disfunción renal permanente, por lo que estos ya no son suficientes para filtrar y desechar los elementos nocivos que viajan en la sangre.

7.1.2. Técnicas de Tratamiento Clínico

El servicio de tratamiento renal trabaja en conjunto con la unidad de Nefrología de un establecimiento de salud, y su objetivo es el de proveer al paciente un tratamiento sustitutivo de la función de sus riñones. Para realizar esto, se hace distinción de dos tipos de pacientes con diferentes necesidades de tratamiento, los pacientes agudos y los pacientes crónicos.

a) Tratamientos para Pacientes Crónicos: El tratamiento para pacientes crónicos consiste básicamente en el tratamiento de Hemodiálisis periódica de mantenimiento.

b) Tratamientos para Pacientes Agudos: El tratamiento para pacientes agudos en cambio, consiste en diálisis peritoneal, plasmaféresis y otras técnicas de depuración de la sangre.

En este capítulo se hará énfasis en los pacientes crónicos como principales usuarios del servicio de tratamiento renal. Por este motivo, los criterios de dimensionamiento y diseño se basarán únicamente en las consideraciones que aplican al tratamiento por hemodiálisis y adicionalmente se referirá a tratamiento renal y hemodiálisis indistintamente.

7.2. Componentes del servicio

La unidad de Tratamiento Renal es un sistema bastante complejo, y sus diferentes componentes pueden dividirse en cuatro categorías: consulta, tratamiento, administración y sistemas de apoyo. Aunque no todos los servicios contendrán todas las zonas funcionales acá presentadas, se exponen estas para que sirvan como referencia para cuando la complejidad y las políticas del servicio las requieran.

7.2.1. Zonas de Consulta

Los componentes dentro de la categoría de Consulta, son precisamente aquellos que están relacionados con la consulta, y estos son:

a) Área de Control: El área de control es la designada para el primer contacto con el paciente al entrar al servicio. En esta se realizan las actividades de control de paciente, como son la recepción, el registro y el acceso a archivo.

b) Sala de Espera: Esta es un área que se utiliza para que los pacientes y sus acompañantes, esperen su respectivo turno.

c) Estación de Camillas y Sillas de Ruedas: Esta es una zona especialmente reservada para el estacionamiento de camillas y sillas de ruedas para utilizar cuando sean necesarias ya sea para los pacientes que lleguen al servicio y las requieran o aquellos con complicaciones durante o después del tratamiento.

d) Consultorio: El consultorio es el lugar donde se realiza el examen médico, en otras palabras esta destinado para el diagnóstico, monitoreo de progreso del tratamiento y determinación de tipo y frecuencia de tratamiento necesarios.

e) Alimentación y Dieta: El monitoreo y control de la alimentación es un factor muy importante para los pacientes con problemas renales. Por este motivo, se recomienda un lugar exclusivamente destinado para esta tarea.

7.2.2. Zonas de Tratamiento

La categoría de Tratamiento esta compuesta por todos aquellos componentes del servicio de tratamiento renal que están directamente involucrados en las tareas asistenciales del servicio. Estas son:

a) Área de Tratamiento: El área de Tratamiento es el lugar designado a las estaciones de trabajo, y es donde los pacientes recibirán el tratamiento de hemodiálisis.

b) Central de Enfermeras: Directamente contiguo al área de tratamiento, deberá haber un área designada como estación y base para las enfermeras. En esta se realizarán actividades administrativas y de asistencia.

c) Unidad de Infecciosos: Deberá haber un área dentro del área de tratamiento, aislada para el tratamiento de pacientes infecciosos y o inmunodeficientes.

7.2.3. Zonas Administrativas

El área administrativa del servicio es lo que se puede esperar de este tipo de componente en cualquier servicio.

a) Oficina de Jefe de Servicio: como es de suponer, esta es un lugar reservado para el Jefe de Servicio, donde se realizan todas las actividades de administración para la gestión eficiente del servicio.

b) Oficina de Jefatura de Enfermería: Esta es la oficina de la jefe de enfermeras, y esta designada para las actividades administrativas que a esta le corresponden.

c) Área de Administración: el área de administración está destinada para los demás miembros administrativos del servicio y su importancia dentro del servicio crecerá junto a la complejidad y tamaño de este. Acá se pueden encontrar subdivisiones como trabajadores sociales, contaduría, presupuesto, secretarías, etc.

d) Sala de juntas: La sala de juntas es un área destinada para realizar reuniones y juntas de carácter administrativo. La necesidad de esta dependerá también del tamaño y la complejidad del servicio.

7.2.4. Zonas Auxiliares

Las zonas clasificadas como Auxiliares son los componentes del servicio, que no están incluidas directamente en las demás categorías, pero que forman partes fundamentales del servicio de tratamiento renal.

a) Estudio de Casos: El área de estudio de casos estará reservada para realizar juntas y sesiones internas del personal médico.

b) Investigación y Docencia: Dependiendo de las políticas del establecimiento y su complejidad, se requiere un espacio apropiado para la investigación y docencia dentro del servicio.

c) Almacén Principal: El almacén, deberá estar en un área limpia o blanca, pues su objetivo es guardar los insumos y ropa limpia hasta el momento de su uso.

d) Lavado de Filtro: Está área esta destinada exclusivamente para el lavado de los filtros de los equipos de hemodiálisis después de su uso.

e) Séptico: El área de séptico es la destinada a las actividades de higiene del servicio. Allí se eliminan los desechos, se limpian y desinfectan utensilios como orinales, cubetas, etc. Adicionalmente

podría reservarse un espacio para utilizarse como almacén de ropa sucia antes de llevarlo a lavandería.

f) Vestidores y Baños de Empleados: Los vestidores de empleados tiene la función de proveer a los empleados un lugar para cambiarse a las ropas de trabajo. El área deberá contar con vestidores separados para hombres y mujeres, área de bancas y casilleros, baños y duchas, todos estos suficientes y adecuados para el número de empleados del servicio.

g) Vestidores y Baños de pacientes: Para asegurar un ambiente más higiénicamente adecuado, se recomienda que los pacientes utilicen diferentes ropas para su tratamiento que las que utilizan en la calle. Para esto se requiere un espacio especial que sirva como vestidor de los pacientes. Los vestidores contarán con separaciones individuales para dar privacidad al paciente, pero con suficiente espacio para que puedan entrar con una persona auxiliar de ser necesario. Además de los diferentes vestidores separados, el área contará con baños de uso exclusivo de los pacientes con sanitario, lavamanos y duchas.

h) Baños Comunes: También es importante tomar en cuenta los baños comunes, para uso de las personas y visitantes en la sala de espera, así como el personal administrativo. Estos baños podrán ser compartidos o individuales entre las dos zonas funcionales dependiendo del tamaño y las políticas del establecimiento.

i) Tratamiento de Agua: El tratamiento del agua es de gran importancia para un servicio de tratamiento de Hemodiálisis, porque estará en contacto directo con la sangre del paciente. Para garantizar la pureza del agua, se deberá realizar el tratamiento lo más cerca

posible de su uso final. La complejidad del sistema de tratamiento de agua dependerá directamente de las tecnologías utilizadas para brindar el tratamiento, ya que son estas las que establecen la calidad de agua que necesitan para realizar un tratamiento exitoso sin peligro para el paciente.

j) Área de Educación: A pesar de no parecerlo, la educación del paciente es muy importante para el mejoramiento de la calidad de vida del paciente de hemodiálisis y parte fundamental de su tratamiento. Por este motivo se propone que los servicios cuenten con una biblioteca especializada en el tema de la hemodiálisis con enfoque al paciente y sus familiares, así como un pequeño auditorio o salón de usos múltiples, destinado para impartir charlas sobre el cuidado de la salud tanto mental como física de los pacientes con enfermedades renales. Estos espacios son de gran utilidad cuando las estrategias del establecimiento incluyen la docencia en el servicio.

k) Estar /descanso de personal: El descanso de personal es un área reservada para el personal del servicio, y es el lugar designado para que el personal descanse entre turnos y para realizar otras actividades no relacionadas con la atención de salud del paciente. A pesar de que a parte del personal que este en el área de descanso siempre deberá haber personal monitoreando el área de tratamiento, se debe colocar la zona de descanso contiguo al cuarto de tratamiento, para que en caso de emergencia el personal en descanso pueda ayudar a estabilizar la situación.

l) Archivo de historiales clínicos: A pesar de que los archivos clínicos están siendo rápidamente sustituidos por los archivos electrónicos, en algunas situaciones es importante considerar un espacio con este fin.

m) Almacenaje de material limpio y estéril: El almacén de material limpio estará destinado a guardar todos suministros que requieran un ambiente limpio. Este deberá contar con todas las características higiénicas de una zona blanca.

n) Almacenaje, conservación y dispensación de fármacos: Se debe contar adicionalmente con un espacio para el almacenamiento de fármacos y medicamentos. De ser necesario esta área deberá contar con equipos donde puedan almacenarse medicamentos refrigerados. La capacidad del almacén de medicamentos dependerá de las políticas del establecimiento pero por lo general se recomienda que tenga espacio suficiente para almacenar medicamentos para 1 semanas¹.

o) Preparación material clínico: El área de preparación de material esta reservada para las actividades de preparación del material que se utilizará durante el tratamiento.

p) Almacenamiento temporal ropa sucia y basura: El área de almacenamiento de ropa sucia y basura, es un área fuera del área de tratamiento, donde se deberá colocar toda la ropa contaminada y basura producidas en el servicio, donde esperará su posterior recolección. Este espacio deberá ser considerado zona negra.

q) Limpieza de material (sucio): La limpieza de material deberá realizarse en un área especialmente reservada para esta tarea. Esta será considerada zona negra.

¹ Sociedad Española de Nefrología, Guías Clínicas de Centros de Hemodiálisis, Dr. Francisco Maduell 2006

r) Sala de Mantenimiento: Se recomienda además un área designada para actividades de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos de hemodiálisis, de manera que estas actividades puedan realizarse sin interrumpir los tratamientos de los pacientes en el resto de los equipos.

7.3. Dimensionamiento del Servicio

7.3.1. Índices Epidemiológicos

Para poder dimensionar apropiadamente un área o servicio, es necesario conocer factores o índices de dimensionamiento. Estos varían junto a las características de la población a atender y sirven como base para conocer las necesidades y demandas para los que los equipos deben ser diseñados.

Cuando no se tienen estos valores es necesario estimar estos a partir de datos reales de la población atendida, o de poblaciones similares. Entre mayor sea la población estudiada y entre más tiempo se tome como muestra, el resultado será más complejo y preciso.

Para calcular los índices epidemiológicos que servirán como referencia para dimensionar el servicio de tratamiento renal, se utilizaron a manera de ejemplo, datos estadísticos recolectados en el Hospital Medico Quirúrgico. Estos corresponden a la población total atendida del hospital y los pacientes que recibieron tratamiento de hemodiálisis en el año 2006, según se muestra en la tabla 7.1.

Población Total Atendida en el Hospital (2006)	77577 pacientes
Pacientes de Hemodiálisis Atendidos al Año (2006)	159 pacientes

Tabla 7.1: Datos estadísticos de Atención en el Hospital Medico Quirúrgico

El cálculo de dimensionamiento del servicio se facilita cuando los datos estadísticos están basados en una población tipo. Para este caso se calculará el porcentaje que representa los pacientes de hemodiálisis respecto a la población atendida. Para calcular este dato para el servicio de hemodiálisis a partir de los datos mostrados en la tabla 7.1, se utiliza la ecuación 7.1.

$$P_{\%h} = \frac{P_h}{P_a} \times 100 \quad (\text{Ec. 7.1})$$

Donde $P_{\%h}$ es el porcentaje de pacientes de hemodiálisis, P_h es el número de pacientes de hemodiálisis atendidos al año y P_a es el número de pacientes atendidos por el establecimiento en un año. Utilizando los datos de la tabla 7.1 se obtiene este valor:

$$P_{\%h} = \frac{159}{77577} \times 100 = .204\%$$

Por lo tanto se tiene que los pacientes de hemodiálisis representan el .20% de la población atendida. Este valor es comparable con otros índices como por ejemplo el de España² que estima un .09%.

7.3.2. Determinación de Puestos de Trabajo

Para dimensionar la capacidad del servicio es necesario determinar los puestos de trabajo que este tendrá disponibles es importante conocer las políticas del servicio, particularmente referentes a los horarios de trabajo. El proceso general de dimensionamiento es el siguiente:

- a) Investigación y Definición de Modelo de Gestión:** para poder realizar el diseño apropiadamente, es importante determinar la forma en que el servicio va a trabajar, en particular los horarios de trabajo

² Sociedad Española de Nefrología, Guías Clínicas de Centros de Hemodiálisis, Dr. Francisco Maduell 2006

(jornada laboral), días laborales al año, etc. e información clínica como duración de tratamiento y número de tratamientos realizados por paciente al año.

b) Definir Pacientes a Atender: se necesita determinar el número de pacientes atendidos por el establecimiento anualmente ya que esta será la base sobre la cual se dimensionará el servicio.

c) Definir Numero de Tratamientos de Hemodiálisis al año: Conociendo la población que se espera atender en un año, junto al porcentaje de pacientes de hemodiálisis calculado anteriormente se puede calcular el número de pacientes de hemodiálisis a atender anualmente.

$$P_h = \frac{P_a \times P_{\%h}}{100} \quad (\text{Ec.7.2.1})$$

Donde $P_{\%h}$ es porcentaje de pacientes de hemodiálisis, P_h es el número de pacientes de hemodiálisis que se atenderán anualmente y P_a es la población de cobertura planeada para el establecimiento en un año.

Para calcular el número de tratamientos de hemodiálisis que se realizarán en un año, hay que multiplicar el número de pacientes de hemodiálisis esperado en un año, por el número de tratamientos realizados por paciente al año, como se muestra en la ecuación.

$$T_h = P_h \times N \quad (\text{Ec 7.2.2})$$

Donde T_h es el número de tratamientos de hemodiálisis anuales y N es el número de tratamientos al año por paciente.

d) Calcular cuantas diálisis se deben realizar en un día de trabajo: Conociendo los tratamientos a realizar en un año, y los días

laborales al año, se calcula el numero de exámenes que se deben realizar diariamente.

$$T_d = \frac{T_h}{D_L} \quad (\text{Ec 7.3})$$

Donde T_d son los tratamientos diarios y D_L son los días laborales al año.

e) Calcular cuantas diálisis puede una maquina realizar en un día de trabajo: Conociendo los horarios de trabajo, se puede definir el número de tratamientos que se pueden realizar diarios por máquina relacionándolos con la duración del tratamiento. La duración del tratamiento varía dependiendo de las condiciones del paciente y las tecnologías ocupadas, sin embargo se puede decir que en promedio cada tratamiento dura cuatro horas.

$$N_d = \frac{t_L}{t_{Tx}} \quad (\text{Ec. 7.4})$$

Donde N_d es el número de tratamientos por maquina diarios, t_L es el tiempo en horas que se trabaja diario y t_{Tx} es el tiempo en horas que dura el tratamiento.

f) Calcular cuantos puestos de trabajo se necesitan para suplir demanda: Finalmente se calcula el número de máquinas necesarias para cubrir la demanda diaria calculada, tomando en cuenta el número de tratamientos diarios que se deben realizar y el número de tratamientos que puede realizar cada máquina.

$$P = \frac{T_d}{N_d} \quad (\text{Ec. 7.5})$$

Donde P es el número de puestos de trabajo necesarios.

7.4. Tecnologías de Hemodiálisis

Existe una gran diversidad de equipos de tratamiento por hemodiálisis en el mercado, cada uno de estos con sus características propias y particularidades. A pesar de esta gran variedad, todos los equipos comparten los mismos bloques funcionales básicos.

7.4.1. Dializador

El dializador es el elemento principal del equipo, y es donde se realiza la purificación de la sangre. El proceso se hace obligando a la sangre a pasar por el dializador, en donde se expone a través de una membrana semipermeable a un líquido dializador. La purificación de la sangre se realiza por un gradiente de concentración entre la sangre y el líquido dializador lo cual permite la difusión de los solutos contaminantes en la sangre.

7.4.2. Bomba de Sangre

La función de la bomba de sangre es movilizar la sangre desde el sistema vascular hasta el dializador y luego regresarla al paciente. La bomba debe manejar un flujo promedio para pacientes adultos de 200 a 350 ml/minuto.

7.4.3. Sistema de Distribución de Solución de Diálisis

La función del sistema de distribución de solución de diálisis es precisamente la de proveer al equipo el líquido dializador que utilizará para la terapia. En el mercado existen dos tipos de sistemas de distribución, el sistema de distribución central y el individual.

La diferencia entre estos sistemas es clara, en el sistema individual cada máquina de hemodiálisis produce y distribuye su propio líquido de diálisis. Cuando el sistema de distribución es central, se tiene una sola máquina

centralizada que produce y bombea el líquido dializador por cañerías a cada equipo de hemodiálisis.

7.4.4. Sistemas de Monitoreo y Seguridad

El proceso de hemodiálisis es en principio simple, sin embargo trabaja con sistemas fisiológicos muy complejos y susceptibles, como el sistema vascular. Debido a que alteraciones pequeñas en los parámetros de funcionamiento, pueden tener consecuencias muy graves en el paciente, los parámetros más importantes deben ser observados muy cuidadosamente. Por esto, los sistemas de hemodiálisis tienen los siguientes sistemas.

a) Presión en el circuito sanguíneo: se realiza a través de la medición de la resistencia al retorno de la sangre en la rama venosa del acceso vascular y la presión en el compartimiento sanguíneo del dializador.

b) Presión a la salida de la solución de diálisis: se monitorea la presión a la salida de la solución de diálisis.

c) Detector y trampa de burbuja de aire en vena: el detector de aire venoso es utilizado para evitar que entre aire al sistema vascular del paciente una vez se haya completado el ciclo dializador de la sangre.

d) Conductividad de solución de diálisis: la proporción exacta con la que se produce el líquido de hemodiálisis es muy importante para un tratamiento exitoso. Para monitorear que la solución no sea ni muy concentrada ni muy diluida, se mide la conductividad del líquido de diálisis. Debido a que los solutos principales del líquido de diálisis son

electrolitos, el grado de concentración será proporcional a la conductividad eléctrica de la solución.

e) Temperatura: Durante el proceso de hemodiálisis, se monitorea la temperatura del líquido de hemodiálisis constantemente. Si la temperatura sobrepasa los límites de temperatura, existe el peligro de hipotermia o hemólisis (límites inferior y superior respectivamente). El líquido por lo general debe mantenerse dentro del rango de los 34° y 39° C, no tanto para proteger al paciente de los límites previamente mencionados, sino más bien para asegurar su comodidad durante el tratamiento.

f) Válvula Bypass: como medida correctiva de emergencia, en caso de que los valores de conductividad y temperatura no sean los recomendados, los sistemas cuentan con una válvula de bypass que permite desviar la solución de diálisis directamente al desagüe.

g) Detector de fuga sanguínea: el detector de fuga sanguínea es muy importante para el sistema pues alerta de la presencia de sangre en el líquido dializador, lo cual indica que existen fugas.

h) Alarmas: todos los sistemas de monitoreo y seguridad deben contar con alarmas audibles y visuales que alerten al usuario cuando hayan anomalías en el tratamiento.

i) Ultra-filtración: la ultra filtración es un procedimiento por el cual se separan las partículas sólidas del agua de bajo peso molecular. Este consiste en el paso del agua por medio de presión a través de una membrana capilar semipermeable de polietileno o poliamida que atrapa los solutos de alto peso molecular (103 – 106 Da). Este sistema

es particularmente importante para la eliminación de macromoléculas especialmente soluciones proteínicas.

