

**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA**

**“GUIA PARA LA PLANIFICACION E INSTALACION DE  
EQUIPO MEDICO EN UNIDADES DE TERAPIA INTENSIVA  
Y QUIROFANOS”**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE  
INGENIERO EN ELECTRONICA Y  
TELECOMUNICACIONES**

**BYRON PATRICIO HERNANDEZ ULLOA**

**QUITO, JUNIO 1999**

A mi hijo Byron Patricio, que con sus  
inocentes preguntas me recordaban que  
este trabajo estaba pendiente e inconcluso.

A mi esposa, que con su silencio me recordaba lo mismo.

## **AGRADECIMIENTOS**

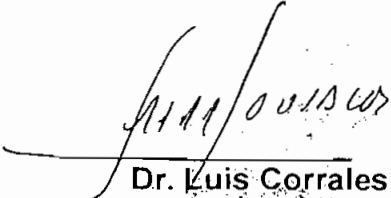
A Dios por posibilitar mi existencia y aprendizaje. A mi madre por su sacrificio para que mi instrucción primaria, secundaria y superior fuera siempre la mejor. A mis hermanos porque sin egoísmo y sacrificando parte de su derecho a la estabilidad permitieron que esto fuera una realidad. A mi esposa, por su tiempo y mi tiempo “robados” de hogar para poder cumplir y culminar este trabajo de tesis.

A mis profesores, tutores de la capacidad hoy desarrollada y plasmada en esta tesis, que paciente e inteligentemente supieron transmitir sus conocimientos, y de una manera especial a mi Director de Tesis.

A las instituciones en las cuales adquirí los conocimientos y experiencia en este campo profesional, en forma particular y especial a la Empresa IX BIOTRON DEL ECUADOR Cía. Ltda., en la cual en estos últimos 10 años, conjuntamente con los otros socios hemos tratado de desarrollar e implementar una Electromedicina con una mentalidad diferente.

## CERTIFICACION

Certifico que el presente trabajo de tesis fue realizado  
por el Sr. Byron Patricio Hernández Ulloa,  
bajo mi supervisión y asesoría.



Dr. Luis Corrales



## INDICE

	Descripción	Página
<b>CAPITULO I: Fundamentos teóricos</b>		
1.1.	Antecedentes	3
1.2.	Descripción de las áreas constitutivas de un Hospital Tipo y su interrelación con las Unidades de Terapia Intensiva (U.T.I.) y Centro Quirúrgico Central (C.Q.C.)	8
1.2.1.	Áreas Críticas	8
1.2.2.	Área de Cuidados Intermedios	12
1.2.3.	Área de Diagnóstico y Tratamiento	12
1.2.4.	Áreas de Hospitalización	14
1.2.5.	Consulta Externa	14
1.2.6.	Áreas de Servicio	15
1.2.7.	Piso Técnico	15
1.2.8.	Casa de Máquinas	16
1.3.	Consideraciones de Seguridad Eléctrica en Instalaciones de U.T.I. y C.Q.C.	17
1.3.1.	Comportamiento orgánico humano	17
1.3.2.	Parámetros de Seguridad Eléctrica	33
1.4.	Definición de una Unidad de Terapia Intensiva (U.T.I.) Tipo	99
1.5.	Definición de un Centro Quirúrgico Central Tipo	101
<b>CAPITULO II: Planificación de una Unidad de Terapia Intensiva</b>		
2.1.	Propuesta de una Unidad de Terapia Intensiva Tipo	103
2.1.1.	Recursos físicos	104
2.1.2.	Recursos de equipamiento médico	114
2.1.3.	Instalaciones centralizadas	146
2.1.4.	Sistemas contra incendios	159
2.2.	Definición de una Unidad de Terapia Intensiva Básica	161
2.3.	Propuesta de una Unidad de Terapia Intensiva Básica	162
2.3.1.	Recursos físicos	163
2.3.2.	Recursos de equipamiento médico	170
2.3.3.	Instalaciones centralizadas	182
2.3.4.	Sistemas contra incendios	186
2.4.	Análisis comparativo	187
2.4.1.	Recursos físicos	187
2.4.2.	Recursos de equipamiento médico	188
2.4.3.	Instalaciones centralizadas	202
2.4.4.	Sistemas contra incendios	204
<b>CAPITULO III: Planificación de un Centro Quirúrgico Central</b>		
3.1.	Propuesta de un Centro Quirúrgico Central Tipo	205
3.1.1.	Recursos físicos	206
3.1.2.	Recursos de equipamiento médico	226
3.1.3.	Instalaciones centralizadas	260
3.1.4.	Sistemas contra incendios	273
3.2.	Definición de un Centro Quirúrgico Central Básico	275
3.3.	Propuesta de un Centro Quirúrgico Central Básico	277
3.3.1.	Recursos físicos	278
3.3.2.	Recursos de equipamiento médico	286