7.4.5. Módulos especiales

Aparte de los componentes básicos del equipo de hemodiálisis los avances tecnológicos han hecho posible la creación de otros tipos componentes, que aunque no son fundamentales, ayudan a mejorar los resultados del tratamiento. Algunos de estos módulos son:

a) Bomba de Heparina: la heparina es un anticoagulante comúnmente aplicado al paciente durante el tratamiento de hemodiálisis, y la bomba de heparina permite controlar su suministro de forma automática.

b) Regulador de Concentración de bicarbonato: el objetivo de este dispositivo es controlar el pH en la sangre. Cuando el sistema renal no funciona correctamente, los ácidos generados por el metabolismo de los alimentos se acumulan en el cuerpo y son neutralizados con buffers producidos por el cuerpo. Para ayudar al cuerpo a controlar el nivel de pH se agrega bicarbonato de sodio a las soluciones de diálisis de manera que aumente el nivel plasmático de este buffer.

c) Regulador de Concentración de Sodio: el regulador es un dispositivo que facilita la regulación de la concentración de sodio en la solución de diálisis, de esta forma, el usuario puede regular la concentración de otros solutos en el líquido.

d) Sensor de Dializado: Para conocer la cantidad y la efectividad de diálisis recibida, el sensor de dializado calcula la cantidad de gramos de urea presentes en el líquido dializador.

7.5. Sistemas de Apoyo

Para el funcionamiento adecuado del servicio de hemodiálisis, se requieren la ayuda de otros sistemas que aunque no forman parte directa del servicio, son parte vital del tratamiento.

7.5.1. Calidad del Agua

El agua representa el factor más importante para el tratamiento de hemodiálisis, pues esta se utiliza para producir el líquido dializador que se utilizará para realizarlo. Debido a que el líquido dializador, tendrá un contacto directo con la sangre, el agua se convierte en una considerable fuente de posibles infecciones y contaminaciones para el paciente. Por este motivo es importante monitorear y controlar los niveles de calidad de agua que se utilizan en el sistema.

Para poder hablar de pureza y calidad de agua en la hemodiálisis, es importante hablar de los posibles contaminantes que esta puede tener según su relevancia para este servicio. Se consideran dos tipos de contaminantes, los químicos y los biológicos.

a) Contaminantes Biológicos

Cuando se habla de contaminantes biológico se refiere más que todo a las bacterias y cualquier otro derivado de estas, como las endotoxinas.

Para la calidad de agua, las Bacterias y microbiología se cuantifican según el número de bacterias aerobias viables capaces de generar una colonia visible por unidad de volumen, a esta unidad se le llama UFC/ml. La concentración máxima permisible de bacterias en el agua de tratamiento³ es de 100 UFC/ml

³ Real Farmacopea Española, 1997

Con el fin de garantizar que la calidad del agua sea siempre la óptima, se recomienda monitorear la calidad del agua y empezar a tomar medidas correctivas de desinfección cuando los resultados alcancen el cincuenta por ciento del nivel máximo que se exige.

Adicionalmente según especifica la Real Farmacopea Española el contenido de endotoxinas en el agua purificada para hemodiálisis no debe exceder las 0,25 UE/ml,

b) Contaminantes Químicos

Debido a que el líquido dializador tiene contacto directo con la sangre, los contenidos de ciertos químicos en este pueden alterar fuertemente la homeostasis del cuerpo. Por este motivo se debe mantener control de los niveles de los químicos presentes en el agua. La tabla 7.2 muestra los valores recomendados.

Contaminantes	Concentración Tóxica (mg/l)	Concentración Máxima (mg/l)
Aluminio	0.06	0.01
Calcio	88	2
Cinc	0.2	0.1
Cloraminas	0.25	0.1
Cobre	0.49	0.1
Fluor	1	0.2
Nitratos	21	2
Sodio	300	70
Sulfatos	200	100

Tabla 7.2: Concentraciones máximas permitidas de contaminantes para agua de Hemodiálisis⁴

⁴ Guías de Gestión de Calidad del Líquido de Diálisis, Sociedad Española de Nefrología, 2003

c) Sistemas de tratamiento de agua

Debido a que existen muchos tipos de fuentes de abastecimiento de agua, y así mismo diferentes sistemas de hemodiálisis, existen varios tipos de soluciones de tratamiento, estas dependen no solo de la calidad de agua que se requiere, sino también de la calidad del agua que se utiliza como fuente.

A pesar de que existen diferentes tipos de soluciones para el tratamiento del agua de hemodiálisis, la mayoría de los sistemas tiene los mismos componentes principales como se muestra en la figura 7.1.

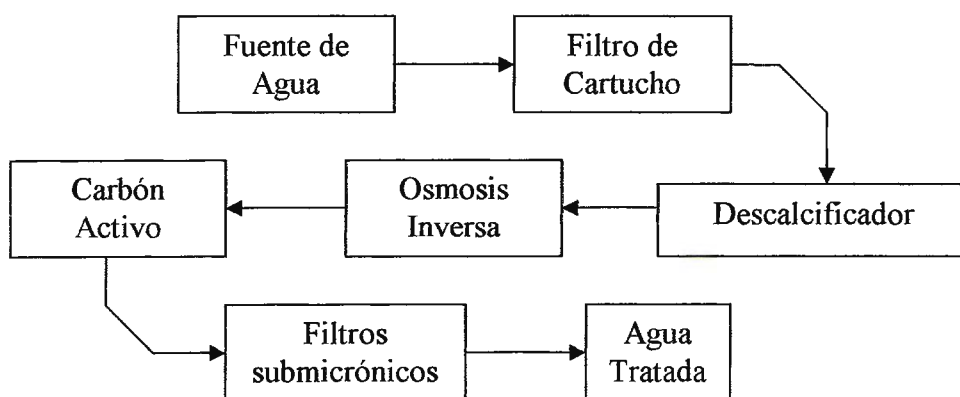


Figura 7.1: Componentes básicos de planta de tratamiento de agua para hemodiálisis.

Prácticamente el agua debe pasar por tres etapas de purificación, el pre-tratamiento, la osmosis inversa y los post-tratamientos. El pre-tratamiento se compone por procesos que dependen de la calidad del agua fuente que se utiliza y de las necesidades especiales del resto del sistema de tratamiento. Generalmente incluye un filtro de cartucho de 5 micrómetros y una columna de intercambio iónico de iones calcio y magnesio llamado descalcificador. Adicionalmente se debe considerar el sistema de osmosis inversa que se va a utilizar, ya que este, dependiendo del sistema escogido (membrana de poliamida), podría dañarse con el contenido de color en el agua a tratar.

La etapa principal es la de Osmosis Inversa, que permite la eliminación de la mayor parte de las sales disueltas en el agua y de la práctica totalidad de bacterias y virus. La osmosis inversa se consigue creando un alto diferencial de presión del agua contra una membrana semipermeable, a través de la cual pasa solamente el agua pura. Los sistemas más modernos utilizan una segunda etapa de ósmosis inversa para asegurar la calidad final del agua producida. Así como para tener un respaldo en caso de falla de alguno de los dispositivos.

La etapa de post-tratamientos puede incluir la decoloración a través de filtros de carbón activo y filtros adicionales de seguridad con poros de 0.5 y 0.1 micrómetros, así como una segunda etapa de osmosis inversa y otros sistemas más complejos como un desionizador eléctrico o tratamiento por ultravioleta y ultrafiltrado o la combinación de cualquiera de estos.

En algunos casos, especialmente cuando el suministro de agua no es confiable, se puede utilizar un tanque de almacenamiento adicional para agua tratada de capacidad de 24 horas. Cuando se utilice, el tanque deberá estar situado antes del tratamiento de decoloración, de forma que el agua se mantenga protegida de bacterias y otros peligros biológicos mientras esté almacenada. En caso que el agua sea decolorada previamente (por ejemplo cuando se requiere para el tratamiento de osmosis) esta tendrá que ser clorada nuevamente antes de almacenarse. Por lo general, no se recomienda la utilización del tanque para agua tratada y solo debe considerarse en casos donde no se pueda utilizar un tanque de reserva de agua cruda (previa al tratamiento) junto a un sistema de tratamiento “en línea”.

El tratamiento en línea se refiere a al tratamiento del agua en el momento en que se utiliza. Esto significa que el sistema esta diseñado de forma que el agua potable de la fuente de abastecimiento, al ser tratada para ser entregada a los equipos es utilizada directa e inmediatamente sin ningún tipo de etapa de almacenamiento de agua tratada. Este tipo de sistemas disminuye la posibilidad de contaminación del agua asegurando un abastecimiento fresco de esta.

d) Suministro de Agua

Es de vital importancia estimar el consumo de agua del servicio destinada para la hemodiálisis. El consumo de agua depende del equipo de hemodiálisis pero se puede estimar que el sistema consumirá un litro de agua por minuto por cada máquina de hemodiálisis. Para un horario de trabajo de 12 horas diarias y una duración de tratamiento de 4 horas, se obtienen los valores reflejados en la tabla 7.3 para estimar el consumo de agua.

	Máquinas de Hemodiálisis							
	8		12		16		24	
	Consumo	Reserva	Consumo	Reserva	Consumo	Reserva	Consumo	Reserva
Agua (litros)	5760	11520	8640	17280	11520	23040	17280	34560

Tabla 7.3: Consumo de agua por máquina de hemodiálisis.⁵

En la tabla 7.3 se pueden ver dos valores, uno corresponde al agua tratada que consumen las máquinas diariamente, y el segundo valor representa la cantidad de agua sin tratamiento que debe considerarse

⁵ Guía de Equipamiento Diálisis, Subsecretaría de innovación y calidad Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud, México, 2005.

como reserva (equivalente a dos días), ya sea en una cisterna exclusiva para el servicio o como parte del sistema de suministro general del establecimiento.

e) Red de Distribución de Agua

La red de distribución deberá ser diseñada de forma que mantenga la calidad del agua y no la exponga a contaminación ni favorezca la proliferación de agentes patógenos. Para esto se deberá diseñar de materiales que no aporten elementos contaminantes como lo harían el cobre, hierro, aluminio o pvc, sino más bien deberá utilizarse materiales que no se oxiden ni degraden como el acero inoxidable con alta resistencia a corrosión (por ejemplo 316L).

Para evitar la proliferación de agentes patógenos el sistema de distribución deberá permitir un flujo laminar constante a lo largo del recorrido, por lo que se deben de evitar codos, empalmes y conexiones y se deberá asegurar que el material no tenga huecos o poros donde se puede estimular el crecimiento bacteriano.

f) Control de Calidad

El monitoreo de la calidad del agua debe realizarse de manera constante para garantizar la seguridad del paciente. Los controles de calidad se deberán hacer según la tabla 7.4.

Control	Frecuencia	Valor Esperado
Conductividad	Continuamente	25 mS
Calcio a la Salida del descalcificador	Semanalmente	2 mg/l
Cloro a la salida del carbón activo	Mensualmente	0.1 mg/l
Otros Contaminantes	3 Meses	N/A
Análisis de Endotoxinas	3 Meses	0,25 UE/ml,

Tabla 7.4: Frecuencia y resultados de controles de calidad de agua.

7.5.2. Gases Médicos

Debido a que la salud de los pacientes con problemas renales, se encuentra en algunos casos en estados críticos, se debe considerar el abastecimiento de gases a todos los puestos. Entonces, se debe tener al menos una toma de aire comprimido, una toma de oxígeno y una de vacío por puesto de tratamiento. Dependiendo de la complejidad del establecimiento de salud, se pueden considerar desde tanques portátiles hasta sistemas completos de gases médicos.

7.5.3. Electricidad

A pesar de no ser un elemento de soporte de vida, el tratamiento de hemodiálisis tiene un contacto muy estrecho con el sistema vascular, lo que hace de vital importancia. Una falla en el suministro de energía eléctrica, pone en peligro la seguridad de la vida humana directa o indirectamente.

Por este motivo, es importante que el servicio de tratamiento renal cuente con un sistema integral de distribución eléctrica, el cual tenga acceso a una planta de emergencia.

El sistema de emergencia deberá ser capaz de entrar en funcionamiento en un máximo de 10 segundos, posteriores a la interrupción del suministro normal. Adicionalmente los equipos en sí deberán estar conectados a un sistema o dispositivo de alimentación ininterrumpida (UPS) que pueda mantener su funcionamiento al menos 15 minutos mientras el sistema de emergencia inicia.

7.6. Interrelaciones con otros Servicios

Cuando se habla de un servicio de hemodiálisis, como parte de un establecimiento de salud de segundo nivel, deben considerarse las interrelaciones con otros servicios. Como todos los servicios y áreas dentro de un hospital, el servicio de tratamiento renal no puede estar aislado del resto de hospital, y aparte de los sistemas que lo apoyan directamente, el servicio también se relaciona de diferentes formas otros servicios en el hospital. Para facilitar la clasificación de las relaciones entre servicios se tienen dos tipos de interrelación: primaria y secundaria.

7.6.1. Interrelación Primaria

Los servicios con interrelaciones primarias, son aquellos que tienen relación directa con el servicio de hemodiálisis y por este motivo, a la hora de diseñar un hospital o el servicio de hemodiálisis, este se deberá situar en la cercanía de estos servicios. Básicamente, el servicio de hemodiálisis tiene interrelación primaria con tres servicios: el servicio de nefrología, recepción y consulta externa. En el servicio de nefrología pueden brindarse atenciones como diálisis peritoneal, transplantes renales, litotricia, etc.

La relación del servicio de tratamiento renal y del servicio de nefrología para establecimientos de salud es bastante clara. Siempre existirá un tráfico de pacientes e información entre ambos servicios. Por este motivo se deberá considerar la cercanía entre ambos servicios.

La recepción de un hospital es el primer contacto que tiene un paciente con el hospital, y es donde se realizan las actividades administrativas relacionadas con la asignación de turnos y citas para los tratamientos. Debido a que el servicio de hemodiálisis es un servicio de carácter ambulatorio, la mayoría de pacientes vienen del exterior del hospital, por

esto el contacto con el vestíbulo principal debe ser estrecho y su localización lo mas cercana posible.

Al igual que la recepción, el servicio de consulta externa es el primer contacto que tiene el paciente con el hospital, pero desde un punto de vista asistencial. Es acá donde se determina la necesidad de un paciente de recibir tratamientos renales y de monitorear y controlar su progreso a través del tratamiento.

7.6.2. Interrelación Secundaria

Las interrelaciones secundarias son aquellas que a pesar de no estar directamente relacionadas con el servicio de tratamiento renal, son servicios fundamentales para el servicio y que son requeridos muy frecuentemente por los pacientes de tratamiento de hemodiálisis. Principalmente se tienen cuatro servicios dentro de esta categoría: hospitalización, laboratorio clínico, imaginología y emergencia.

La hospitalización y el servicio de emergencia están relacionados al servicio de tratamiento renal de manera similar. Estos son importantes tanto cuando el paciente requiere de tratamientos, monitoreo o cuidados especiales después del tratamiento o cuando los pacientes vienen de estos servicios.

De la misma forma, la función del laboratorio clínico y la de los servicios de imaginología son importantes es común, en la medida en que ambos forman parte del diagnóstico de la enfermedad y el monitoreo de los avances del tratamiento y salud del paciente.

7.7. Criterios de Diseño

7.7.1. Criterios Zonales

Arquitectónicamente hablando, los servicios están compuestos por zonas funcionales que dependen de las características de cada uno, para el servicio de Hemodiálisis se tienen las zonas descritas en el apartado 7.2 sobre los componentes del servicio.

Para poder diseñar la planta arquitectónica del servicio es necesario tomar en cuenta estas zonas y sus interrelaciones, así como la organización interna de estas y sus consideraciones dimensionales.

a) Área de Control: El área de control deberá estar ubicada de manera que sea el primer contacto del paciente con el servicio y deberá ser de acceso visible y sencillo. Se debe diseñar de forma que permita el control de la entrada al resto de servicio y permita el paso a personas con movilidad reducida y también que facilite brindar atención e información a los pacientes.

El área mínima del servicio es de 6 metros cuadrados por cada persona designada al área de control.

b) Sala de Espera: la sala de espera debe estar a la entrada del servicio, contigua al área de control y debe permitir acceso y estancia tanto para personas sentadas como para personas en sillas de ruedas o con otras discapacidades, incluso en camillas.

Las dimensiones de la sala de espera serán de un mínimo de 24 m² y 1.5 m² por visitante. Para calcular el número de visitantes se debe tomar el número de puestos de diálisis por tres (un paciente y dos acompañantes).

Contiguo a la sala de espera, deberá haber un espacio designado especialmente para estacionar sillas de ruedas y camillas de manera que estén listas cuando algún paciente las necesite.

c) Consultorio: El consultorio esta designado para realizar la entrevista y examen del paciente y debe tener espacios adecuados para esto. Las dimensiones del consultorio deben ser como mínimo 12 m² y debe tener divisiones físicas entre el espacio de entrevista y el de examen. Se recomienda un consultorio por cada 15 puestos de hemodiálisis o fracción, de manera que se facilite la atención de los pacientes cuando sea necesario.

d) Área de Tratamiento: Los puestos dentro del área de tratamiento deben estar separados en cubículos para dar al paciente más comodidad y privacidad. Los cubículos deben de estar organizados en posición radial utilizando como eje su estación de enfermeras asignada, para permitir monitoreo constante de los pacientes.

Los cubículos deben tener una dimensión mínima de 8 m² de área. Debido a que los tratamientos de hemodiálisis son prolongados, se recomienda que el diseño permita la estancia de al menos un acompañante durante el tratamiento con el fin de dar confort y soporte al paciente durante la espera.

También se debe considerar el tratamiento de pacientes con enfermedades infecciosas y con alto peligro de contagio (inmunodeprimidos). Por lo que se deberán diseñar espacios aislados (o aislables) para garantizar la seguridad de los pacientes. Se debe tener 1 cubículo aislado por cada 5 puestos de trabajo.

Las paredes, suelos y techos deberán ser de materiales que permitan lavado para garantizar la higiene del servicio.

e) Central de Enfermeras: la central de enfermeras deberá ser diseñada de manera que permita realizar de forma adecuada el trabajo administrativo, la preparación de material y medicamentos y preparación de equipo. Es importante que desde la central de enfermeras se puedan monitorear todos los puestos asignados ya sea de forma directa o a través de sistemas de circuito cerrado de video. La localización de la central de enfermeras debe realizarse de forma que permita el acceso rápido a los puestos de trabajo.

Se recomienda una estación de enfermera por cada 10 puestos de trabajo como máximo. Las dimensiones de la central de enfermeras deben realizarse según la tabla 7.5.

Numero de Puestos de Trabajo	Dimensión en m ²
Hasta 4	12 m ²
Hasta 10	18 m ²

Tabla 7.5: Dimensiones propuestas para Central de Enfermeras⁶

f) Área de Administración: las dimensiones del área de administración dependerán directamente de la complejidad del servicio y de la cantidad de empleados que este tenga. Para dimensionarlo se utiliza un mínimo 6 m² por cada persona que trabaja en administración. Y se tendrá una superficie mínima de 9 m².

g) Baños y Vestidores: Los baños y vestidores del servicio de hemodiálisis pueden clasificarse en tres categorías con características

⁶ Manual VA 7610 del Departamento de Asuntos de los Veteranos de los Estados Unidos de América, 1990

propias según su uso, para el caso se tienen baños de uso común, baños y vestidores para personal y baños y vestidores para pacientes.

Para los baños de paciente, deberá haber al menos uno por cada 12 puestos por género (uno para hombres y uno para mujeres). La superficie mínima debe ser de 4 m² y se debe considerar que al menos uno tenga facilidades para pacientes con movilidad reducida. Los baños deben tener puertas que abran hacia fuera y cerraduras que permitan abrirse de ambos lados para casos de emergencia. Adicionalmente debe tener un área designada como vestuario de pacientes, la cual debe tener divisiones para privacidad, y contar con banca perchero y espejo, y un armario para guardar cosas por puesto de trabajo.

Para los baños del personal se deberá calcular al menos uno por cada 15 mujeres por turno y 1 por cada 25 hombres en turno. Adicionalmente los vestuarios deben tener un armario por empleado del servicio y contar con banca y espejo.

7.7.2. Iluminación

Las diferentes partes de un servicio requieren calidades de iluminación específicas dependiendo de las actividades que allí se realizan. En el caso del servicio de tratamiento renal, se tienen básicamente dos necesidades, las áreas de tratamiento y consulta y las áreas generales.

Para las áreas de tratamiento y consulta, se recomienda iluminación de 300 a 500 luxes, libre de sombra. Esta iluminación permite un diagnóstico y monitoreo del paciente apropiado sin dar lugar a que se confundan síntomas con sombras o diferentes coloraciones causadas con la luz. La iluminación para áreas administrativas y usos generales debe tener un nivel de 200 a 275 luxes.