	Equipos de apoyo	294
3.3.3.	Instalaciones centralizadas	297
3.3.4.	Sistemas contra incendios	300
3.4.	Análisis comparativo	301
3.4.1.	Recursos físicos	301
3.4.2.	Recursos de equipamiento médico	303
	Equipos de apoyo	313
3.4.3.	Instalaciones centralizadas	319
3.4.4.	Sistemas contra incendios	321
<b>CAPITULO IV: Conclusiones y recomendaciones</b>		
4.1.	Conclusiones generales y comunes para U.T.I. y C.Q.C.	322
	Conclusiones para U.T.I.	338
	Conclusiones para C.Q.C.	339
4.2.	Recomendaciones	341
<b>ANEXOS:</b>		
	Anexo I Valores de resistencia en conductores de cobre	363
	Anexo II Norma ANSI/AAMI ES1	364
	Bibliografía	367
	Indice de Figuras	369
	Indice de Tablas y Tarjetas de Control	372
	Indice de ubicación rápida	373

# C A P I T U L O I

## **Fundamentos teóricos.**

La problemática actual respecto a la Planificación e Instalación de Equipamiento Médico en las Areas Críticas de los Establecimientos de Salud es cada vez más agudizada por la falta de normativas reconocidas y establecidas internacionalmente, dando lugar a criterios y recomendaciones impuestos por varios países, tanto de Norte América como de Europa, los mismos que varían de acuerdo a su desarrollo tecnológico y conveniencias locales de tipo social y económico.

Debido a la seriedad del problema, estas inquietudes realmente preocupantes han sido analizadas en foros internacionales, en los que los Organismos de regulación regional y expertos internacionales, que se han dedicado al estudio de esta problemática, han planteado sus ponencias en la tendencia de establecer normas y recomendaciones que regulen estas actividades. A continuación se referirán algunas de estas ponencias que reflejan esta preocupación y a la vez indican la tendencia hacia la resolución de tales inquietudes mediante una concertación.

El Ing. D. Federico Metre Rossi, establece que *“La enorme proliferación de aparatos eléctricos empleados en la práctica médica diaria en pacientes sometidos a operaciones quirúrgicas, cateterismos diversos, en especial el cardíaco, la vigilancia intensiva, reanimación, etc. origina también en progresión creciente en el número de accidentes o al menos la posibilidad de ellos, originados por la acción de la corriente eléctrica. Como consecuencia, la preocupación de los profesionales de la medicina, gerencias hospitalarias y en suma, cuantos se ven o pueden ser implicados en estos accidentes, es cada vez mayor. Por ello, y a escala internacional, se está estudiando el problema*

*constantemente, preparando y en su caso promulgando disposiciones tendientes a minimizar el efecto de tales incidencias".<sup>1</sup>*

La probabilidad de riesgo de daño a un paciente por la aplicación de los equipos médicos, fuera de las normas de seguridad, es alta, por lo que se deben tener en cuenta las normas y recomendaciones para su uso en ambientes médicos. Joseph DuBovy afirma que *"Un instrumento Biomédico está diseñado para cumplir con un mínimo de requerimientos de seguridad. Cuando el equipo envejece, los componentes de protección también lo hacen. Cuando existe una falla de seguridad, el equipo se convierte en peligroso para el paciente, médicos y personal auxiliar. Muchas veces, se combinan varios instrumentos para formar un sistema Biomédico, y es posible que no se tome en cuenta que la seguridad particular de un equipo no siempre cubre al sistema Biomédico construido. El Ingeniero Biomédico debe estar totalmente familiarizado con los problemas de seguridad que se pueden desarrollar cuando los equipos son utilizados en combinación. Las pruebas periódicas y la inspección de los sistemas de tierra de protección es de vital importancia para la seguridad del paciente, tanto como las pruebas a los equipos médicos mismo".<sup>2</sup>*

La problemática planteada ha tomado tanta importancia que se han realizado reuniones internacionales. En particular en el Area Andina se realizó en Cochabamba-Bolivia una reunión de los Sistemas Locales de Salud, en donde, entre varias otras afirmaciones, se estableció que: *"Es deficiente la planificación tanto para la construcción de la infraestructura, como para la adquisición de equipos, el mantenimiento existente no obedece a esquemas establecidos y está*

---

<sup>1</sup> Tomado del documento *La Seguridad en el Hospital, Ponencias y Comunicaciones presentadas en las II Jornadas Técnicas Hospitalarias*. Artículo: Seguridad de Instalaciones Eléctricas; Autor: José O. Avila Monteso; p. 13.

<sup>2</sup> DUBOVY Joseph; *Introduction to Biomedical Electronics*; McGraw-Hill; 1978; New York; p. 38.

*casi exclusivamente destinado a la reparación; en caso de equipos, las compras no cumplen requisitos que aseguren el mantenimiento de éstos”.*

Se podrían ir enumerando otras ponencias que en el ámbito internacional se han establecido (en el desarrollo del trabajo se irán desarrollando éstas y se incluirán algunas más), pero con las supracitadas, se puede ver que debe existir una Planificación de los requerimientos eléctricos, así como de los equipos médicos y su adecuada instalación en las Areas Críticas de los Establecimientos de Salud.

Este trabajo analizará los criterios y recomendaciones de diseño de las Unidades de Terapia Intensiva y Quirófanos como parte constitutiva de las Areas Críticas, así como también identificará las normas existentes referentes a Seguridad Eléctrica que deben existir en estas Unidades, para que puedan ser adoptadas en nuestro medio, a la vez que propondrá diseños y recomendaciones adaptadas a nuestra realidad, como fruto de la investigación y del trabajo realizado durante varios años en estas áreas críticas por parte del autor de este trabajo. Es de vital importancia realizar este estudio y análisis, ya que en nuestro País no existen regulaciones oficiales registradas en las entidades gubernamentales encargadas de su control que permitan conseguir esta meta.

### **1.1. Antecedentes**

Para un entendimiento más profundo de la Planificación e Instalación del Equipamiento Médico en Unidades de Terapia Intensiva y Quirófanos, se debe comprender la interrelación que mantienen estas Areas con el resto de Areas de un Establecimiento de Salud (Hospital o Clínica). Por esto, se realizará un análisis del entorno Hospitalario en el que están inmersas, ya que permitirá una óptima comprensión de los motivos que crean su

dimensionamiento tanto físico (capacidad física), como de instalaciones especiales necesarias y su consiguiente equipamiento médico.

Se hace necesario establecer las diferencias de los siguientes Establecimientos de Salud: HOSPITAL, CLINICA, CENTRO DE SALUD, CENTRO MEDICO y CONSULTORIO. Todos los términos coinciden en su función fundamental que es la de atender a pacientes. Sin embargo, la diferencia fundamental radica en dos Servicios fundamentales: **capacidad (número de pacientes) de atención en servicios externos** (Consulta Externa, Imagenología y Rayos X, Laboratorio, etc.) **y en la capacidad de “alojarlos” (Hospitalización) mientras dura su recuperación y/o tratamiento en servicios internos.** Así, la dimensión de un Establecimiento de Salud como los 2 primeros indicados anteriormente se la proporciona en virtud del número de camas de Hospitalización que posee.

Un **HOSPITAL** posee la capacidad de los dos Servicios indicados anteriormente y se lo categoriza de acuerdo a su capacidad, servicios de especialidad y docencia, ubicación geográfica y tipos de pacientes (Públicos o Privados) que atiende. Normalmente son de grande y mediana capacidad, por lo que en todos los casos es necesaria la presencia de un Centro Quirúrgico Central, y en otros casos la presencia además de una Unidad de Terapia Intensiva; Servicios que están justificados básicamente por el número de camas y por ende de servicios adicionales que poseen. Así por ejemplo se puede citar que entre los más grandes del país están:

☛ HOSPITALES PUBLICOS DEPENDIENTES DEL MINISTERIO DE SALUD PUBLICA (M.S.P.):