7.7.3. Aire Acondicionado

Para diseñar el Sistema de Aire Acondicionado en un servicio de hemodiálisis, se debe abarcar tan exigentemente el diseño como los de áreas críticas, debido al tipo de procedimientos que se realizan dentro de él y principalmente por el tipo de pacientes a ser atendido en este servicio.

Para evitar que penetre aire contaminado a la zona de tratamiento, se debe mantener una ventilación del sector con presión positiva por 15% respecto a la presión del resto de áreas y pacillo dentro del servicio y servicios adyacentes.

El número de intercambios de volúmenes de aire debe ser de 15 a 20 y de preferencia deben ser en su totalidad aire fresco. Si se utiliza recirculación de aire se recomienda al menos un 25% de renovación de aire por hora.⁷

Ya sea si se utiliza aire fresco o recirculación de aire, es necesario filtrar la entrada para purificar y garantizar que no exista polvo ni bacterias que podrían contaminar el servicio. Se recomienda la utilización de filtros HEPA u otras soluciones de filtros con alta eficiencia, no menor al 99%.

Debido a que los filtros de alta eficiencia son de muy alto costo, para poder alargar su vida útil se recomienda colocar un filtro de menor eficiencia antes de este filtro (por ejemplo un filtro de 40%) de manera que filtre las partículas más grandes, reduciendo así la carga de los filtros más costosos.

⁷Trabajo de Graduación, Análisis de Tecnologías de Terapia Renal, Universidad Don Bosco

Otro factor importante en el diseño del sistema de aire acondicionado para el área de tratamiento renal es el posicionamiento de las entradas y salidas del sistema. Se recomienda el uso de ventilación a través de flujo laminar, ya que al eliminar las turbulencias del sistema se evita contaminación entre paciente, personal, paredes, piso y equipo. Con esto en mente, la entrada de aire debe encontrarse a una altura de 1.82 metros sobre el nivel de piso terminado (muy cerca del cielo falso), mientras que la salida del aire deberá ubicarse a 10 centímetros del piso terminado, alineados de forma que permitan el desplazamiento laminar de la corriente de aire sin crear turbulencias. Se utilizan las alturas indicadas, de manera que la entrada de aire no quede cerca del suelo, pues este tiende a acumular contaminantes como polvo o bacterias que podrían ser levantadas si se colocara la entrada de aire a un nivel más bajo.

7.8. Guía de Diseño de Servicio de Tratamiento Renal

La guía de diseño de servicio de tratamiento renal corresponde a la guía general de diseño de servicios propuesta en el capítulo 2, y se modifica de forma que se adapte a las necesidades específicas de este servicio.

a. Paso 1: Definir referencia de dimensionamiento

El dimensionamiento del servicio puede ser realizado con varios índices. En el caso del servicio de tratamiento renal el que resulta más fácil de utilizar es la población de cobertura del establecimiento.

b. Paso 2: Dimensionar capacidad del Servicio de Tratamiento Renal

Tomando el dato anterior, se puede calcular la cantidad de tratamientos a realizar en un año, y a partir de esto se puede calcular el número de puestos que necesitará el servicio de tratamiento renal para cubrir la demanda. Para lograr esto se utilizarán los pasos descritos anteriormente.

c. Paso 3: Análisis de tecnologías a utilizar

En este paso se deben analizar las tecnologías que se utilizarán para realizar el tratamiento. Es de vital importancia seleccionar la tecnología más apropiada para las necesidades del servicio, y de esta, se debe tomar especial atención en los requerimientos y sistemas de apoyo que estas tecnologías implican.

d. Paso 4: Especificar Servicios e Instalaciones de Apoyo

Tomando en cuenta los datos anteriores, es importante especificar los detalles de las instalaciones de apoyo. Estas incluyen los sistemas de tratamiento de agua, sistema de gases médicos y sistemas de protección eléctrica.

e. Paso 5: Definir las relaciones y consideraciones funcionales de los espacios

Acá se recopilan todas las diferentes relaciones entre los espacios funcionales del servicio de tratamiento renal. La complejidad de este paso será directamente proporcional a la complejidad del servicio. Acá se debe definir tanto los espacios y áreas de las que se compondrá el servicio, como si existen áreas, servicios u otros establecimientos (en caso de centros de tratamiento autónomos) con los que estará trabajando estrechamente.

f. Paso 6: Diseñar plano arquitectónico del Servicio o Instalación

Tomando en cuenta toda la información recopilada anteriormente, en especial las relaciones y consideraciones funcionales de espacios, así como los criterios de distribución de zonas presentados en este capítulo, se debe realizar y plasmar el diseño final en un plano arquitectónico.

7.9. Caso de Estudio

En este capítulo se han desarrollado los criterios y recomendaciones necesarios para diseñar un servicio de tratamiento renal. Para aclarar los

procedimientos de los diferentes pasos, se presenta el siguiente ejemplo de cálculo para un hospital general.

Se planea construir un Hospital General nuevo que cuenta con atención renal y capacidad para atender a una población de 100000 habitantes. El hospital funciona por administración privada. Y tiene un abastecimiento de agua potable confiable y suficiente para suministrar al servicio. No se planea realizar docencia ni investigación en el hospital.

7.9.1. Paso 1: Definir referencia de dimensionamiento

Para el servicio de hemodiálisis se utilizará la cantidad de pacientes a atender como referencia de dimensionamiento.

7.9.2. Paso 2: Dimensionar capacidad del Servicio de Tratamiento Renal

El dimensionamiento del servicio se hace según el procedimiento aclarado anteriormente.

a) Investigación y Definición de Modelo de Gestión:

Para este ejemplo presentado se utilizará la información según se presenta en la tabla 7.6.

Horarios de Trabajo	8 A.M. a 4 P.M.
Jornada Laboral (t_L)	8 horas
Días Laborales Anuales (D_L) del servicio	250 días
Promedio de Duración de Tratamiento (t_{Tx})	4 horas
Numero de Tratamientos Realizados anuales por Paciente (N)	104 Tratamientos ⁸

Tabla 7.6: Datos recolectados para caso de estudio.

⁸ Basado en 2 tratamientos a la semana por 52 semanas al año.

b) Definir Pacientes a Atender:

El número de pacientes a atender es muy importante para definir los tratamientos de hemodiálisis al año. Para una población de 100000 habitantes se calcula que se atenderán 21900⁹ pacientes al año.

c) Definir numero de tratamientos de hemodiálisis al año:

Para calcular los tratamientos de hemodiálisis a realizarse en un año, es necesario antes conocer los pacientes de hemodiálisis esperados anualmente. Esto se hace con la ecuación 7.2.1. Utilizando el porcentaje de pacientes de hemodiálisis calculado en el apartado 7.3.1 como índice de referencia ($P_{\%h}=.204\%$).

$$P_h = \frac{P_a \times P_{\%h}}{100} \quad (\text{Ec.7.2.1})$$

$$P_h = \frac{21900 \times .204}{100} = 44.7 \text{ pacientes}$$

Se utiliza el número entero superior, se tienen 45 pacientes. Una vez calculado el número de pacientes de hemodiálisis a atender, se puede obtener el número de tratamientos anuales por medio de la ecuación 7.2.2.

$$T_h = P_h \times N \quad (\text{Ec 7.2.2})$$

$$T_h = 45 \times 104 = 4680 \text{tratamientos}$$

d) Calcular cuantas diálisis se deben realizar en un día de trabajo:

$$T_d = \frac{T_h}{D_L} \quad (\text{Ec 7.3})$$

$$T_d = \frac{4680}{250} = 18.72 \text{ Tratamientos}$$

Se utiliza el resultado directamente superior, 19 tratamientos diarios.

⁹ Para detalles del cálculo de pacientes atendidos al año, ver anexo 1.

e) Calcular cuantas hemodiálisis puede una máquina realizar en un día de trabajo:

$$N_d = \frac{t_L}{t_{Tx}} \quad (\text{Ec. 7.4})$$

$$N_d = \frac{8h}{4h} = 2$$

Se tienen entonces 2 tratamientos diarios por máquina.

f) Calcular cuantos puestos de trabajo se necesitan para suplir demanda:

$$P = \frac{T_d}{N_d} \quad (\text{Ec. 7.5})$$

$$P = \frac{19}{2} = 9.5 \text{ puestos}$$

De acuerdo con el cálculo realizado, para suplir la demanda del hospital se requieren 10 puestos de hemodiálisis.

g) Calcular consumo de agua:

Como parte secundaria del proceso de dimensionamiento, es importante determinar el consumo de agua estimado que tendrán las máquinas. Para esto se utiliza el criterio de 1 litro de agua por minuto, por máquina de hemodiálisis.

Por lo que se tiene, para 10 equipos de hemodiálisis y para una jornada de 8 horas diarias:

$$C_{H_2O} = P \times t \times f = 10 * (8h * \frac{60 \text{ min}}{1h}) * 1 \frac{l}{\text{min}} = 4800 \text{ litros}$$

Donde P es el número de equipos de hemodiálisis, t es el tiempo en minutos que trabajan los equipos al día y f es criterio de consumo. Se obtiene entonces un consumo diario de agua tratada de 4800 litros, y

se sugiere mantener una reserva para al menos dos días de trabajo, es decir 9600 litros.

7.9.3. Paso 3: Tecnologías a utilizar

A la hora de seleccionar las tecnologías a utilizar, es importante considerar las necesidades particulares del servicio y el hospital así como características particulares del equipo como son funciones, requerimientos, capacidades, confiabilidad, disponibilidad y costo.

Para este caso de estudio se consideraron dos opciones de marca reconocida para las máquinas de hemodiálisis, la 2008K Hemodialysis Machine de Fresenius USA y la Dialog Plus Hemodialysis System de B.Braun mostradas en la figura 7.2. De estas se seleccionó el equipo 2008K. En la tabla 7.6 se muestran las especificaciones del equipo más importantes para el diseño.



Figura 7.2: Equipos 2008K de Fresenius y DialogPlus de B.Braun respectivamente.

Especificaciones	
Dimensiones:	
Base	54cm x 63cm
Altura	133cm
Peso Total	73 Kg
Requerimientos Eléctricos:	
Suministro	120V, 60Hz
Agua	
Presión de Agua	20psi min., 105psi máx.
Temperatura del agua	10°C a 25°C
Calidad de Agua	AAMI Standard

Tabla 7.6: Especificaciones y Requerimientos de Equipo 2008K relevantes para el *diseño*.¹⁰

7.9.4. Paso 4: Especificar Servicios e Instalaciones de Apoyo

Según las especificaciones técnicas y los criterios de diseño, el servicio de hemodiálisis requerirá cuatro diferentes servicios o instalaciones de apoyo; central de esterilización, sistema de gases médicos, sistema eléctrico y tratamiento de agua. De estos, el tratamiento de agua es de mayor importancia para el diseño ya que se realizará directamente en el servicio de tratamiento renal.

El equipo seleccionado para la purificación del agua se basa en un sistema de osmosis inversa tradicional Med-RO RX, el cual cumple con los requerimientos de calidad de agua para hemodiálisis. En la tabla 7.7 se muestran las especificaciones del equipo más importantes para el diseño.

¹⁰ Para más información sobre las especificaciones del equipo ver anexo 2.

Especificaciones	
Dimensiones:	
Base	104.5cm x 80.8cm
Altura	191.4 cm
Agua	
Abastecimiento	Suavizada, Tratada con Carbón, Potable
Prefiltrado	5 μ nominal

Tabla 7.7: Especificaciones y Requerimientos de Equipo Med-RO relevantes para el diseño.¹¹

Considerando los requerimientos de calidad de agua de abastecimiento, se puede determinar la necesidad de complementar el equipo con un filtro previo de 5 μ m, un suavizador y un filtro de carbón decolorificador. De igual forma, para garantizar la seguridad del tratamiento, se complementará el sistema con postratamientos ultrafiltrado y ultravioleta.

7.9.5. Paso 5: Definir las relaciones y consideraciones funcionales de los espacios.

Considerando los criterios expuestos en el capítulo anterior los elementos mínimos del diseño serán los mostrados en la tabla 7.8:

Zona	Dimensión
Área de control	6 m ²
Sala de Espera	40.5 m ²
1 Consultorio	12 m ²
10 puestos de trabajo	8m ² /puesto (2 puestos aislados)
Estación de Enfermeras	18 m ²
Área de Administración	6 m ² / persona (4 personas)
Baños	1 para hombre y 1 para mujer para pacientes, otros para personal y otros para público.

Tabla 7.8: Elementos mínimos de diseño de servicio de hemodiálisis

¹¹ Para más información sobre las especificaciones del equipo ver anexo 3

7.9.6. Paso 6: Diseñar plano arquitectónico del Servicio o Instalación

Finalmente se procede al vaciado de la información adquirida en un plano arquitectónico, tomando en cuenta todas las consideraciones de diseño mencionadas previamente.

Capítulo 8

Diseño de Servicio de Odontología

8. Diseño de Servicio de Odontología

En este capítulo se presentan criterios generales de diseño, se definen procedimientos de diseño y dimensionamiento para el área odontológica, además se presenta un diseño de servicio odontológico, aplicando los criterios propuestos.

8.1. Generalidades

8.1.1. Areas de tratamiento

8.1.1.1. Area general

Esta área incluye los consultorios odontológicos generales.

8.1.1.2. Area especializada

En esta área se realizan procedimientos que requieren especialización, tanto en el recurso humano como equipo odontológico, incluye los siguientes consultorios:

- a) Periodoncia. En este consultorio se realizan procedimientos que como, el estudio, diagnóstico prevención y tratamiento de gingivitis y periodoncias.
- b) Endodoncia. En esta área se realizan procedimientos referentes a la pulpa del diente.
- c) Maxilo facial. Es el área destinada para procedimientos donde intervienen los huesos faciales, así como los de la cavidad bucal.

8.1.1.3. Area de educación dental

Esta área incluye las siguientes áreas:

- a) Higiene. Area destinada a procedimientos de limpieza bucal.

b) Cepillado. Esta área está destinada al entrenamiento y educación de cepillado dental.

8.1.1.4. Laboratorio odontológico

Esta área es específica para funciones de creación de prótesis dentales fijas y removibles.

8.2. Criterios de diseño

8.2.1. Criterios de dimensionamiento

Para la determinación de puestos de trabajo debe considerarse la carga de trabajo, para ello debe tomarse en cuenta los siguientes datos:

- a) Población a atender. Aquí se define la población total de cobertura del establecimiento de salud. Una vez se tiene la población total se toma un criterio, el cual determina el porcentaje de la población total de cobertura que será atendida en el servicio de odontología. El criterio a utilizar plantea que por cada 1000 habitantes de cobertura un 16%¹ pasa consulta en el servicio de odontología.
- b) Horario de trabajo. El horario de trabajo del servicio varía según el tipo de establecimiento de salud.
- c) Tiempos promedio de tratamiento. Rendimientos hora-dentista promedios pueden observarse en la tabla 8.1, estos contemplan los tiempos muertos entre tratamientos.
- d) Días laborales. Los días laborales cambian de acuerdo al tipo de establecimiento de salud, privado, público de seguridad social, etc.

¹ Como nace un hospital, Estévez Corona México, 1987.

e) Cantidad de consultas al año. Aquí se establece las consultas anuales por paciente, el criterio que se tomará para un servicio de odontología será de 5 consultas al año por paciente.²

Los criterios antes mencionados se relacionan en la ecuación 8.1.

$$\text{Número de puesto de trabajo} = \frac{\text{Número de Consultas al año}}{\text{Días laborales} \times R \times h} \quad (\text{Ec 8.1})$$

Donde:

Número de consultas al año: relaciona el porcentaje de población a atender con la periodicidad por paciente.

R: rendimiento hora dentista.

h: horas en las que presta servicio el área.

Tipo de Consulta.	Consulta por horas.
General	2 (30 min.)
Higiene y cepillado	2 (30 min.)
Especializado	2.5 (24 min.)

Tabla 8.1 Tiempo promedio que requieren distintos procedimientos odontológicos.

f) Recursos humanos. Para la determinación de personal de trabajo se procede a partir del número de puestos de trabajo y se muestran en la tabla 8.2

Número de puesto de trabajo.	Tipo de dentista.
2 puestos de trabajo	Por cada Dentista general.
2 puestos de trabajo	Por cada especialista.
1 puesto de trabajo	Por cada higienista dental

Tabla 8.2 Relación de puestos de trabajo y personal.³

² Como nace un hospital, Estévez Corona México, 1987.

8.2.2. Criterio para espacios

La tabla 8.3 muestra los espacios estándares para áreas de tratamiento, áreas administrativas y de apoyo.

Espacios administrativos.	Area (m²)
Oficina de jefatura	14
Oficina odontólogos	11
Puestos de trabajo.	
Higiene dental	11
Odontología general	11
Odontología especializada	14
Quirófano dental	17
Recuperación	10
Soporte	
Cuarto oscuro	7.5
Rayos x panorámico	12
Preparación de instrumental y esterilización	7.5
Recepción	9.3
Laboratorio dental	7.4
Espera ⁴	5.6

Tabla 8.3 Areas utilizadas por los distintos espacios.⁵

8.3. Criterios para sistemas de Apoyo

8.3.1. Calidad del Agua³

La calidad del agua utilizada en tratamientos odontológicos no debe sobrepasar las 200 UFC / 1ml. En cuanto a la dureza del agua, no debe exceder 0.006 ppm.

³ Design Medical Military Facilities, U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS, 2003.

⁴ Esta área provee espacio para 2 asientos y una silla de ruedas. Se provee uno de estos espacios por cada puesto de trabajo.

⁵ Medical and Dental Space Planning, Jain Malkin, USA, 2002.

8.3.2. Iluminación

Las zonas de odontología deben contar los requerimientos de iluminación mostrados en la tabla 8.4. Las lámparas fluorescentes en las áreas de cirugía oral y puestos de trabajo, deben ser colocadas de forma que la luz se concentre en los sillones dentales.

Local	Iluminación (luxes)
Cuarto oscuro	0-500
Puestos de trabajo	1500
Esterilización	700
Odontología preventiva	700
recuperación	700
Área de rayos x	1000
Sala de espera	500
Areas administrativas, oficinas	300-500

Tabla 8.4 Iluminación requeridas en las zonas de odontología.⁶

8.3.3. Aire Acondicionado⁷

8.3.3.1. Requerimientos

El área de cirugía dental debe contar con 12 cambios por hora, se recomienda que el 100% sea liberado al exterior por medio de un sistema dedicado. La velocidad de difusión debe ser de 0.2 a 0.41 m/s, las rejillas de descarga deben estar colocadas en el techo a nivel del sillón odontológico. La presión de esta área debe mantenerse negativa al menos a 0.00184 inHg. Las demás áreas se recomiendan 4 cambios por hora. Las tablas 8.5 y 8.6 muestran el grado de filtración, temperatura y humedad relativa, en las distintas áreas de odontología.

⁶ Electrical Desing Manual for Hospitals, Department of Veterans, EU, 2006.

⁷ HVAC Manual for Hospitals, Department of Veterans, EU, 2006.

Area	Eficiencia de pre filtros	Eficiencia post filtros
Odontología general	30	85
Cirugía	30	95

Tabla 8.5 Eficiencia de los filtros de aire acondicionado.

Area	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)
Cirugía	24	30
Odontología general	25	50

Tabla 8.6 Temperatura y humedad relativa.

8.3.4. Gases Médicos

Debe proveerse un sistema de gases médicos en los diferentes ambientes de odontología como los puestos de trabajo quirófanos dentales, etc. la tabla 8.7 muestra las presiones de los distintos gases médicos y vacío.

Aire comprimido dental	620 kPa (90psi)
Vacío dental (alto)	65 kPa (19 inHg)
Vacío dental (bajo)	27 kPa (8 inHg)
Oxígeno	345 kPa (50 Psi)
Oxido nitroso	345 kPa (50 Psi)

Tabla 8.7 Requerimientos de presión para gases médicos y vacío dental.⁸

⁸ Para información más detallada véase “Manual Biomédico de Diseño de Sistemas de Redes de Gases y Vacío Médico a partir de un estudio en un Hospital Salvadoreño” San Salvador, El Salvador: UDB, 2002.

8.3.4.1. Aire comprimido

El aire comprimido dental es utilizado para secar áreas en procedimientos dentales, así como para proveer potencia a instrumentos neumáticos dentales.

a) Compresores del sistema de aire comprimido

El aire comprimido debe ser suministrado por dos o más compresores, los cuales deben ser capaces de trabajar de forma alternada y simultanea. Los compresores deben ser dimensionados de tal manera, que si uno falla, el compresor remanente debe proveer el 65% de la demanda.

b) Ubicación de la toma de aire comprimido

Debe estar localizada en el exterior, arriba del nivel del techo a una distancia mínima de 10 pie (3 m) de cualquier puerta, ventana u otra entrada o apertura del edificio y una distancia mínima de 20 pies (6 m) arriba del piso. Las entradas deben ser protegidas contra la entrada de lluvia o sustancias extrañas, además debe estar localizada donde no exista contaminación de descarga de motores, ventilaciones de combustible almacenado, descargas de sistemas de vacío.

Para dimensionar la tubería de entrada o toma de aire fresco, se debe utilizar la tabla 8.8, la cual relaciona la potencia y ubicación del compresor con respecto a la longitud de tubería y diámetro de la entrada de aire fresco.

c) Pérdidas de presión

Las Pérdidas de presión en el punto más alejado de la fuente de aire comprimido, no debe sobrepasar los 5 psi (35 KPa).

Planta de aire médico duplex													
Potencia (HP)	Diámetro de entrada	Longitud total de tubería en pies											
		25	50	75	100	150	200	250	300	350	400	450	500
1.0	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.50	1.50	1.50
2.0	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.50	1.50	1.50	2.0	2.0	2.0	2.0	2.00
3.0	1.25	1.25	1.25	1.50	1.50	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.50
5.0	1.25	1.50	2.0	2.0	2.0	2.0	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	3.00
Planta de aire duplex modular													
Potencia (HP)	Longitud de la tubería en pies												
	25	50	75	100	150	200	250	300	350	400	450	500	
7.5	2.0	2.0	2.0	2.5	2.5	2.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	
10.0	2.0	2.5	2.5	2.5	2.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.5	3.5	3.5	
15.0	2.5	2.5	2.5	3.0	3.0	3.5	3.5	3.5	3.5	4.0	4.0	4.0	
20.0	2.5	3.0	3.5	3.5	3.5	4.0	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	
Planta de aire triple modular													
Potencia (HP)	Longitud de la tubería en pies												
	25	50	75	100	150	200	250	300	350	400	450	500	
7.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	
10.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.5	3.5	3.5	3.5	4.0	4.0	
15.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.5	3.5	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	5.0	
20.0	3.0	3.50	3.5	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	6.0	6.0	
Planta de aire cuádruples													
Potencia (HP)	Longitud de la tubería en pies												
	25	50	75	100	150	200	250	300	350	400	450	500	
7.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.5	3.5	3.5	4.0	4.0	4.0	4.0	
10.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.5	3.5	3.5	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	
15.0	3.0	3.0	3.5	3.5	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	
20.0	3.5	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	

Tabla 8.8 Relación la potencia y ubicación del compresor con respecto a la longitud de tubería y diámetro de la entrada de aire fresco.⁹

⁹ Medical Gas Design Guide, Chapter 5 - Medical Air, MEDAES, 2005.

d) Criterio para la demanda de aire comprimido¹⁰

Debe considerarse los gastos por salida para cada puesto de trabajo en 10 LPM y para el laboratorio dental se fija en 25 LPM.

El factor de uso del sistema de aire comprimido en función de puestos de trabajo, se muestra en la tabla 8.9.

Número de puestos de trabajo	Factor de uso.
1-3	1
4-6	0.9
7-12	0.8
13-19	0.7
20 ó más	0.6

Tabla 8. 9 Factor de uso en función a puestos de trabajo para aire comprimido.¹¹

Para el dimensionamiento debe utilizarse la ecuación 8.2

$$Demanda = pt \times 10lpm \times FU \quad (\text{Ec. 8.2})$$

En donde:

pt: Puestos de trabajo totales.

FU: Factor de uso.

Para el laboratorio dental el factor de uso se muestra en la tabla 8.10

¹⁰ Normas de Diseño de Ingeniería, IMSS, México.

¹¹ Design Medical Military Facilities, U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS, 2003.

Número de técnicos	Factor de uso.
1-5	0.6
6-10	0.5
11-19	0.4
20 ó mas	0.3

Tabla 8. 10 Factor de uso en función a técnicos para aire comprimido en laboratorio dental.¹¹

A partir de la tabla 8.10 se utiliza la ecuación 8.3:

$$Demanda.lab = NoTécnicos \times 25lpm \times FU \quad (Ec. 8.3)$$

En donde:

Demanda lab: Demanda del laboratorio dental.

No Técnicos: Número de técnicos trabajando en el laboratorio dental.

FU: Factor de uso.

La demanda total se obtiene sumando las ecuaciones 8.2 y 8.3.

$$Demanda total = Demanda pt + Demanda lab \quad (Ec. 8.4)$$

e) Selección del compresor

Para seleccionar el compresor, se tiene que decidir el sistema, en base a eso se obtiene el factor de uso del sistema, como se observa en la tabla 8.11

Tipo de sistema	Factor de uso
Duplex	0.68
Triple	0.33
Cuadruple	0.25

Tabla 8. 11 Factor de uso del sistema de compresor.¹¹

Para el dimensionamiento del compresor se utiliza el resultado de la ecuación 8.4 y la tabla 8.11:

$$\text{Capacidad compresor} = \text{Demanda total} \times \text{Factor de uso} \quad (\text{Ec. 8.5})$$

Finalmente se selecciona la potencia del compresor, esto se realiza con el dato de la ecuación 8.5, con este dato se selecciona el compresor con los datos que proporcionan los fabricantes.

f) Capacidad del receptor o chimbo

Para seleccionar la capacidad del receptor se utiliza el siguiente criterio:

Número de puesto de trabajo.	Litros (galones) por puesto.
1-6	38 (10)
7-9	34 (9)
10-12	30 (8)
13-15	26 (7)
16-18	23 (6)
19-21	19 (5)
21 ó más	15 (4)

Tabla 8.12 Dimensionamiento del receptor en función de los puestos de trabajo.¹¹

g) Compensación por altitud

El caudal o flujo disminuye con la altura sobre e nivel del mar, para ello se debe realizar una compensación de la demanda total. Este factor de compensación se muestra en la tabla 8.13.

Altura	Factor de corrección.
Nivel del mar.	1
1,000 ft (330 m)	1.01
2,000 ft (655 m)	1.03
3,000 ft (985 m)	1.05
4,000 ft (1,310 m)	1.06
5,000 ft (1,640 m)	1.08
6,000 ft (1,970 m)	1.1
7,000 ft (2,300 m)	1.12
8,000 ft (2,620 m)	1.15
9,000 ft (2,950 m)	1.17
10,000 ft (3,280 m)	1.19

Tabla 8.13 Factor de corrección por altitud.⁹

8.3.4.2. Redes de aire comprimido odontológico

En las instalaciones de aire comprimido, se debe tomar en cuenta los siguientes criterios:

a) Tuberías

Deben utilizarse tuberías de cobre tipo K ó L, norma ASTM B819, las roscas de unión deben ser de cobre forjado ó uniones de cobre soldado. En las juntas y roscas, se debe utilizar teflón libre de grasa.

Las tuberías para toma de aire del sistema compresor, deben ser de acero galvanizado, norma ASTM A53, las uniones deben ser de hierro maleable normas ASTM A47.

b) Válvulas

Se pueden utilizar válvulas de bola con cuerpo de bronce, con capacidad máxima de presión de 4125 kPa (200 PSI). Las válvulas check deben ser fabricadas en bronce, con caídas de presión, libres

de vibración, deben tener una capacidad máxima de presión de 2750 kPa (400 psi).

8.4. Guía de Diseño del servicio de Odontología

En el proceso de diseño se deben tomar en cuenta los siguientes pasos.

a. Paso 1: Definición de la referencia para el dimensionamiento

En este paso se definen los índices de referencia, para este caso se toma la población total de cobertura del establecimiento de salud, número de consultas al año por paciente, rendimiento del dentista, el cual se refiere al tiempo promedio que se utiliza en los distintos procedimientos odontológicos y el horario de trabajo del servicio.

b. Paso 2: Dimensionamiento del servicio

Aquí se utiliza las referencias, criterios y normas para realizar el dimensionamiento, que comprenden los puestos de trabajo para el servicio.

c. Paso 3: Cálculo de aire comprimido

En este paso se utilizan los criterios y ecuaciones propuestos. Para ello se deben seguir los siguientes subpasos:

- i. Determinación de la demanda pico de aire comprimido de los puestos de trabajo y laboratorio dental.
- ii. Aplicar el factor compensación por altitud.
- iii. Seleccionar la capacidad de compresor y chimbo.
- iv. Determinación de diámetro de la tubería para la toma de aire.

d. Paso 4: Diseñar plano arquitectónico del Servicio

Finalmente todos los cálculos de puestos de trabajo y demás áreas se vacían en un plano arquitectónico.

e. Paso 5: Entrega de documento final

El cual contiene la propuesta y especificaciones obtenidas a lo largo de los pasos anteriores.

8.5. Caso de estudio: Diseño del servicio de odontología y suministro de aire comprimido

En el cálculo a ser realizado, se tomarán en cuenta los siguientes datos y consideraciones:

- a) El Servicio de odontología será una parte de un hospital general no privado.
- b) La población total a atender será de 100,000 habitantes.
- c) Se tomará el criterio de 5 consultas al año por paciente.
- d) Se ocupará el criterio de por cada 1000 habitantes 160 recibe consulta odontológica.
- e) Se utilizará la referencia epidemiológica del hospital 1° de mayo del ISSS.
- f) El servicio atenderá exclusivamente a pacientes adultos.
- g) El servicio tendrá acceso a todas las instalaciones necesarias para su funcionamiento (gases médicos, agua potable, electricidad).
- h) El horario de trabajo será de 12 horas y 233 días de trabajo al año.
- i) El servicio funcionará a 658 metros sobre el nivel del mar (San Salvador).

a. Paso 1: Definición de la referencia para el dimensionamiento

Como ya se menciona la población de cobertura es 100,000 habitantes y la referencia epidemiológica será tomada del hospital 1° de mayo del ISSS, la tabla 8.14 muestra dicha referencia.

Tipo de tratamiento	Numero de Atenciones diarias	Número de atenciones mensuales	Número de atenciones anuales
Higiene	30	582	6990
Cepillado	8	155	1864
Odontología General	30	582	6990
Endodoncia	33	640	7689
Periodoncia	25	485	5825
Maxilofacial	35	679	8155
Total	161	3123	37513

Tabla 8.14 Atenciones a pacientes en las distintas áreas del servicio de odontología del hospital 1° de mayo ISSS.

De la tabla 8.14 se pueden deducir los porcentajes por cada especialidad odontológica.

Tipo de tratamiento	Porcentaje
Higiene y cepillado	23.6%
Odontología General	18.6%
Endodoncia	20.5%
Periodoncia	15.5%
Maxilofacial	21.71%

Tabla 8.15. Porcentajes de tratamientos por especialidad en el servicio de odontología.

b. Paso 2: Dimensionamiento del servicio

Retomando los criterios y consideraciones antes mencionados, la ecuación 1 y utilizando los datos de la tabla 8.1, 8.14 y 8.15 se tiene:

$$\text{Número de puesto de trabajo} = \frac{\text{Número de Consultas al año}}{\text{Días laborales} \times R \times h} \quad (\text{Ec.1})$$

Número de consultas al año: relaciona el porcentaje de población a atender con la periodicidad por paciente.

R: rendimiento hora dentista.

h: horas en las que presta servicio el área

Para el cálculo de la población a atender se utiliza la población de cobertura y se multiplica por el porcentaje mencionado en las consideraciones.

$$\text{Población Total a atender} = 100,000 \times 0.16 = 16000 \text{ Pacientes}$$

Este dato se multiplica por los porcentajes respectivos de la tabla 8.15 y por el criterio de 5 consultas al año por paciente.

Para odontología general se tiene:

Porcentaje de tratamientos: 18.6%.

Días laborales: 233 días.

Rendimiento hora dentista: 2 tratamientos por hora.

Horas de servicio del área: 12 horas.

$$\text{Número de puesto de trabajo} = \frac{16000 \times .186 \times 5}{233 \times 2 \times 12} = \frac{14880}{5592} = 2.66 \sim 3$$

Para higiene y cepillado dental:

Porcentaje de tratamientos: 23.6%.

Días laborales: 233 días.

Rendimiento hora dentista: 2 tratamientos por hora.

Horas de servicio del área: 12 horas

$$\text{Número de puesto de trabajo} = \frac{16000 \times .236 \times 5}{233 \times 2 \times 12} = \frac{18880}{5592} = 3.37 \sim 3$$

Para Endodoncia:

Porcentaje de tratamientos: 20.5%.

Días laborales: 233 días.

Rendimiento hora dentista: 2.5 tratamientos por hora.

Horas de servicio del área: 12 horas

$$\text{Número de puesto de trabajo} = \frac{16000 \times .205 \times 5}{233 \times 2.5 \times 12} = \frac{16400}{6990} = 2.35 \sim 2$$

Para peridonia:

Porcentaje de tratamientos: 15.5%.

Días laborales: 233 días.

Rendimiento hora dentista: 2.5 tratamientos por hora.

Horas de servicio del área: 12 horas

$$\text{Número de puesto de trabajo} = \frac{16000 \times .155 \times 5}{233 \times 2.5 \times 12} = \frac{12400}{6990} = 1.77 \sim 2$$

Para maxilo facial:

Porcentaje de tratamientos: 21.71%.

Días laborales: 233 días.

Rendimiento hora dentista: 2.5 tratamientos por hora.

Horas de servicio del área: 12 horas

$$\text{Número de puesto de trabajo} = \frac{16000 \times .2171 \times 5}{233 \times 2.5 \times 12} = \frac{17368}{6990} = 2.48 \sim 3$$

La tabla 8.16 resume el cálculo realizado en este paso:

Tipo de puesto de trabajo.	Número de puestos de trabajo.
General	3
Higiene y cepillado	3
Especializado	7

Tabla 8.16 Puestos de trabajo calculados.

Con Los datos obtenidos en el cálculo anterior y tomando de referencia la tabla 8.2 se obtiene:

Número de dentista calculado	Puestos de trabajo.
3 higienistas dentales.	3 puestos para higiene y cepillado.
2 Dentistas generales.	3 Puestos de trabajo para odontología general.
3 Dentistas especialistas.	7 Puestos de trabajo para especialidades.
Total puestos	13 puestos de trabajo

Tabla 8.17 Cálculo de puestos de trabajo.

c. Paso 3: Cálculo de aire comprimido.

Para el cálculo de aire comprimido se toman los datos de la ecuación 8.2 y la tabla 8.9 de La siguiente forma:

El total de puestos de trabajo asciende a 10 puestos de trabajo, tomando el dato de factor de uso de la tabla 8.9 se obtiene un factor de uso de 0.8 y aplicando la ecuación 8.2 se obtiene:

$$Demanda = pt \times 10lpm \times FU \text{ (Ec. 2)}$$

$$Demanda = 12 \times 10lpm \times 0.8 = 104lpm$$

Para el caso del laboratorio dental, se toma la ecuación 8.3 y la tabla 8.10, si se tiene un técnico.

$$Demanda.lab = NoTécni \cos \times 25lpm \times FU \text{ (Ec. 8.3)}$$

$$Demanda.lab = 1 \times 25lpm \times 0.6 = 15lpm$$

Sumando los resultados anteriores se tiene:

$$\begin{aligned}\text{Demanda total} &= \text{Demanda pt} + \text{Demanda lab} \\ &= 104 + 15 = 119\text{lpm}\end{aligned}$$

Finalmente se selecciona el tipo de sistema de compresor, para este caso duplex, utilizando la ecuación 8.4 y la tabla 8.11 se obtiene:

$$\text{Capacidad compresor} = 119 \times 0.68 = 80.92\text{lpm}$$

A esta capacidad se le multiplica el factor de corrección por altitud de la tabla 8.13.

$$80.92\text{lpm} \times 1.03 = 83.35\text{lpm}$$

La capacidad del receptor se obtiene de la tabla 8.12, si el total de puestos de trabajo es de 13, se selecciona un receptor de 7 galones (26 litros).

Para seleccionar el compresor con lo datos calculados se verifica las especificaciones técnicas del anexo. Para ello se convierte los 83.35 lpm a scfm de la siguiente forma:

$$83.35\text{lpm} \times 0.035 = 2.92\text{scfm}$$

Por lo tanto se selecciona un compresor Airstar modelo 30 con las siguientes características importantes, tabla 8.18:

Característica	Valor
HP	1.5
Voltaje (v)	208/230
scfm pico \ continuo	4.8\2.7
Capacidad chimbo (Galones)	7

Tabla 8.18 Características importantes del compresor.

El diámetro de entrada en base a la tabla 8.8 y la potencia seleccionada (1.5 HP), es de 1.25 pulgadas (3.17 centímetros).

Capítulo 9

**Protocolos de Evaluación de
Establecimientos de Salud**

9. Protocolos de evaluación de establecimientos de salud

9.1 Marco Teórico

Los protocolos de evaluación son guías que contienen actividades a realizar para evaluar el grado en que se cumple una especificación en un campo específico. Por ejemplo, se puede evaluar si la potencia de una caldera en BHP es la adecuada, según norma o criterio del diseñador o si el volumen de una cisterna de agua cruda es la que se necesita para suplir con la demanda del hospital. Por lo tanto, los protocolos tienen como objetivo la medición del grado de cumplimiento técnico en lo que respecta a normas de los establecimientos de salud.

Los protocolos se elaboran a partir de la información técnica o criterios expuestos en los diferentes capítulos de este trabajo.

Los capítulos en donde se abarcan conceptos administrativos, como lo es, el capítulo del diseño de la UNIMA y las fases del diseño de establecimientos de salud, no se han tomado en cuenta, ya que se deberían considerar otros parámetros para evaluarlos; además, estos se alejan de los objetivos planteados con anterioridad.

Para la elaboración de los protocolos, se diseñó un formato acorde a lo que se necesita evaluar, tomando aspectos simples para una verificación y chequeo de los criterios en cada uno de los sistemas o servicios.

En la tabla No 9.1 se puede observar un ejemplo del formato utilizado para los protocolos. En esta, se pueden distinguir los siguientes campos:

- a) Área. En esta columna se coloca el área específica contenida en un servicio o sistema evaluado.
- b) No. Número correlativo de lo que se evalúa.
- c) Criterio a evaluar. En este campo se colocan normas y criterios a evaluar.
- d) Evaluación. En la calificación de un criterio, se pueden obtener 3 casos



- a. Cumple. Esta característica aplica, cuando lo evaluado cumple adecuadamente con la norma.
 - b. No cumple. En este caso, lo evaluado, no cumple con lo establecido.
 - c. No aplica. No Aplica la evaluación.
- e) Comentarios; En este campo, se pueden detallar observaciones o aclaraciones necesarias.

Area	No	Criterio a evaluar	Evaluación			Comentarios
			Cumple	No cumple	No Aplica	
Generación	1	El tipo de generador (Caldera) es de acuerdo a la demanda del establecimiento de salud.	1			
	2	Un recuperador de calor es instalado, si la capacidad del generador es mayor a 100 BHP o si el mismo produce presiones mayores a los 100 PSI.		1		

Tabla No 9.1. Protocolo de evaluación

9.1.1 Metodología de evaluación

La metodología de evaluación, describe la secuencia en que se hace una revisión de cumplimiento de criterios en un establecimiento, con objeto de evaluar lo que se establece en los protocolos. Además, se incluyen aspectos como el resultado y análisis de datos, conclusiones finales y lo necesario para darle seguimiento a lo evaluado.

Esta metodología se puede dividir en los siguientes puntos:

- a) Preparación de la información.