<b>Nombre del Establecimiento de Salud</b>	<b>Localización</b>	<b>Capacidad máxima</b>
Hospital Eugenio Espejo	(Quito)	600 camas
Hospital Enrique Garcés	(Quito)	200 camas
Hospital Pablo Arturo Suárez	(Quito)	200 camas
Hospital de Niños Baca Ortiz	(Quito)	120 camas
Hospital Gineco-Obstétrico Isidro Ayora	(Quito)	120 camas
Hospital Abel Gilbert Pontón	(Guayaquil)	200 camas
Hospital del Niño Martín Icaza Bustamante	(Guayaquil)	120 camas
Hospital Vicente Corral Moscoso	(Cuenca)	200 camas
Hospital Homero Castanier	(Azoguez)	120 camas
Hospital Raúl Rodríguez Zambrano	(Manta)	200 camas
Hospital Miguel H. Alcívar	(Bahía)	120 camas
Hospital Verdi Cevallos Ponce	(Portoviejo)	120 camas
Hospital Policlínico	(Riobamba)	200 camas
Hospital Teófilo Dávila	(Machala)	200 camas
Hospital Isidro Ayora	(Loja)	120 camas
Hospital San Vicente de Paúl	(Ibarra)	120 camas
Hospital Regional Docente	(Ambato)	120 camas
Hospital San Luis	(Otavalo)	120 camas
Hospital Martín Icaza	(Babahoyo)	120 camas
Hospitales de Infectología	(Quito, Guayaquil)	50 camas
Hospitales cantonales pequeños	(45 Hospitales)	25 camas

☛ HOSPITALES PUBLICOS DEPENDIENTES DEL I.E.S.S.:

<b>Nombre del Establecimiento de Salud</b>	<b>Localización</b>	<b>Capacidad máxima</b>
Hospital Carlos Andrade Marín	(Quito)	720 camas
Hospital Teodoro Maldonado Carbo	(Guayaquil)	300 camas
Hospital IESS Regional 5	(Riobamba)	200 camas
Hospital IESS Regional 7	(Cuenca)	300 camas
Hospital IESS Regional 6	(Ambato)	200 camas
Hospital IESS Regional 6	(Latacunga)	200 camas
Hospital IESS Regional	(Manta)	200 camas

☛ HOSPITALES PUBLICOS DEPENDIENTES DE LAS F.F.A.A. o POLICIA:

<b>Nombre del Establecimiento de Salud</b>	<b>Localización</b>	<b>Capacidad máxima</b>
Hospital Militar	(Quito)	500 camas
Hospital de la Policía	(Quito)	200 camas
Hospital Militar	(Guayaquil)	500 camas
Hospital de la Policía	(Guayaquil)	150 camas

☛ OTROS HOSPITALES PUBLICOS:

<b>Nombre del Establecimiento de Salud</b>	<b>Localización</b>	<b>Capacidad máxima</b>
Hospital Junta de Beneficencia	(Guayaquil)	100 camas

☛ HOSPITALES PRIVADOS:

<b>Nombre del Establecimiento de Salud</b>	<b>Localización</b>	<b>Capacidad máxima</b>
Hospital Metropolitano	(Quito)	200 camas
Hospital Voz Andes	(Quito)	80 camas
Hospital de Clínicas Pichincha	(Quito)	85 camas
Hospital –Clínica Miguel H. Alcívar	(Guayaquil)	70 camas

Una **CLINICA** también posee la disponibilidad de los dos Servicios indicados, pero su capacidad es menor, por lo que en ciertos casos una Clínica se ve obligada a eliminar algunos Servicios que pueden ser “no rentables” o muy costosos de implementarlos debido a su naturaleza de atención que es solamente para pacientes Privados. Sería interminable listar las Clínicas existentes en el país aunque son de conocimiento más o menos generalizado. No obstante, se debe recordar que, en teoría, una Clínica mientras más servicios ofrezca hacia los Pacientes, tendrá mejor cobertura y evidentemente deberá ser mejor planificada, aunque la realidad en el país sugiere que no está cimentada en este principio.

Un **CENTRO MEDICO** en la mayoría de los casos no posee un Area de Hospitalización ni Quirófanos, sino estaríamos hablando de una Clínica Pequeña. Esta nominación se la da más bien a una agrupación de Profesionales Médicos que prestan Servicios Externos que no requieren del ambiente de Hospitalización, pero que poseen cierta cantidad de equipos (aunque mínima) para su operación o funcionamiento, y que requerirán de las condiciones adecuadas de instalación para garantizarle al paciente la confiabilidad y seguridad requerida. Estos Servicios Externos típicamente son: Rayos X, Laboratorio Clínico, Consulta Externa, Oftalmología, Odontología, etc. y se catalogan por prestar atención médica a pacientes Privados.

Un **CENTRO DE SALUD** o también llamado **DISPENSARIO MEDICO**, es la versión de un Centro Médico Privado, pero con la dependencia de Entidades Públicas como el M.S.P., I.E.S.S., F.F.A.A., etc.