La información técnica es revisada y seleccionada, a manera de depurarla y obtener los puntos específicos de la evaluación.

- b) Gestión de visita

La gestión de la visita se hace directamente con el jefe de mantenimiento. Se presenta una carta y se explica el contenido de ella, detallando el objetivo de la visita, los puntos a evaluar, la



calendarización de las actividades que se desean realizar, las responsabilidades y compromisos de ambas partes.

c) Visita de campo para la evaluación

Los protocolos de evaluación están hechos, a manera de evaluar, ágil y efectivamente una norma o criterio. Señalando si cumple o no con lo que se evalúa.

En los protocolos existen preguntas que deben hacerse directamente al jefe de mantenimiento, al encargado de sección u otras en que es necesario realizar un procedimiento para constatar el cumplimiento de la norma.

d) Análisis de la información

Como se mencionó anteriormente, cada uno de los protocolos esta estructurado por capitulo. En cada uno, se realiza una división en donde se evalúa por “área” cada uno de las normas o criterios técnicos.

Cada “área” tiene una cantidad “n” de puntos a evaluar. Esos puntos pueden ser calificados de tres formas: Cumple, No cumple y no aplica. Dependiendo de la evaluación que tenga cada punto, se realizará una sumatoria de los puntos que cumplen y no cumplen. De esa manera, se sabrá que tanto “cumple” o “no cumple” en lo que respecta a normas o criterios técnicos para un área específica de un sistema o servicio.

Los resultados se presentan en forma de porcentaje, y eso depende del grado de cumplimiento de cada uno de los aspectos evaluados.

e) Presentación de informe

En el informe se detallan los resultados de los datos tabulados anteriormente, gráficas y conclusiones finales.

f) Mejora de lo evaluado

Anexo al informe final, se debe de presentar una lista de recomendaciones por realizar. A manera de mejorar una próxima evaluación.

9.2 Estudio de Campo

El estudio de campo es aquel que se realiza dentro de un ambiente específico, el cual se requiere investigar, evaluar y concluir en base a lineamientos teóricos.

En este caso, el ambiente de estudio es un establecimiento de salud ubicado en el área metropolitana de San Salvador.

Para la evaluación de dicho establecimiento, aplican únicamente los siguientes:

- a) Sistema de suministro de agua
- b) Generación, distribución y utilización de vapor
- c) Sistema de eliminación de aguas servidas
- d) Sistema contra incendios

Los servicios de odontología y de hemodiálisis no aplican en su totalidad, ya el establecimiento de salud seleccionado no los posee.

La mecánica de la evaluación, es a través de la comprobación visual, comprobación medible y la comprobación dialogada.

En la visita de campo, cada criterio es evaluado colocando un “1” en la casilla correspondiente, según la evaluación (Cumple, No Cumple o No Aplica). De esta manera, al terminar de evaluar un área se realiza una sumatoria, obteniendo los resultados en forma de puntaje de los ítems antes mencionados.

9.2.1 Protocolos de evaluación del Sistema de Suministro de Agua

Area	No	Criterio a evaluar	Evaluación			Comentarios
			Cumple	No cumple	No Aplica	
Fuente de abastecimiento	1	Se tienen instaladas dos cisternas: Una cisterna de agua cruda y otra de agua potable.	1			
	2	El volumen de la o las cisternas instaladas suministra adecuadamente agua para uso de los diferentes servicios del establecimiento de salud.	1			Cuando no hay suministro de agua, el volumen de las cisternas tiene una capacidad para soportar de 4 a 5 h de duración a carga máxima.
	3	El volumen de la o las cisternas instaladas suministra adecuadamente agua para uso de lavandería	1			
	4	El volumen de la o las cisternas instaladas suministra adecuadamente agua para uso del sistema anti incendios	1			
	5	Las cisternas se dividen en 2 celdas de capacidades iguales. Cada una con control de entrada y salida independiente.		1		
	6	Las cisternas tienen tubos de ventilación que permiten la entrada de aire para expeler los vapores y gases que puedan acumularse dentro de ella.	1			
	7	Los tubos de ventilación que poseen las cisternas, son diseñados para protegerla contra insectos, polvo y otros tipos de basura.	1			
	8	Los tubos de ventilación son instalados cada 200 m ² de área superficial de la cisterna y las tuberías tienen un diámetro mínimo de 4 pulgadas (100 mm).		1		Se tiene instalado 1 tubo por cisterna, sin importar el área superficial de las mismas.
	9	Los tubos de ventilación son de PVC o de cobre tipo "M".	1			
	10	El sistema de calentamiento de suministro, es del tipo donde se pasa el agua dentro de serpentines que contiene un calentador o a través de un circuito cerrado de vapor.	1			Se tiene instalado 1 tubo por cisterna, sin importar el área superficial de las mismas.
	11	El sistema de calentamiento de agua tiene tanques de reserva.		1		
	12	El acceso a las cisternas, así como a los tanques de reserva del sistema de calentamiento, es adecuado para brindar mantenimiento.	1			
TOTAL			9	3		
	1	Se cuenta con un tratamiento químico, físico u otro mas especializado despues de la etapa de almacenamiento.	1			
	2	Se lleva registrado un control de calidad bacteriológico del estado del agua, para el uso común de la misma.	1			
	3	Se tiene un control de calidad para piscinas de tratamientos de rehabilitación.			1	

Area	No	Criterio a evaluar	Evaluación			Comentarios
			Cumple	No cumple	No Aplica	
Tratamiento	4	En servicios específicos del establecimiento de salud, como el laboratorio clínico o el área de hemodiálisis, se tiene un monitoreo constante de la calidad de agua que se ocupa.	1			El monitoreo es bajo contrato, con empresas privadas
	5	En las áreas donde se brinda hemodialisis. Se tiene instalado un pre tratamiento (filtro de carbon - filtros de resina), tratamiento por osmosis inversa y un post tratamiento.			1	
	6	El agua utilizada para la preparación de alimentos y para consumo de pacientes inmunodeprimidos es esterilizada.	1			Sistema que contiene: Filtros de arena y carbon activo - lámpara UV.
TOTAL			4		2	
Distribución	1	La distribución de agua se realiza con tubería tipo cobre rígido M (64 mm) o tubería de acero sin costura, cedula 40 (74 mm mínimo).	1			La distribución se hace con tubería de 6 pulgadas (150 mm).
	2	Las tuberías para la distribución de agua caliente son aisladas térmicamente.	1			
	3	La red de tuberías es transportada en camas a lo largo de las trayectorias, colocandolas encima del cielo falso y cercanas a la pared o muro. La ubicación de las tuberías, es por orden de peligrosidad, adecuandose al siguiente orden: Red de protección contra incendios (junto a la pared), red de agua fría, red de agua caliente, retorno de agua caliente, retorno de vapor a baja presión, vapor a baja presión, retorno de vapor a alta presión y vapor a alta presión.	1			
	4	Las red de tuberías no estan instaladas en áreas altamente habitadas, como: cafeterías o salas de espera.		1		No en todos los casos.
	5	La red de tuberías no estan instaladas en áreas que concentren equipos electrónicos.		1		
	6	Las tuberías verticales se ubican de forma paralela a los ejes verticales de la infraestructura.	1			
	7	Las juntas de construcción tienen instaladas juntas flexibles (mangueras metálicas con entramado de acero inoxidable).	1			
TOTAL			5	2		

Tabla 9.2. Protocolo de evaluación del sistema de suministro de agua.

9.2.2 Generación, distribución y utilización de vapor

Area	No	Criterio a evaluar	Evaluación			Comentarios
			Cumple	No cumple	No Aplica	
Generación	1	El tipo de generador (Caldera) cubre la demanda del establecimiento de salud.	1			
	2	Un recuperador de calor esta instalado para cualquiera de los dos casos: Si la capacidad del generador es mayor a 100 BHP o si el mismo produce presiones mayores a los 100 PSI.		1		1 recuperador de calor por todas las calderas.
	3	Se encuentra instalado un equipo de purga.	1			
	4	Esta instalado un enfriador de muestra de agua.	1			A través de canaletas se enfria.
	5	Se tiene instalado un tanque de condensado.	1			
	6	El sistema de generación es dual.	1			
	7	La caldera es pirotubular, si la potencia requerida es mayor de 700 BHP.		1		
	8	Se encuentra instalada una bomba dedicada para cada caldera, con conexión entre si, para casos de emergencia.	1			
	9	Un tanque de condensado es dimensionado de tal forma que pueda soportar 20 minutos a máxima producción de vapor.		1		No se pudo averiguar, ya que se desconoce la capacidad del tanque instalado.
TOTAL			6	3		
Tratamiento de agua	1	Se lleva un control de calidad del estado del agua que entra a los generadores de vapor.	1			
	2	El tratamiento externo del agua cuenta con: Suavización, desaireación y filtración.		1		En 2 calderas de las 5 instaladas, si se tiene. En las tres restantes solo tratamiento químico y purgas.
TOTAL			1	1		
Distribución	1	Las trampas de vapor están instaladas de cada 30 a 40 m en las líneas principales de distribución.	1			Cada 36 m.
	2	En los ramales de distribución, las trampas de vapor están instaladas cuando exceden los 10 m de longitud.			1	No se excede esa longitud.
	3	Las tuberías de distribución de vapor y retorno de condensado están aisladas con tubos de fibra de vidrio.	1			
	4	En todo cambio de dirección de la red de tuberías (horizontal a vertical) están instaladas trampas de vapor.		1		No en todos los casos.
	5	Para uso hospitalario se utilizan tres tipos de presión: Baja presión (0 a 15 PSI), Presión media (16 a 59 PSI), Presión alta (60 PSI o más).		1		Baja presión no se tiene.
TOTAL			2	2	1	
	1	El dimensionamiento de los espacios físicos es de la siguiente manera: a) Hospital general de 50 camas: 1.60 m ² por cama. b) Hospital general de 100 camas: 1.33 m ² por cama. c) Hospital general de 200 camas: 1.23 m ² por cama. d) Hospital general de 400 camas: 0.96 m ² por cama. e) Hospital general de 50 camas: 1.60 m ² por cama.	1			1035 m2 para hospital de 300 camas.

Area	No	Criterio a evaluar	Evaluación			Comentarios
			Cumple	No cumple	No Aplica	
Lavandería	2	Por cada 50 camas del establecimiento, es necesario tener: 2 lavaderos, 2 planchadores, 2 para la ropería y 2 auxiliares. Para establecimientos de mas de 200 camas, el personal se incrementa a razon de 4 personas por cada 100 camas.	1			86 personas (43 en cada turno).
	3	La temperatura ambiente debe permanecer a 28 C máximo, con un sistema mecánico de enfriamiento.	1			
	4	Los tableros de control y de suministro de energía eléctrica están alejados de los equipos por posibles fugas de agua o de vapor.		1		
	5	Existen procedimientos respecto al manejo de la ropa contaminada con sangre o secreciones. Uno de ellos es, el utilizar bolsas de polietileno para el manejo de dicha ropa. Observar su cumplimiento durante el lavado.	1			
	6	La provisión de ropa limpia para cirugía es constante.	1			
	7	Se tiene la cantidad de equipo y tecnología para cubrir con la demanda del lavado.		1		
	8	El consumo de vapor demandado por los equipos se recibe adecuadamente.	1			
	9	La presión de entrada en la lavandería esta entre 110 a 125 PSI.	1			
	10	La lavanderia esta ubicada en el primer piso y cerca de la casa de maquinas. Si el establecimiento es horizontal, de igual manera, cercano a la casa de maquinas.	1			
	11	No ubicar cerca de la lavanderia, servicios que manejen alimentos o material estéril.		1		
	12	La distribución de la lavandería cuenta con: Repecepción de ropa, clasificación y pesado, lavado, secado, planchado y doblado, ropería, costurería, almacén de insumos, sanitarios y área administrativa.	1			
TOTAL			9	3		

Tabla 9.3. Protocolo de evaluación de la generación, distribución y utilización de vapor.

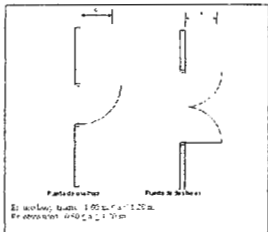
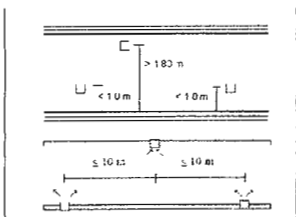
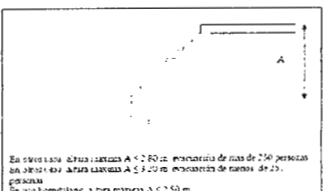
9.2.3 Sistema de eliminación de aguas servidas

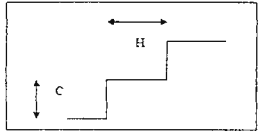
Area	No	Criterio a evaluar	Evaluación			Comentarios																																				
			Cumple	No cumple	No Aplica																																					
Redes de Desagüe	1	El flujo de desagüe tiene una una pendiente negativa adecuada.	1																																							
	2	En el interior del edificio, las tuberías verticales que van desde el mueble a la red de tuberías son de cobre tipo "M" y de diámetros de hasta 50 milímetros.		1																																						
	3	Las tuberías de la red de desagües (horizontales y verticales) son de hierro fundido.		1																																						
	4	El máximo número de unidades muebles conectadas a un punto específico cumple con lo siguiente: <table><tr><th colspan="5">Máximo Número de Unidades Muebles que Pueden Conectarse a:</th></tr><tr><th rowspan="2">Diámetro mm</th><th rowspan="2">Cualquier Ramal Horizontal</th><th rowspan="2">Basada de 3 Pisos o Menos</th><th colspan="2">Basada de más de 3 Pisos</th></tr><tr><th>Total en la bajada</th><th>Total en un piso</th></tr><tr><td>50</td><td>6</td><td>10</td><td>24</td><td></td></tr><tr><td>100</td><td>160</td><td>240</td><td>500</td><td>6</td></tr><tr><td>150</td><td>620</td><td>960</td><td>1900</td><td>90</td></tr><tr><td>200</td><td>1400</td><td>2200</td><td>3600</td><td>350</td></tr><tr><td>250</td><td>2500</td><td>3900</td><td>5600</td><td>600</td></tr></table>	Máximo Número de Unidades Muebles que Pueden Conectarse a:					Diámetro mm	Cualquier Ramal Horizontal	Basada de 3 Pisos o Menos	Basada de más de 3 Pisos		Total en la bajada	Total en un piso	50	6	10	24		100	160	240	500	6	150	620	960	1900	90	200	1400	2200	3600	350	250	2500	3900	5600	600	1	No se encontro dicho dato.	
	Máximo Número de Unidades Muebles que Pueden Conectarse a:																																									
	Diámetro mm	Cualquier Ramal Horizontal	Basada de 3 Pisos o Menos	Basada de más de 3 Pisos																																						
				Total en la bajada	Total en un piso																																					
	50	6	10	24																																						
100	160	240	500	6																																						
150	620	960	1900	90																																						
200	1400	2200	3600	350																																						
250	2500	3900	5600	600																																						
5	En el exterior de los establecimientos las tuberías son de concreto simple para diámetros de 15 a 45 cm y de concreto reforzado para diámetros mayores.	1																																								
6	La profundidad mínima de las tuberías exteriores con respecto al nivel de suelo es de 90 cm.	1																																								
7	Las tuberías de desagüe exteriores, estan ubicadas a más de 5m de distancia de las cisternas de agua potable.	1																																								
8	Se tienen redes de ventilación para evitar que gases nocivos se acumulen en las tuberías de desagüe.	1																																								
TOTAL			5	2	1																																					
Plantas de tratamientos de aguas negras	1	Las plantas de tratamiento de aguas negras, incluye: Tratamiento preliminar (Rejillas, trampas de arena), tratamiento primario (tanque de sedimentación), tratamiento secundario (lodos activos, lagunas aireadas, filtros percoladores o biodiscos) y proceso de desinfección (cloro, lámparas UV).	1																																							
TOTAL			1																																							

Tabla 9.4. Protocolo de evaluación del sistema de eliminación de aguas servidas.

9.2.4 Sistema de protección contra incendios

Area	No	Criterio a evaluar	Evaluación			Comentarios
			Cumple	No cumple	No Aplica	
Consideraciones arquitectónicas	1	La selección de materiales para los elementos constructivos se basa en diferentes características, tales como: estabilidad al fuego, resistencia al fuego, combustibilidad, etc. Se tiene una matriz de dichas características constructivas en el establecimiento de salud.	1			
	2	Las paredes que separan una habitación de otra tienen una resistencia al fuego de 1 hora como mínimo.	1			
	3	Las columnas que soportan uno o más pisos tienen una resistencia al fuego de 1 hora como mínimo.	1			
	4	Las vigas que soportan uno o más pisos tienen una resistencia al fuego de 4 horas.	1			
	5	Los acabados de interior se requieren para garantizar que un incendio no se pueda expandir a otras áreas. El diseño del establecimiento incluye diferentes acabados de interiores en los diferentes servicios.		1		No en todas las áreas, se tienen acabados de interior.
TOTAL			4	1		
	1	En las zonas de hospitalización existe un espacio previo a las gradas de evacuación, con una distancia de 4m como mínimo.		1		Distancia de 3 m.
	2	Las mesetas intermedias a las escaleras de evacuación tienen una anchura como mínima de 2 m.	1			Distancia de 3 m.
	3	Las habitaciones de pacientes hospitalizados cuya superficie exceda de 90 m ² tienen dos salidas alternativas hacia un pasillo principal de evacuación.		1		En las áreas de hospitalización la superficie no excede los 50 m ² , por lo que una salida es necesaria. Otras Areas como la UCI se encontro únicamente con una salida, cuando esta excede los 90 m ²
	4	Las salidas que contienen puertas de los servicios de hospitalización están cerradas o con un sistema automático de apertura y cierre.	1			Cerradura antipánico.
	5	Las puertas de los quirófanos, UCIs y áreas de recuperación se encuentran con una cerradura antipánico.		1		Puertas abatibles.
	6	Las plantas o zonas con hospitalización o de tratamiento intensivo tienen, al menos, dos salidas situadas de forma tal que la longitud del recorrido desde todo origen de evacuación hasta alguna de ellas sea menor que 30 m.	1			
	7	La salida del edificio es una puerta que lleva a un espacio exterior, dentro de una zona delimitada con un radio de distancia de salida 0.1 P (m), siendo P el número total de ocupantes. Además no existe un obstáculo considerable a menos de 15 m de la salida.		1		El número total de ocupantes es equivalente al número total de camas. En este caso es de 300, por lo que el radio de distancia de salida es de 30 m.

Area	No	Criterio a evaluar	Evaluación			Comentarios
			Cumple	No cumple	No Aplica	
Medios de evacuación	8	El espacio después de la salida del edificio no puede contener las personas evacuadas. Pero, existe un recorrido menor de 50 m hacia otra salida donde si hay un lugar seguro.			1	
	9	Las anchuras mínimas y las máximas de puertas de los elementos de evacuación que sirvan a zonas de hospitalización, cumple con: 	1			
	10	Existe una diferencia entre pasillo normal y pasillo protegido para la evacuación. La diferencia radica en: las dimensiones, la medida de los obstáculos salientes en pasillo, la resistencia del fuego de los acabados, la ventilación.		1		
	11	Los pasillos protegidos tienen ventanas abiertas al exterior o a un patio interior. Estas, se sitúan, como mínimo, a una distancia horizontal de 1.5 m.			1	
	12	Cuando no sea posible realizar la ventilación directa de los pasillos mediante ventanas, dicha ventilación se lleva a cabo mediante conductos independientes de entrada y de salida de aire. 		1		Todo esta ubicado en el cielo falso.
	13	Las escaleras de establecimientos de salud poseen las siguientes características generales: Altura máxima de 2.50 m y 3 peldaños como tramo mínimo, 		1		

Area	No	Criterio a evaluar	Evaluación			Comentarios
			Cumple	No cumple	No Aplica	
	14	Se tienen pasamanos al menos de un lado de la escalera y en ambos cuando su anchura sea igual o mayor que 1.20 m. Cuando la escalera sobrepase la anchura de 2.4 m, se dispondrán pasamanos intermedios.	1			
	15	No deben de existir escaleras con tramo curvo.	1			
	16	La siguiente relación se cumple: $60 \leq 2C + H$. Donde C (contra huella) esta entre 13 y 18.5 cm; y H (Huella) será como máximo de 28 cm 		1		Contra huella : 17 cm Huella: 30 cm
	17	La anchura de las escaleras de incendio, es de 0.80 m como mínimo.	1			1.65 m
	18	Las escaleras de incendio tienen una contrahuella de 20 cm, como máximo, y una huella de 21 cm, como mínimo.		1		Contra huella : 17 cm Huella: 30 cm
	19	Los accesos a la escalera estan situados en espacios comunes y debidamente señalizados.		1		
	20	Las rampas previstas para recorrido de evacuación, cumplen con lo siguiente: Su pendiente no es mayor que el 12%, cuando su longitud sea menor que 3 m.			1	
	21	Las rampas previstas para recorrido de evacuación, cumplen con lo siguiente: Su pendiente no será mayor que el 10% cuando su longitud sea menor que 10 m.		1		a: 7.10 m, b: 7.05 m, c: 0.84, P: 12%
	22	El alumbrado de emergencia esta instalado en: pasillos de evacuación, escaleras, espacios cuya ocupación sea mayor de 100 personas, estacionamientos para mas de 5 vehiculos.	1			Cada 5 locetas de lámparas, hay 2 de emergencia.
	23	En las zonas de hospitalización y en las de tratamiento intensivo, las luminarias de emergencia tendran una duración de 2 h como mínimo.		1		Duración de 15 minutos.
TOTAL			8	12	3	
Sistema de control de humo	1	Un diseño de control de humo dinámico es necesario en las áreas más críticas de un establecimiento de salud.		1		
	2	Se tienen instalados obturadores de humo.		1		
	3	Se tienen instalados, sellos especiales que impeden que el humo atraviese pequeñas aberturas.		1		
TOTAL				3		
	1	Se tienen instalados pulsadores manuales en los pasillos, en las zonas de circulación, en el interior de los locales destinados a tratamiento intensivo y en los locales de riesgo alto y medio.	1			Algunos locales se usan para fines diferentes a los que fueron diseñados.

Sistema de detección y alarma	2	Se tienen instalados detectores de humo en las zonas de hospitalización.	1			
	3	Se tienen instalados detectores adecuados a la clase de fuego previsible, en el interior de todos los locales de riesgo especial.		1		Todos los detectores son iguales.
	4	Se cuenta con un sistema de alarma automático que pueda responder a las entradas de detección para alertar internamente al o los servicios.	1			El sistema no tiene la capacidad para alertar a los bomberos.
	5	Una señal audible se hace sonar únicamente en el servicio donde se ha iniciado el incendio, esta puede ser activada automáticamente por la instalación de detección o por estaciones manuales.	1			
	6	Los dispositivos de luz estroboscópica están ubicados en: espacios sujetos a ruidos; áreas de acceso público (corredores, auditorios, cafeterías, etc.); escaleras de evacuación y elevadores. No es permitido ubicarlas dentro de áreas críticas, cuartos de cirugía o dormitorios de paciente.	1			
	7	Los altavoces del parlanteo están ubicados entre 7m y 9 m de distancia	1			Se ubican cada 7 m.
	8	Se tiene un protocolo de respuesta por parte del personal de salud, de manera que al existir la notificación mediante el alarma se pueda proteger en el lugar a los ocupantes del establecimiento o evacuarlos.		1		
	9	Se tiene un protocolo de respuesta por parte del personal de mantenimiento, de manera que, al existir la notificación mediante el sistema de detección se pueda realizar la supervisión de los parámetros medibles de las instalaciones contra incendios. El personal de mantenimiento se traslada al lugar para verificar si es una falla de algún componente a efecto de tomar las medidas adecuadas al caso.	1			
	10	Al momento de activarse el alarma contra incendios, los ascensores se reinician.		1		
	TOTAL		7	3		
	1	Se tienen instalado un sistema de rociadores en los servicios que lo ameriten.		1		
	2	Se tiene instalado un sistema de rociadores de espuma en los servicios donde hayan equipos electrónicos		1		
	3	Una válvula de corte es instalada en un lugar accesible entre los rociadores y la conexión al sistema de agua.		1		
	4	Se tiene instalado un extintor afuera de un servicio o por zona. Este se encuentra próximo a la puerta.	1			

Area	No	Criterio a evaluar	Evaluación			Comentarios												
			Cumple	No cumple	No Aplica													
Sistema de extinción	5	En los estacionamientos cuya capacidad sea mayor que 5 vehículos, se dispone un extintor cada 15 m de recorrido, a razón de uno por cada 20 espacios de estacionamiento.		1		1 por cada 23 espacios.												
	6	En el interior del local o de la zona se instalarán los extintores suficientes para que la longitud del recorrido real hasta alguno de ellos, incluido el situado en el exterior, no sea mayor que 15 m.		1		En el pasillo del área de patología, se encontro que la longitud del recorrido es de 17 m.												
	7	Para evitar que el extintor entorpezca la evacuación, en escaleras y pasillos se han colocad en ángulos muertos.		1		No en todos los casos.												
	8	Es conveniente ubicar gabinetes de extintores de fuego adicionales en cuartos de cirugía, equipo de tecnología de la comunicación y en los elevadores.		1														
	9	Los soportes de los extintores se situarán de forma tal que el extremo superior del extintor se encuentre a una altura sobre el suelo menor que 1,70 m.	1			1.60 m												
TOTAL			2	7														
Panel de control de alarma	1	Se tiene instalado un panel de control de alarma para que trabaje conjuntamente con el sistema de detección	1															
TOTAL			1															
	1	Los flujos mínimos permitidos a una presion de 20 PSI en establecimientos parcialmente o no equipados con rociadores son: <table><tr><th>Clasificación del peligro¹</th><th>Condiciones favorables</th><th>Condiciones no favorables</th></tr><tr><td>Peligro leve Edición (piso) de pacientes, oficinas, cuartos</td><td>79 L/s (1250 gpm)²</td><td>95 L/s (1500 gpm)</td></tr><tr><td>Peligro ordinano Laboratorio (lavandería)</td><td>79 L/s (1250 gpm)³</td><td>126 L/s (2000 gpm)</td></tr><tr><td>Peligros adicionales Almacenamiento</td><td>95 L/s (1500 gpm)</td><td>190 L/s (3000 gpm)</td></tr></table>	Clasificación del peligro ¹	Condiciones favorables	Condiciones no favorables	Peligro leve Edición (piso) de pacientes, oficinas, cuartos	79 L/s (1250 gpm) ²	95 L/s (1500 gpm)	Peligro ordinano Laboratorio (lavandería)	79 L/s (1250 gpm) ³	126 L/s (2000 gpm)	Peligros adicionales Almacenamiento	95 L/s (1500 gpm)	190 L/s (3000 gpm)			1	No se pudo averiguar.
	Clasificación del peligro ¹	Condiciones favorables	Condiciones no favorables															
Peligro leve Edición (piso) de pacientes, oficinas, cuartos	79 L/s (1250 gpm) ²	95 L/s (1500 gpm)																
Peligro ordinano Laboratorio (lavandería)	79 L/s (1250 gpm) ³	126 L/s (2000 gpm)																
Peligros adicionales Almacenamiento	95 L/s (1500 gpm)	190 L/s (3000 gpm)																
2	El tiempo en que se debe suplir ese flujo debe ser como mínimo 60 minutos en condiciones favorables y de 120 minutos en condiciones no favorables.				1	Nunca se han realizado pruebas.												
	3	Los requisitos de flujos y presiones para establecimientos con rociadores instalados son: <table><tr><th>Clasificación</th><th>Presión mínima residual requerida (psi)</th><th>Flujo aceptable en la base de la tubería vertical del sistema de rociadores (gpm)</th><th>Duración (min)</th></tr><tr><td>Peligro leve</td><td>15</td><td>500 - 750</td><td>30 - 60</td></tr><tr><td>Peligro ordinano</td><td>20</td><td>850 - 1500</td><td>60 - 90</td></tr></table>	Clasificación	Presión mínima residual requerida (psi)	Flujo aceptable en la base de la tubería vertical del sistema de rociadores (gpm)	Duración (min)	Peligro leve	15	500 - 750	30 - 60	Peligro ordinano	20	850 - 1500	60 - 90			1	
	Clasificación	Presión mínima residual requerida (psi)	Flujo aceptable en la base de la tubería vertical del sistema de rociadores (gpm)	Duración (min)														
Peligro leve	15	500 - 750	30 - 60															
Peligro ordinano	20	850 - 1500	60 - 90															
	4	Se tiene instalada una bomba de incendio para el sistema de extinción..	1															
	5	Se tienen que ubicar válvulas en las líneas de distribución para aislar las fugas y para permitir el suplir el resto de la red. Localizar dichas válvulas sin mas de 4 puntos de descarga (sistema de rociado, hidrantes o redes de tuberías).		1														

Area	No	Criterio a evaluar	Evaluación			Comentarios
			Cumple	No cumple	No Aplica	
Sistema de agua	6	Las tuberías principales son de 200 mm como mínimo y las de distribución son de un diámetro mínimo de 19 mm (3/4 inch).		1		Las tuberías principales son de 6 pulgadas.
	7	Para las áreas de resonancia magnética, es necesario utilizar tuberías metálicas no imantables.	1			
	8	Los hidrantes internos es necesario que cubran perfectamente la superficie del riesgo a proteger, considerando una manguera de 30 metros de longitud, y el espacio máximo entre ellos no excede los 91 m.	1			
TOTAL			3	2	3	

Tabla 9.5. Protocolo de evaluación del sistema de protección contra incendios.

9.3 Análisis de resultados

Los resultados obtenidos en la evaluación, se muestran en tablas que resumen el puntaje total de cada uno de ítems evaluados.

Basándose en la totalidad de criterios evaluados para cada área, se obtiene una diferenciación del porcentaje de los criterios que si cumplen, de los que no cumplen y aquellos que no aplicaron para la evaluación.

Las áreas que obtienen un porcentaje mayor al 50 % de los criterios que cumplen, se les da una calificación de “aprobado”. Si no cumplen con ese requisito quiere decir que el porcentaje total se ha distribuido entre las respuestas de “no cumple” y de “no aplica”, por lo que la calificación que se le da es la de “rechazado”, ya que no posee los criterios mínimos propuestos en este trabajo de graduación para su aprobación.

Como se menciona anteriormente, el criterio de aprobación deberá ser mayor al 50 % para que se de una calificación de aprobado a un área específica. Este criterio es un consenso grupal, basado en la mínima aceptación de los criterios o normas planteadas en este trabajo de graduación.



Las ponderaciones tomadas en cada una de las evaluaciones se basan en el hecho de que solo existen tres posibilidades (cumple, no cumple y no aplica) que describen de una manera adecuada la aplicación del criterio evaluado. Este trabajo no incluye ponderaciones intermedias que reflejen el grado de cumplimiento de los criterios evaluados, ya que, si hubiere sido así, la complejidad de la evaluación y el análisis de los resultados sería más complicado, necesitando más tiempo y herramientas analíticas más específicas (propias de una especialidad) para obtener conclusiones adecuadas.

9.3.1 Sistema de suministro de agua

El sistema de suministro de agua se evaluó en tres diferentes áreas:

- a) Fuente de abastecimiento
- b) Tratamiento
- c) Distribución

Como se puede observar en la tabla No 9.6 las tres áreas resultaron con una calificación de “aprobado”, ya que en todos los casos se tiene un porcentaje mayor al 50 % en cumplimiento de criterios.

La fuente de abastecimiento tuvo un porcentaje de 25 % de no cumplimiento de criterios, ya que, el criterio de dividir las cisternas en 2 celdas, cada una con control de entrada y salida no se cumple. Además, el criterio donde se menciona la necesidad de tener instalado 1 tubo de ventilación por cada 200 m² de área superficial de cisterna, no se cumple, ya que solo se encontró instalado un tubo con las características mencionadas no importando el tamaño de las cisternas. Finalmente, al evaluar lo del sistema de calentamiento, se encontró que no se poseían tanques de reserva.

En lo que respecta al tratamiento que se le brinda al agua para su distribución, se encontró que los dos criterios que no aplican, son aquellos en los que se evalúa el control de calidad para las piscinas de

tratamiento de rehabilitación y los requisitos que se deben cumplir para el agua utilizada en los tratamientos de hemodiálisis.

La distribución del agua tiene un 29 % de incumplimiento, ya que al realizar el estudio de campo, se observó que en algunas salas de espera, que además poseían un panel central de comunicaciones, se encontraban instaladas tuberías de distribución.

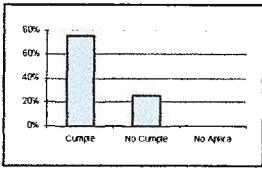
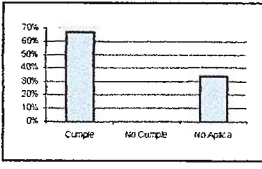
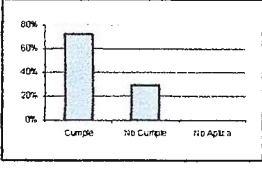
		Puntaje	%	Gráfica	Calificación
Fuente de abastecimiento	Cumple	9	75%		Aprobado
	No Cumple	3	25%		
	No Aplica	0	0%		
Tratamiento	Cumple	4	67%		Aprobado
	No Cumple	0	0%		
	No Aplica	2	33%		
Distribución	Cumple	5	71%		Aprobado
	No Cumple	2	29%		
	No Aplica	0	0%		

Tabla 9.6. Resultados evaluativos del sistema de suministro de agua.

9.3.2 Generación, distribución y utilización de vapor

El sistema de vapor es evaluado en las siguientes áreas:

- Generación
- Tratamiento de agua
- Distribución
- Lavandería

Para el área de generación de vapor y la lavandería resultaron con una calificación de “aprobado”, ya que presentan un porcentaje de cumplimiento de criterios mayor al 50 %.



En el caso de las áreas de tratamiento de agua y distribución, resultan con una calificación de “rechazado”, ya que el porcentaje de cumplimiento es igual o menor al 50 %.

Las áreas que resultaron aprobadas tienen un porcentaje de incumplimiento menor o igual al 33 %. Por ejemplo, el área de generación de vapor tiene este porcentaje, ya que los criterios no cumplidos son: Cuando el generador tiene una potencia mayor a 100 BHP es necesario contar con un recuperador de calor. En el campo de estudio, se pudo comprobar que se tiene un solo recuperador (de capacidad desconocida) para 3 tipos de generadores de diferente potencia. Otro criterio incumplido es con respecto al tanque de condensado. Según lo propuesto en este trabajo, es necesario que el dimensionamiento de este tanque, sea capaz de brindar 20 minutos a máxima producción de vapor. En el lugar que se visitó no se pudo comprobar esto, ya que nunca se había hecho, ni tampoco se pudieron realizar cálculos porque se desconocía el volumen del tanque de condensado o el flujo de agua que consumían las calderas.

En el área de la lavandería, el 25 % de incumplimiento es reflejado por lo siguiente: En el estudio de campo se observó que los tableros de suministro de energía estaban instalados muy cerca de las lavadoras, además, se observó que el área de lavandería está ubicada cerca de los servicios que manejan alimento. Y finalmente, según comentarios del jefe de sección de la lavandería, la cantidad y la tecnología que se tiene actualmente empieza a no suplir con la demanda.

Las áreas que resultaron rechazadas fueron: el tratamiento del agua y la distribución. La primera se debe a que en 2 calderas de las 5 que se tienen instaladas, se encuentra funcionando el sistema de tratamiento recomendado, mientras que en las 3 restantes solo se le brinda tratamiento químico y auto purgas.

En la distribución se muestra un caso donde se presenta un 40 % de incumplimiento y un 20 % de criterios que no aplican. El primer porcentaje se refleja por el incumplimiento de no tener instaladas trampas de vapor en todo cambio de dirección y por no poseer presión baja de vapor (0 a 15 PSI) en el establecimiento de salud. El segundo porcentaje, es por no exceder los 10 m de longitud en los ramales de distribución, por lo que las trampas de vapor no son requeridas.

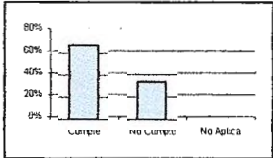
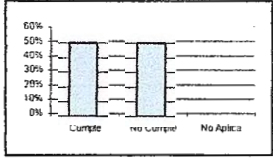
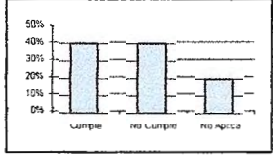
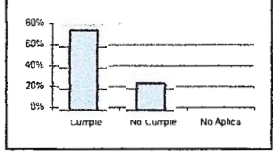
Generación	Cumple	6	67%		Aprobado
	No Cumple	3	33%		
	No Aplica	0	0%		
Tratamiento de agua	Cumple	1	50%		Rechazado
	No Cumple	1	50%		
	No Aplica	0	0%		
Distribución	Cumple	2	40%		Rechazado
	No Cumple	2	40%		
	No Aplica	1	20%		
Lavandería	Cumple	9	75%		Aprobado
	No Cumple	3	25%		
	No Aplica	0	0%		

Tabla 9.7. Resultados evaluativos del sistema de vapor.

9.3.3 Sistema de eliminación de aguas servidas

El sistema de eliminación de aguas servidas es evaluado en las siguientes áreas:

- Redes desagüe
- Plantas de tratamiento de aguas negras

Los criterios que se incluyeron en esta evaluación representan un consolidado de lo mínimo que se debe de tener en las redes de desagüe. En algunos criterios, se puede dar alguna confusión, como es el caso del criterio que evalúa la pendiente negativa del flujo, aquí a lo que hace referencia es a la pendiente negativa de la tubería con respecto a una referencia paralela al suelo. Otra que puede generar confusión, es el criterio que menciona el tipo de tubería que debe de existir entre un mueble (cualquier fuente de agua servida) a una tubería principal (siempre de desagüe). Finalmente el criterio No 5 del protocolo de evaluación, hace referencia a los diámetros de las tuberías de concreto externas (las tuberías de desagüe).

Las dos áreas evaluadas tuvieron la calificación de “aprobado”. En lo que respecta a la planta de tratamiento de aguas negras solo se evaluó que esta estuviera instalada, por lo que se da el 100 % de cumplimiento.

En las redes de desagüe lo que se incumplió fue que las tuberías de dentro del edificio son de PVC y no de cobre, como se menciona en la propuesta. El porcentaje que se brinda a la sección de “no aplica” es porque no se obtuvo la información del máximo número de unidades muebles conectados a un ramal.

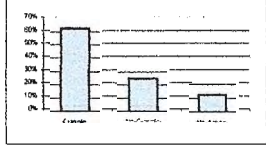
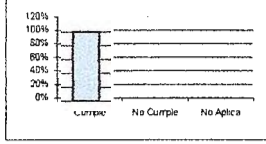
Redes de desagüe	Cumple	5	63%		Aprobado
	No Cumple	2	25%		
	No Aplica	1	13%		
Planta de tratamientos de aguas negras	Cumple	1	100%		Aprobado
	No Cumple	0	0%		
	No Aplica	0	0%		

Tabla 9.8. Resultados evaluativos del sistema de eliminación de aguas servidas.

9.3.4 Sistema de protección contra incendios

El sistema de protección contra incendios es evaluado en las siguientes áreas:

- a) Consideraciones arquitectónicas
- b) Medios de evacuación
- c) Sistema de control de humo
- d) Sistema de detección y alarma
- e) Sistema de extinción
- f) Panel de control de alarma
- g) Sistema de agua

Las consideraciones arquitectónicas son calificadas como “aprobadas”, ya que solamente el 20 %, que representa un criterio en los protocolos, no se cumple. Esto es, porque en los acabados de interior de los diferentes servicios no se observan diferenciación alguna.

Los medios de evacuación son calificados como “rechazados” porque de los 23 criterios evaluados, 8 cumplen, 12 no cumplen y 3 no aplicaron a la evaluación. Los criterios que no cumplen son de diferente índole relacionados siempre al tema: espacio previo a las gradas de evacuación, salidas de habitaciones, puertas, salida de edificio, pasillos, ventilación de pasillos, altura de gradas, relación huella – contra huella, pendiente de rampas y tiempo de iluminación de luminarias.