Un **CONSULTORIO** está dedicado especialmente para que el facultativo de su área realice la Consulta Médica respectiva y oriente al paciente el camino a seguir con respecto a su patología. Frecuentemente los Consultorios tienen un equipamiento básico que no requiere de cuidados especiales respecto a su instalación ya que los equipos que dispone son, en su mayoría, auxiliares para el diagnóstico del paciente.

Para efectos de aplicación de este trabajo, los diseños, propuestas, recomendaciones y planificación del equipamiento médico que se realizará estarán enfocados hacia los Hospitales Públicos y Privados y Clínicas Privadas en donde poseen o poseerán una infraestructura suficiente para que justifique la presencia de las Unidades de Terapia Intensiva (U.T.I.) y Quirófanos. Por facilidad de expresión, los temas tratados desde este punto en adelante se referirán a Hospitales, pero el lector deberá entender que se tratan de Hospitales Públicos y Privados y Clínicas Privadas. En este punto, debe ser evidente que no tendría sentido aplicar esta planificación completa y propuesta de diseño en Servicios de Centros de Salud, Centros Médicos y/o Consultorios, aunque una gran parte de estas normas y recomendaciones indicadas rigen para el Área Médica en general y particularmente en un sentido más estricto para las Áreas de U.T.I. y Quirófanos por lo que pueden ser aplicadas, en lo que se pueda realizar, en estos Establecimientos de Salud pequeños y en otros que puedan irse creando con la evolución de las investigaciones, pero que tengan que ver con el contexto médico.

## 1.2. Descripción de las áreas constitutivas de un Hospital Tipo y su interrelación con las Unidades de Terapia Intensiva y Centro Quirúrgico Central.

Antes de adentrarnos en el tema, es menester realizar una aclaración respecto al término Quirófanos, debido a que se lo cambiará con Centro Quirúrgico Central. El término Quirófanos es un término utilizado frecuentemente por su facilidad y rapidez de pronunciación a más de su conceptualización antigua; sin embargo, en la actualidad, se ha cambiado este término por uno más general que abarca el conjunto de necesidades añadidas multidisciplinarias para el funcionamiento de todos los Quirófanos que constituyen el Centro Quirúrgico Central. La razón supracitada indica el cambio de nominación a Centro Quirúrgico Central.

### 1.2.1. Areas Críticas.

Areas Críticas son aquellas en las que la vida del paciente depende de la asistencia o cuidado continuo tanto del personal (Médicos, Enfermeras y Auxiliares) como del tipo de equipo médico que lo está monitorizando y/o asistiendo en sus capacidades biológicas funcionales impedidas, lo que implicará los consiguientes requerimientos para su adecuado funcionamiento, garantizando de esta manera las óptimas condiciones para “el personaje principal” que es EL PACIENTE.

Las Areas Críticas necesarias en un Hospital son<sup>3</sup> :

#### ☛ Unidad de Terapia Intensiva

La Unidad de Terapia Intensiva (U.T.I.) es una unidad séptica en la que se mantiene la vida del paciente (frecuentemente adulto o de una edad mayor

---

<sup>3</sup> Tomado del Orgánico-Funcional del Hospital Eugenio Espejo y del Hospital Carlos Andrade Marín del IESS.

a un neonato) de forma asistida mientras dure su recuperación. El paciente ingresado en esta área, por sí solo, no puede generar su ciclo vital de una forma normal, debe recibir ayuda para, por ejemplo, respirar con la ayuda de un *ventilador volumétrico*, alimentarse artificialmente con alimentación parenteral, su orina es extraída mediante sondas conectadas a *succiones del tipo gastrointestinal, o general* para drenar si ha salido de una cirugía, o succionar sus secreciones emitidas de forma inconsciente. Deben ser monitorizados continuamente todos sus parámetros tales como señal *ECG*, *respiración*, *temperatura*, *presión arterial invasiva (IBP<sup>4</sup>)* o *no invasiva (NIBP<sup>5</sup>)*, *oximetría de pulso*, *capnografía*, *gasto cardíaco*, se le ejecuta *gasometrías* a intervalos definidos por su propio estado de salud, etc.

El personal médico y auxiliar está en continua vigilancia para atender de inmediato si se presentara una degradación de sus signos vitales. Si es del caso, se le aplicarán shocks eléctricos mediante un *desfibrilador* o solamente un *resucitador mecánico* o un *equipo de masaje externo cardíaco*. Recibirá asistencia para compensar su presión arterial mediante fármacos o ayuda de un *Sistema de Balón Intraórtico (IABP<sup>6</sup>)*.