En lo que respecta al sistema de control de humo, es “rechazado” en su totalidad, porque los criterios que se evaluaron se incumplen totalmente.

El sistema de detección y alarma es “aprobado” debido a que los criterios evaluados superan el 50 % establecido para aprobar un sistema u área. El 30 % de incumplimiento de criterios, son aquellos relacionados a: detectores adecuados a la clase de fuego, protocolos de respuesta del personal de salud, control automático de ascensores a través del panel de control.



Con respecto al sistema de extinción, es “rechazado” ya que la mayoría de criterios evalúa el sistema de rociadores, los tipos y ubicación de extintores.

El panel de control de alarma, es “aprobado”, ya que en los protocolos solo evalúan la existencia y el trabajo en conjunto con el sistema de detección. No tomando en cuenta otros aspectos de automatización, como el reinicio de ascensores o la llamada automática a la estación de bomberos.

El sistema de agua es “rechazado”, primeramente porque representa un 25 % de incumplimiento de criterios relacionados a: ubicación de válvulas y diámetro de tuberías. Otro aspecto importante a resaltar es que no se pudieron averiguar datos técnicos, como: los flujos mínimos de la bomba y tiempo de operación de la bomba. Por lo que esos criterios se clasificaron dentro de las respuestas de “no aplica”, representando un 38 % de la evaluación.

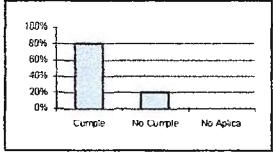
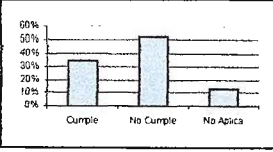
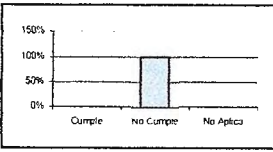
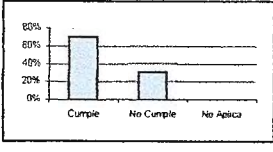
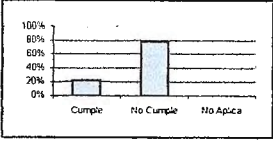
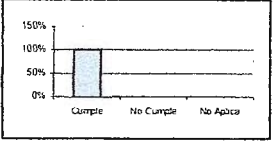
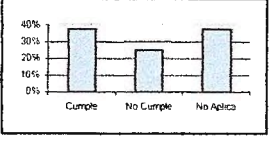
Consideraciones arquitectónicas	Cumple	4	80%		Aprobado
	No Cumple	1	20%		
	No Aplica	0	0%		
Medios de evacuación	Cumple	8	35%		Rechazado
	No Cumple	12	52%		
	No Aplica	3	13%		
Sistema de control de humo	Cumple	0	0%		Rechazado
	No Cumple	3	100%		
	No Aplica	0	0%		
Sistema de detección y alarma	Cumple	7	70%		Aprobado
	No Cumple	3	30%		
	No Aplica	0	0%		
Sistema de extinción	Cumple	2	22%		Rechazado
	No Cumple	7	78%		
	No Aplica	0	0%		
Panel de control de alarma	Cumple	1	100%		Aprobado
	No Cumple	0	0%		
	No Aplica	0	0%		
Sistema de agua	Cumple	3	38%		Rechazado
	No Cumple	2	25%		
	No Aplica	3	38%		

Tabla 9.10. Resultados evaluativos del sistema de protección contra incendios.

Conclusiones

V Conclusiones.

Generales.

- I. A pesar de que la información en este documento no es la única ni absoluta solución apropiada para el diseño de un establecimiento de salud de cualquier nivel, si resulta una guía útil y flexible, que puede llevarse a la práctica a la hora de realizar un diseño. La Guía entonces, cumple su objetivo principal, en cuanto a que muestra adecuadamente al diseñador los criterios más relevantes de diseño y las metodologías necesarias que permitan diseñar apropiadamente otras áreas en el ambiente médico aunque no estén contempladas en este documento.
- II. Un factor importante para todo plan de diseño, es siempre una investigación adecuada de la realidad que rodea al proyecto a realizar. En el caso del diseño de un establecimiento de salud, esto cobra mayor importancia dentro de la información epidemiológica del país y otra información médica relevante. Para esta guía, a pesar de que se mezclaron criterios de diferentes lugares del mundo, se evaluaron las opciones para determinar, cuales eran las más adecuadas para el ambiente salvadoreño, así como cuales representaban una validez más universal en cuanto a criterios de diseño.

Específicas.

- I. Se recomienda la implementación de una organización similar a la UNIMA en las distintas instituciones de salud salvadoreñas. Esta tiene que adaptarse a la realidad, a fin de contar con un ente que se encargue de gestionar todos los procedimientos relacionados con la gestión de tecnologías hospitalarias, su diseño y mantenimiento.

- II. Se puede afirmar que las fases de diseño discutidas en este trabajo de graduación, representan un modelo académico a seguir para el diseño de servicios e instalaciones de un establecimiento de salud. Cada una de ellas, puede adoptarse a entornos diferentes de gestión del diseño a manera de concretar la idea final de un proyecto sanitario.
- III. El agua es de gran importancia en un establecimiento de salud y es necesario mantener siempre gran atención en el sistema de abastecimiento de agua, particularmente en cuanto a cantidad y calidad de agua. Pues al fallar la calidad o la cantidad de agua, los efectos en el establecimiento pueden llegar a ser devastadores, hasta el punto de tener que cerrar el hospital.
- IV. En la mayoría de de establecimientos de salud, se utiliza sistemas de vapor, en procesos importantes como lavado, generación de agua caliente, esterilización, entre otras, por tanto se debe de observar el cumplimiento de las normas y criterios presentados, para generación, distribución y utilización del vapor.
- V. Aunque a veces no se le dé la importancia necesaria a la hora del diseño, es de mucha relevancia considerar el sistema de eliminación de agua servida, ya que este representa un peligro considerable, tanto para la salud de las personas dentro del establecimiento, como para el medio ambiente y las comunidades que rodean a este. Es necesario dar igual importancia a los tres componentes más relevantes del sistema de eliminación de aguas negras: la generación, que es la que determina la capacidad del sistema; el transporte, que es el que realiza la tarea de sacar del establecimiento las aguas desechadas; y la adecuación, que es el componente que se encarga de verifica y controla la calidad mínima del agua residual antes de incorporarse a su destino final.

- VI. Los criterios expuestos en el sistema de protección contra incendios, representan un consolidado de requisitos mínimos obtenidos de la investigación y el análisis bibliográficos de normas internacionales con experiencia en ese campo. Las secciones: Sistema de control de humo, sistema de detección y alarma, sistema de extinción y el panel de control, son aplicables a establecimientos ya construidos. Mientras que las secciones de las consideraciones arquitectónicas y los medios de evacuación, junto a las mencionadas anteriormente son aplicables a nuevos establecimientos.
- VII. A la hora de realizar diseños de áreas de atención y servicio, en un hospital, es de vital importancia considerar, no solo las características arquitectónicas de este, sino también todas las particularidades específicas del servicio que se desea diseñar. Para ciertos temas, particularmente el diseño de áreas de atención y servicio, la información disponible puede ser extensa y abrumadora. Sin embargo es de gran importancia examinar diferentes opciones, antes de adoptar una norma o estándar en cual basarse para el diseño. Además es importante considerar investigaciones particulares de la población para quien se quiere realizar el diseño, ya sea para seleccionar la mejor opción bibliográfica o para complementar los criterios y lineamientos que resulten de esta.
- VIII. La evaluación efectuada a un establecimiento de salud demostró un nivel de aceptación adecuado con respecto a los resultados obtenidos de las instalaciones evaluadas. Sin embargo, es de mencionar que una sola muestra no representa una aceptación general de los establecimientos de salud a nivel nacional.

Recomendaciones.

- I. Los establecimientos de salud salvadoreños deberían correr los protocolos de control sugeridos en este trabajo de graduación, con el fin de verificar las fallas y hacer las correcciones pertinentes para poder alcanzar un alto grado de calidad.
- II. Es recomendable que en el proceso de diseño de establecimientos e instalaciones de salud salvadoreñas se tome en cuenta personal profesional del área médica, técnica y administrativa.
- III. Crear organismos técnicos con la responsabilidad de monitorear en forma permanente el funcionamiento de los procedimientos, y el cumplimiento de las normas, como el sugerido en este trabajo de graduación.
- IV. En nuestro país, existe una carencia de normativas que regularicen aspectos importantes en el diseño de establecimientos e instalaciones de salud, por lo que es necesario establecer un marco legal de normas a cumplir. Ante esta situación y para la realización de esta investigación se ha tomado como referencia algunas normas internacionales de países, tanto países latinoamericanos como europeos y norteamericanos con renombre en el área de diseño y que además poseen cierta afinidad con los problemas sociales de nuestro país y de los cuales por dicha razón es posible tomar como referencia algunos aspectos aplicables en el contexto nacional. Entre ellas podemos mencionar algunas:

Normas, criterios para diseño de establecimientos de salud e instalaciones.	País de origen.
Guías Técnicas de construcción Instalaciones Hidráulicas, Sanitarias y especiales	México. IMSS.
Código de Seguridad Vida. NFPA 101	Estados Unidos. NFPA.
Guías de diseño Hospitalario.	Estados Unidos. Departamento de asuntos de veteranos.
Diseño de instalaciones médicas.	Estados Unidos. Cuerpo de ingenieros de la armada.
Normas de Seguridad contra incendios.	España. AENOR.

Bibliografía

VI Bibliografía:

Análisis y diseño de una planta de tratamiento de agua residual para el municipio de San Andrés Cholula /Universidad de las Américas, Puebla/Tesis por Alejandro Mauricio Hammeken Arana Eduardo Romero García/2005.

IMSS *“Guías Técnicas de construcción Instalaciones Hidráulicas, Sanitarias y especiales”*, 2004.

Helselton, Ken *“Boiler operator’s Handbook”*, Farimont Press, 2005.

Young, Anthony *“Medical Manager”*, BMJ publishing Group, 2003.

Bronzino Joseph, *“Management of Medical Techology”*, Butterworth, 1992.

Robert N. Reid, *“Water Quality and Systems: A Guide for Facility Managers”*, 2nd Edition, PE 2004.

Gabriel Bitton, *“Wastewater Microbiology”*, 2005.

IMSS, *“Normas de Instalaciones Sanitarias, Hidráulicas y Especiales: Instituto Mexicano del Seguro Social, Coordinación de Construcción, Conservación y Equipamiento División de Proyectos Investigación y Cuadros Básicos”*, México, 1997

Ministère de la Santé et Des Solidarités, *“Guide Technique: L’eau dans les Établissements de Santé”*, Francia

Método para pruebas de las características de superficie de los materiales de construcción. NFPA 255. Edición 2000. Massachussets, USA.

Código de Seguridad Vida. NFPA 101. Edición 2000. Massachussets, USA.

Condiciones de protección contra incendios en los edificios, NBE – CPI / 91. Real decreto 2177 / 1996. Madrid, España.

Deparment of Veterans Affaire, *“Manual para la protección contra incendios”*, Cuarta edición 2005. USA.

Dr. Pablo Isaza, Arq. Carlos Santana, *"Guía de diseño hospitalario para América Latina. Programa de desarrollo de servicios de salud"*. Octubre, 1991.

Ministerio de Hacienda, *"Ley de adquisiciones y contrataciones de la administración pública"*. UNAC, San Salvador, El Salvador 2000.

El Humo. Tomado de:

http://www.guiadelaseguridad.com.ar/articulos_columnasyeditoriales+seguridad_gerenciamiento+riesgo+incendio_el+humo_ingeniero+carlos+romero.htm

Department of Veterans Affairs, *"Space Planning Criteria for VA Facilities"*, capítulo 408, USA, 2006.

Department of Veterans Affairs, *"master Construction Specifications"*, secciones 2,15, USA, 2004.

International Code Council, *"International Building Code"*, 2006.

Instituto Mexicano del Seguro Social, *"Servicios Auxiliares de Diagnóstico y Tratamiento, Normas de Proyecto de Arquitectura"*, 1993

Centro de Control Estatal de Equipos Médicos, *"DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA HEMODIÁLISIS PARA UN CASO DADO"*, C.Varela, E.Márquez, 2003

Sociedad Española de Nefrología, *"Guías Clínicas Centros de Hemodiálisis"*, Dr. Francisco Maduell, 2006

Sociedad Española de Nefrología, *"Guías de Gestión de Calidad del Líquido de Diálisis"*, Dr. Francisco Maduell, 2006

Secretaría de Salud Mexicana - Subsecretaría de Innovación y Calidad Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud, *"Guía de Equipamiento Diálisis"*, 2005

Association for the Advancement of Medical Instrumentation(AAMI), *"Hemodialysis Water Quality"*, 2004.

Glosario

VII. Glosario.

Actividad: Operación o tarea propia de una entidad o persona.

Barrera de humo: Las barreras de humo son todas aquellas que impiden el paso del humo hacia una zona determinada. Entre ellas, se pueden encontrar: Paredes, obturadores o dampers, puertas o ductos con recubrimiento especial, etc.

Bomba: Mecanismo para extraer, elevar o darle impulso al agua.

Cloramina: la cloramina es un químico con la formula NH_2Cl . Se utiliza como desinfectante en soluciones muy diluidas particularmente para el tratamiento de agua, como sustituto del cloro.

Compresor duplex: consiste en un compresor que maneja dos bombas que se utiliza para aumentar la presión de un gas.

Compresor triple: consiste en un compresor que maneja tres bombas que se utiliza para aumentar la presión de un gas.

Compresor cuádruple: consiste en un compresor que maneja cuatro bombas que se utiliza para aumentar la presión de un gas.

Dalton: La unidad de masa atómica unificada también conocida como Dalton, es una unidad de masa pequeña utilizado para expresar masas moleculares y atómicas. Se define como un doceavo de la masa de un átomo libre de núcleo de carbono 12 en reposo.

Desnaturalizar: la desnaturalización es un cambio estructural en una proteína, que cambia su funcionalidad y propiedades físicas.

Detector de humo: Dispositivo electrónico que se activa al presenciar un umbral de humo. La señal es enviada a un dispositivo que centraliza las señales para dar una alarma.

Diámetro: A menos que se especifique si es interior o exterior, el término “diámetro” es el diámetro nominal como se designa comercialmente.

Digestores: Los digestores son los sistemas industriales donde se estimula de forma artificial el proceso natural de digestión anaeróbica que forma parte de la descomposición de las aguas negras.

Dureza del agua: Concentración de sales de calcio y magnesio en el agua.

EF: Letras iniciales que indican “Estabilidad al fuego”.

Electrocoagulación: la Electrocoagulación es un método para destruir tejidos, en el cual se utilizan radio frecuencias para calentar las moléculas dentro de un tejido de manera que estas vibren y generen calor. Este calor provoca la coagulación de las proteínas del tejido lo que acaba por eliminarlo.

Establecimiento de salud: Lugar en el cual se brinda asistencia médica de cualquier tipo. Un establecimiento de salud, puede ser: hospitales, unidades médicas, asilos, etc.

Equipos: Este término se refiere a los dispositivos, instrumentos y aparatos especiales para un fin determinado.

Exposiciones limitadas: Se puede entender que las exposiciones al fuego son poco probables.

Exposiciones moderadas: La exposición al fuego es bastante probable e intensa.

Filtros de Cartucho: La filtración por cartuchos consiste en hacer circular, mediante presión, el fluido a filtrar por el interior de un portacartuchos en el que se encuentran alojados los cartuchos filtrantes. El fluido atraviesa el cartucho filtrante dejando en éste retenidos todos los contaminantes seleccionados. La filtración por cartuchos es la técnica de filtración más aconsejada para aquellas aplicaciones cuyas exigencias en cuanto a calidad y seguridad son muy elevadas. Los cartuchos filtrantes pueden estar fabricados en diferentes materiales, polipropileno, celulosa, nylon, acero inoxidable, etc, determinándose el empleo de uno u otro cartucho en función de las características del fluido a filtrar.

Gabinetes: Se le llama gabinete al conjunto de accesorios que sirven para combatir un incendio. Por lo general, estos están compuestos de: válvula de activación, manguera, extintor.

Gestión: Término utilizado para denotar la administración de una actividad.

HEPA: Un filtro HEPA es un filtro de aire con capacidad de filtrado de al menos 99.97% de partículas en el aire de más de 0.3 μm de diámetro. El acrónimo "HEPA" viene del inglés y significa que es un filtro de "Aire para Partículas de Alta Eficiencia".

Instalaciones: Se refiere a las redes de cualquier tipo (eléctricas, de tuberías, de comunicación, etc.) ubicadas en los diversos servicios y otras áreas que conforman un establecimiento de salud.

Intercambio iónico: es una reacción química reversible, que tiene lugar cuando un ion de una disolución se intercambia por otro ion de igual signo que se encuentra unido a una partícula sólida inmóvil.

Ley: Regla o norma constante e invariable que se aplica en un campo específico. En este caso es referido a la regla para las adquisiciones y contrataciones públicas.

Lux: Es la Unidad derivada del SI de iluminancia o nivel de iluminación. La diferencia del Lux y un lumen, es que el primero toma en cuenta el área sobre el cual la iluminación es aplicada.

Lúmenes: Unidad del SI para medir el flujo luminoso.

Luz estroboscópica: Luz parpadeante de color blanca que se activa en un área del establecimiento de salud, para indicar una emergencia.

M: Letra, utilizada por las consideraciones europeas, para definir los tipos de materiales en los acabados del interior. Luego de la letra "M" sigue un número, el cual, indica la característica propia del material.

Materiales combustibles: Materiales, que debido a su composición, son más propensos a servir como combustible en una combustión. Por lo que su uso en lo arquitectónico esta normado.

Materiales no combustibles: Materiales, que debido a su composición, son menos propensos a servir como combustible en una combustión.

Metanógenos: Microorganismos que producen Metano como resultado de su proceso metabólico.

Norma: Término que se refiere a un criterio dado por una institución acreditada y que se aplica en un campo específico.

Normativa interna: Regla o criterio generado internamente o tomado de otra institución, para aplicarse en un establecimiento de salud.

Osmosis Inversa: Es el proceso contrario al de la osmosis, en el cual se aumenta la presión en el fluido con mayor concentración de soluto para que este pase por la membrana hacia el lado con menor concentración.

Pendiente: Es la relación en porcentaje de la altura y la longitud a nivel del suelo de una rampa.

pH: Es el potencial hidrógeno o nivel de ácidos o bases en una sustancia.

Pirógeno: un pirógeno es una sustancia generadora de fiebres o dicho de otras palabras elevadora de temperatura dentro del cuerpo humano.

Proceso: Es el conjunto de fases sucesivas necesarias para realizar algo. En el documento, la palabra proceso y procedimiento se utilizan indistintamente, y su significado específico dependerá de su contexto.

Puertas abatibles: Puertas que giran en torno a un eje. En nuestro medio se conocen como puertas que poseen un sistema “abre puertas” o “brazo”.

Puerta de escape o atrio: Puerta que se ubica en las partes altas de un establecimiento.

RF: Letras iniciales de “Resistencia al Fuego”.

Rociador: Dispositivo que cumple con una doble función. Primeramente, se utiliza como detector de humo y seguidamente, se utiliza como dispensador del elemento que apaga el fuego.

Servicios: Áreas o ambientes de un establecimiento de salud, específicamente aquellas en donde se brinda una asistencia específica, ya sea a pacientes o servicios. Entre algunos ejemplos se pueden mencionar: Servicio de cuidados intensivos, servicio de lavandería, servicio de ortopedia, etc

Tecnología: Se refiere a los equipos y procesos, que se utilizan en los establecimientos de salud. Este término es equivalente a la tecnología médica y la tecnología hospitalaria.

Trampa De Vapor: Válvula automática que elimina el condensado, aire y gases no condensables de las tuberías de vapor y de equipos que usan vapor.

Tubería tipo M: Se fabrica para ser usada en instalaciones hidráulicas de agua fría y caliente para casas habitación y edificios en general en donde las presiones de servicio sean normales. Sus diámetros varían de ¼" a 4'. Su uso en Instalaciones de gas considerando cualquier presión de trabajo esta prohibido.

UFC: Es una abreviación que significa Unidades Formadoras de Colonias, en microbiología el UFC es una medida de los números de bacterias vivas.

UI / ml: En Farmacología las Unidades Internacionales (UI), son las unidades de medida de cantidad de una sustancia medida a partir de su actividad biológica.

Válvula de seguridad: Dispositivo que protege en un límite de presión un sistema o equipo en operación.

Válvula: Se determina el dispositivo que regula el flujo de un líquido, gas u otros; dispositivo que regula o Interrumpe la circulación de un fluido, en una tubería o un equipo.

Zona blanca: Se considera una zona blanca dentro de un establecimiento de salud, como un área que considerarse aséptica, por lo que debe restringirse el paso a esta y se deben de tomar medidas fuertes de limpieza y desinfección. Así como cambio de ropa de calle.

Zona gris: Se considera una zona gris dentro de un establecimiento de salud, como una zona que deberá guardar estrictas medidas de higiene, pero que no necesariamente requiere restricción de paso y cambio de ropa.

Zona negra: La zona negra es por definición, dentro de un establecimiento de salud, una zona predeterminada para realizar actividades que impliquen sustancias contaminantes o equipos contaminados. El acceso a esta área es restringido para prevenir infecciones y proteger el resto del servicio.



Anexo 1

Cálculo de Pacientes

Para realizar el cálculo de pacientes a atender, pueden utilizarse varios métodos, utilizando diferentes criterios y razonamientos diferentes. Para este caso se utilizarán los valores y criterios mostrados en la Tabla A.1

Población de Cobertura	100000 habitantes
Criterio de Dimensionamiento de Hospitalización	3 camas/1000 habitantes
Estancia de paciente	4 días
Días Laborales de Hospital	365 ¹
Factor de Ocupación	80%

Tabla A.1: Criterios de cálculo

Se tiene que el hospital se debe dimensionar para 100000 habitantes. Utilizando el criterio de dimensionamiento de 3 camas por cada 1000 habitantes, se tiene que el hospital estará diseñado para 300 camas.

Con un factor de ocupación para hospitalización del 80% se puede decir que se utilizarán 240 camas, las cuales multiplicadas por 365 días de uso nos dan 87600 días-cama disponibles.

Si un paciente ocupa una cama y su estancia promedio es de 4 días, al dividir el número de días-cama entre 4 se obtiene 21900, que es el número de pacientes que puede atender el hospital.

¹ El servicio de Hospitalización estará abierto todo el año sin cerrar.



Anexo 2

Machine Specifications

Dimensions

Floor space	Approximately 54 cm wide by 63 cm deep
Height	133 cm
Total weight	Approximately 73 kg

Electrical

Power Supply—Main	Single phase AC 120 V $\pm 10\%$ 60 Hz ± 3 Hz must be connected to a circuit which is equipped with a hospital grade receptacle and is protected by circuit breaker and ground fault interrupter (GFI). Resistance from chassis to ground must be < 0.2 ohm.
Power Consumption	Does not exceed 12.5 amps
Fuses	6.3 amp medium blow fuse, 2 each 16 amp double pole rocker switch circuit breaker for heater
External Connections	A. Alarm output normally open and normally closed switch contacts reflecting alarm state. 24 V, 0.2 amp max. B. Alarm input C. External alarm light or traffic light beacon Isolated RS232 and leakage current isolation per UL 544 between the machine and external computer
Heat Dissipation to Room	600 to 700 BTU/hr.
Electromagnetic compatibility	IEC 1000-4-2 IEC 1000-4-3 IEC 1000-4-4 IEC 1000-4-5 IEC 1000-4-6

Water

Back Flow Prevention	Integral back flow prevention provided by external vent to atmosphere in water inlet circuit.
Water Pressure	Min 20 psi; max 105 psi
Water Temperature	Min 10 °C; max 25 °C

Quality	AAMI Standard, RD62:2001; RD52, Dialysate for Hemodialysis is being developed by the AAMI Renal Disease and Detoxification Committee
Drain	3 feet maximum height. Must comply with local codes and must maintain a free fall air gap between drain hose and building drain.
Rinsing	Temperature 37° C. Flow rate 620 ml/min. Time between 10 and 60 minutes (internally selectable)
Concentrate Supply	
Concentrate Pressure	Max suction height 3 feet Max supplied pressure 2 psi
Dialysate Flow Adjustment Range	Sequential (0)/100/200/300/400/500/600/700/800 ml/ min., selectable in the Dialysis screen; Dialysate on/off key
Partial Dialysate Collection	From Drain line, intermittent collection using a 3 Liter PD drain bag as a collection device with a Safe-Lock connector (optional).
Proportional Mixing System	
Acid	Volumetric, selectable: 1:34 1:44 1:35.83 1:35.1
Acetate	1:34
Adjustment Range	130 to 155 mEq/L Na ⁺
Bicarbonate	Volumetric, selected with associated acid ratio 1:27.6 1:19.1 1:24.5 1:28.6
Adjustment Range	20 to 40 mEq/L Bicarbonate
Monitoring Conductivity	Temperature compensated conductivity display with automatically set alarm windows ± 0.5 mS/cm around calculated conductivity. User can adjust an additional ± 0.5 mS/cm within this range. Conductivity is based on the concentrates' compositional data entered in the Dialysate screen at the standard temperature of 25°C.

Range of Display	10.0 to 17.0 mS/cm. at 25° C. Alarm limits will not go below 12.5 @ 25 mEq/l bicarbonate (13.0 @ 20 mEq/l bicarbonate) or above 16.0 mS/cm.
Dialysate Heating	35 to 39° C, (selectable in 0.1 ° C steps)
Nominal Value of Temperature	Range 35 to 39° C with alarm limit window automatically adjusted to 2° C above and below set point. Alarm window will not go below 30° or above 41° C. Heater 1.3 kW, electronically controlled.
Temperature Display	
Heat Disinfection	
Temperature	83 ± 8° C at NTC 3
Flow Rate	600 ml/min. Pre-rinse either 7 min. @ 600 ml/min or 20 min. @ 300 ml/min. (user selectable)
Time	Between 10 and 60 minutes (internally selectable)
Chemical Disinfection	
Temperature	37° C (set point applicable)
Flow Rate	620 ml/min.
Time	Between 10 and 60 minutes (internally selectable)
Blood Pump	
Display of flow rate	20 to 600 ml/min, depending on pump segment ID.
Internal diameter of pump segment	2 to 10 mm (0.08" to 0.4")
Tube length	32 cm minimum (12-5/8")
Level adjust	Up only
Power outage use	The pump can be manually operated with a hand crank.
Single Needle System	
Two Pump Procedure	With two blood pumps, pressure control system with alternating blood pumps. Alarm after 15 or 30 seconds without an alternation of the pumps.
Heparin Pump	
Type of Syringe	10 - 12 ml disposable syringe
Administration Rate	0.1 to 9.9 ml/hr
Monitoring	Monitoring end of stroke
Bolus	From 0.1 to 9.9 ml volume

Profiles Preset programs for the administration of heparin over time.

Monitoring Elements: Blood Circuit

Arterial Pressure Monitor	-300 to +500 mmHg with 3 automatically set time-delayed alarm window limit values (± 60 , ± 80 , and ± 100 mmHg of actual pressure. (Single Needle ± 80 mmHg).
Venous Pressure Monitor	-80 to +500 mmHg with 3 fixed window limit values of ± 60 , ± 80 , and ± 100 mmHg of actual pressure. There is also an asymmetric range initially set to ± 80 mmHg which increases the lower limit after 60 seconds. (Single Needle ± 80 mmHg).
TMP Monitor	+60 to -520 mmHg with automatically set time delayed window limit values of ± 60 (conventional dialysis) and ± 40 mmHg (high flux dialysis). Compensation for upward drift.
Level detector	Ultrasonic impulses detect fluid level in the drip chamber.
Optical Sensor	Optical transmission used to detect opaque or non-opaque presence in the blood tubing.
Clamp	Closes with any blood alarm to protect patient
Level Adjust	Allows the level in the drip chamber to rise to prevent air from getting into patient's blood
Blood Leak Detector	Two color light source transmitter / sensor with a resolution of: minor ≥ 0.35 ml/min. of blood (hematocrit = 25%) alarm ≥ 0.45 ml/min. of blood (hematocrit = 25%)

Ultrafiltration Control

Adjustment Range of UF Rate	Volumetric Control, 0-4000 ml/hr. 1000, 2000, 3000, and 4000 ml/hr. internally maximum rate. Adjusted in 10 ml increments.
UF Time	Digital Display (0 – 9:59 hrs.) Selectable in increments of 1 min.
UF Goal	Digital Display (0 to 9,990 ml). Selectable in increments of 10 ml.
UF Profiles	Nine preset UF profiles are available for the removal of excess fluid from the patient.
Remaining Time of Dialysis (RTD)	0-9:59 hours auto transfer from UF time, counting down in 1-minute increments. Can adjust manually.
UF Removed Display	Digital display max 9,999 ml counting in 1 ml increments.

Additional Monitoring

Alarm in case of power failure.
Alarm in case of water shortage.

Functional Options

Online Clearance

A means of estimating urea clearance during treatment by measuring conductivity responses after brief alterations in dialysate concentration.

Sodium Variation System (SVS)

A means for temporarily increasing the sodium concentration at the beginning of dialysis for patient comfort.

Sodium Variation Profiles

Three preset profiles (step, linear, and exponential) for increasing, then decreasing the sodium concentration in dialysate.

Blood Temperature Monitor (BTM)
(Optional)

A means of temperature control for the patient and for evaluating adequacy of access flow by measuring temperature changes in the arterial and venous lines after temporary excursions in the dialysate temperature.

DiaSafe

A means of filtering the dialysate to reduce bacteriological exposure

Blood Pressure Module

Technique	Measures systolic, diastolic pressures, and heart rate (pulse rate) using oscillometric method. MAP measured.
Cuff Deflation	Interactive computer controlled. Determination for adults requires approximately 25-30 seconds depending on starting point, heart rate and motion artifact.
Cuff Inflation	Typically 5 - 10 seconds from 0-250 mmHg.

Performance Limits

	Pediatric	Adult
Cuff Pressure Range	5-220 mmHg	10-325 mmHg
Initial Cuff Inflation	125 mmHg or adjusted by host	180 mmHg or adjusted by host
Systolic Determination Range	40-160 mmHg	80-260 mmHg
MAP Determination Range	25-140 mmHg	35-220 mmHg
Diastolic Determination Range	15-120 mmHg	25-200 mmHg
Pulse Rate Determination Range	40-240 BPM	40-180 BPM
Cuff Inflation Rate	5 seconds	5 seconds
Determination Time Normal	Approx. 20 seconds	25-30 seconds
Overpressure Cut Off	220 mmHg	325 mmHg
Transducer Drift	Auto Zeroing	Auto Zeroing
Leakage Rate (Max)	3 mmHg in 3 minutes	3 mmHg in 3 minutes
Pressure Rate Offset	Auto Zeroing	Auto Zeroing
Alarm Preset Values (Internal alarm values preset to provide alarm limits in the event individual values are not entered)	Pediatric/Neonatal	Adult
Systolic	160/80	200/90
MAP	120/70	120/70
Diastolic	100/60	110/50
Pulse	120/50	120/50
Inflation Pressure	Auto	Auto

Anexo 3

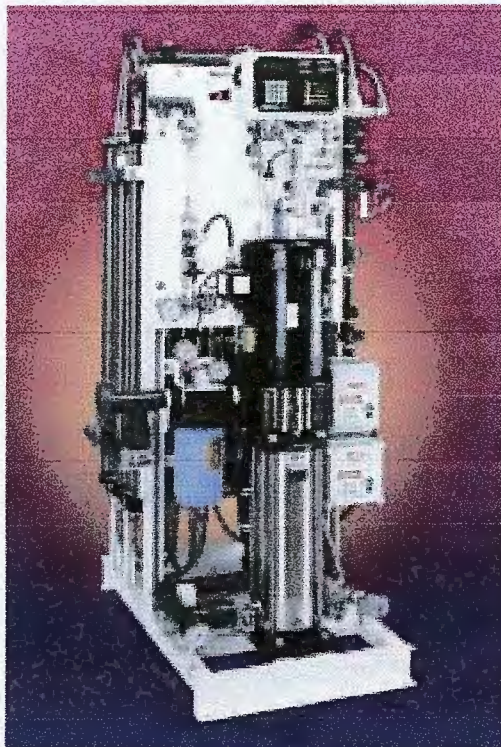
Water Technologies

Med-RO® RX Series Units

Reverse Osmosis Medical Units

SIEMENS

Med-RO® Reverse Osmosis medical units are specifically designed for hemodialysis water treatment applications. Our Med-RO® units offer you the greatest flexibility possible from a fully engineered system. The control system is an easy-to-use advanced micro-processor based system. The Med-RO RX unit product flow ranges from 1.4 to 15 gallons per minute (0.3 to 3.4 m³/hr).



Med-RO® Unit Benefits:

- Wide range of flow rates
- FDA registration
- Small footprint requires minimal space
- All Med-RO® units are fully tested prior to shipment

Med-RO® Unit Features:

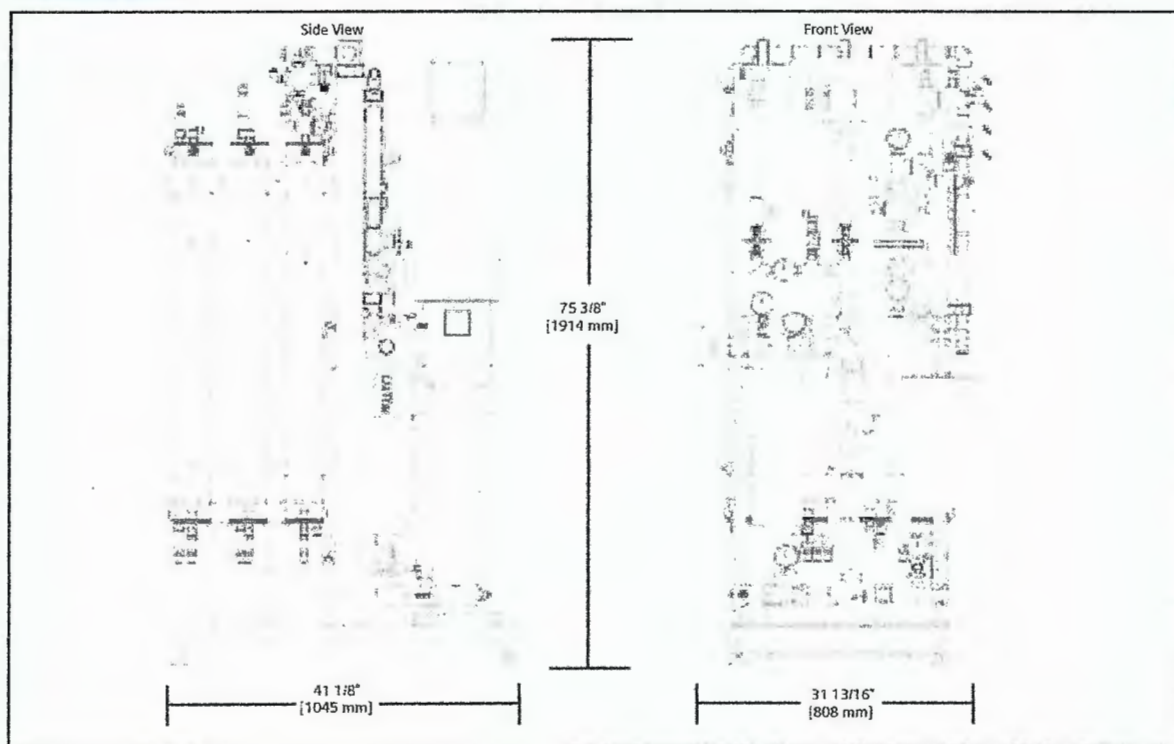
- Easier to clean- "full fit" thin film composite RO membranes mean less bacterial contamination and less biofilm buildup
- Easy-to-use programmable controls
- Systems manufactured at a QSR/ISO 9001 compliant registered facility
- Used with Siemens registered medical pretreatment components
- Registered with Health Canada as a medical device
- Clean-in-place connections minimize disinfection downtime and overall cleaning time

Specifications

Model No	Flow Rate Specifications GPM Nominal (m ³ /hr)				Vessel Staging	Membrane Quantity	Customer Connection Specifications			Approx Shipping Weight	
	Product*	Feed	Reject	Reject Recycle			Feed	Product	Reject	Lbs.	(kg)
RX01	1.4 (0.3)	2.8 (0.6)	1.4 (0.3)	7.0 (1.9)	1	1	1-1/2" Flange	3/4" NPT	3/4" NPT	550	(249)
RX02	2.8 (0.6)	5.6 (1.3)	2.8 (0.6)	5.0 (1.1)	1:1	2	1-1/2" Flange	3/4" NPT	3/4" NPT	575	(261)
RX03	4.0 (0.9)	8.0 (1.8)	4.0 (0.9)	4.0 (0.9)	1:1:1	3	1-1/2" Flange	3/4" NPT	3/4" NPT	600	(272)
RX04	5.2 (1.2)	6.9 (1.6)	1.7 (0.4)	6.0 (1.4)	1:1:1:1	4	1-1/2" Flange	3/4" NPT	3/4" NPT	625	(283)
RX05	6.2 (1.4)	8.3 (1.9)	2.1 (0.5)	6.0 (1.4)	1:1:1:1:1	5	1-1/2" Flange	3/4" NPT	3/4" NPT	650	(295)
RX06	7.0 (1.6)	9.3 (1.9)	2.3 (0.5)	6.0 (1.4)	1:1:1:1:1:1	6	1-1/2" Flange	3/4" NPT	3/4" NPT	675	(306)
RX08	10.0 (2.3)	13.3 (3.0)	3.3 (0.7)	8.0 (1.8)	2:2:1:1:1:1	8	1-1/2" Flange	3/4" NPT	3/4" NPT	750	(340)
RX09	12.0 (2.7)	16.0 (3.6)	4.0 (0.9)	11.0 (2.5)	3:2:2:1:1	9	1-1/2" Flange	3/4" NPT	3/4" NPT	775	(352)
RX12	15.0 (3.4)	20.0 (4.5)	5.0 (1.1)	10.0 (2.3)	3:3:2:2:1:1	12	1-1/2" Flange	3/4" NPT	3/4" NPT	850	(386)

*Product flow rates are based on equipment design parameters listed below. Product flow rates may not be appropriate for other feed waters.

Dimensions



Design Parameters:

Feed Water Source	Softened, Carbon Treated, Potable
Prefiltration Requirements	5 μ nominal
Feed Water Fouling Index	Silt Density Index (SDI) < 3
Feed Water Temperature	77° F* (25° C)
Inlet Pressure Requirements	35 PSIG (241 KPA)
Product Pressure Available	25 PSIG (172 KPA)
System Recovery (Nominal)	75% (50% for RX01, 02 & 03)
Membrane Salt Rejection	99% nominal [Based on 2000 ppm NaCl @ 225 PSI (1551 KPA), pH8, 77° F and 15% recovery]
Performance Basis	A specific computer projection must be run for each individual application.

*Lower temperature will reduce product flow and may require upsizing the unit selection.

If any of the feed water parameters are not within the limits given, contact Siemens Water Technologies Technical Support.

The information provided in this brochure contains merely general descriptions or characteristics of performance which in actual case of use do not always apply as described or which may change as a result of further development of the products. An obligation to provide the respective characteristics shall only exist if expressly agreed in the terms of contract.

Med-RO is a trademark of Siemens, its subsidiaries or affiliates.

Siemens
Water Technologies
10 Technology Drive
Lowell, MA 01851
Technical Support: 800.875.7873 ext 5000
Customer Support: 800.466.7873
Phone: 978.934.9349 ext 5000
Fax: 978.441.6025
www.siemens.com/water

©2007 Siemens Water Technologies Corp.
PWS-MEDRO-DS 0407
Subject to change without prior notice