Si el paciente ha sido sometido a una cirugía de corazón abierto, por norma deberá pasar su recuperación en la Unidad de Terapia Intensiva hasta que se estabilicen sus signos vitales o, en su defecto, a la Unidad de Cuidados Intermedios, que podría pertenecer al Servicio de Recuperación del Centro Quirúrgico Central. Si el paciente ha sido sometido a trasplante de riñón deberá ir a la Unidad de Terapia Intensiva sección Aislamiento, por la delicadeza de su estado.

---

<sup>4</sup> IBP de las siglas en inglés Invasive Blood Pressure, que indica presión arterial invasiva.

<sup>5</sup> NIBP de siglas en inglés Non Invasive Blood Pressure, que significa presión arterial no invasiva.

<sup>6</sup> IABP de siglas en inglés Intraortic Balloon Pump, que significa Sistema de Balón Intraórtico o bomba de contra pulsación.

### ☛ Centro Quirúrgico Central

Es el conjunto de Quirófanos de las distintas especialidades que permiten básicamente realizar intervenciones para limpiar, corregir, extirpar o transferir órganos. Un quirófano es un área séptica a la cual se accederá únicamente con ropa estéril debido a que el cuerpo del paciente es "abierto" y se ha eliminado momentáneamente las protecciones naturales como la piel, epiplon (grasa interna a la piel), etc. mientras dura la intervención. Existen varios tipos de quirófanos de acuerdo a la especialidad para la que esté diseñado; sin embargo, su estructura general y equipamiento básico no difiere entre éstos. En un Quirófano, el paciente está solamente de tránsito mientras dure su cirugía, durante la cual estará conectado a varios equipos de monitoreo y/o asistencia de soporte de vida, mantención de narcosis, ayudas visuales quirúrgicas, etc.

### ☛ Emergencia

Es un área diseñada para atender a los pacientes que llegan en estado crítico que necesitan atención inmediata. Luego de esta atención primaria y que un facultativo (Emergenciólogo) discrimine la disciplina a la que estará destinado dependiendo de su patología, será transferido al Centro Quirúrgico Central, a la Unidad de Terapia Intensiva o a alguna otra área crítica si es urgente el caso, o a Hospitalización para realizar más exámenes y pueda ser operado o dado de alta si su recuperación es evidente.

En esta área también el paciente estará conectado a una serie de equipos que permitirán su auscultación, ayuda y/o reanimación; se le practicarán una serie de exámenes para discernir lo más pronto posible su diagnóstico.

Es un área que debe ser séptica pero no con las exigencias de un Centro Quirúrgico Central o una Unidad de Terapia Intensiva.

#### ☛ Nefrología

Area destinada para tratamiento de pacientes con deficiencias renales. Dentro de esta área existe una sección crítica en donde se realizan las hemodiálisis; es decir, purificación forzada de la sangre por medios asistidos mediante el uso de equipos denominados *Riñones Artificiales* (Máquinas de Diálisis). El paciente recibe tratamiento de purificación de su sangre mientras espera su mejoría o un transplante de riñón que no funciona; durante la sesión son sometidos a monitoreo continuo, debido a que una descompensación por el retiro rápido de líquido de su sangre o excedentes de Sodio, Potasio, Magnesio, etc. o introducción de éstos para compensar su deficiencia, puede ser mortal. El área debe ser séptica aunque no con las exigencias de un Centro Quirúrgico Central, sino más bien las de una Unidad de Terapia Intensiva. Los pacientes sometidos al tratamiento de purificación están transitorios mientras dure la sesión, para luego ser remitidos a Hospitalización o los ambulatorios a su respectiva casa. Dependiendo del estado de gravedad de su enfermedad, las sesiones pueden ser diarias, una o varias veces por semana. Si un paciente se agrava, es posible su traslado a una Unidad de Terapia Intensiva o al Centro Quirúrgico Central.

#### ☛ Unidad de Quemados

En esta unidad están los pacientes que han sufrido quemaduras de gravedad. El área debe ser séptica para los graves y no tan exigente para los de avanzada recuperación. Es posible que se remitan pacientes que

requieren Terapia Intensiva a esa área o al Centro Quirúrgico Central, si el caso lo amerita.

### 1.2.2. Area de Cuidados Intermedios.

#### ☛ Recuperación

Esta área está destinada para la recuperación de los pacientes de los efectos anestésicos a los que han sido sometidos, así como también de sus signos vitales cuando han sido intervenidos quirúrgicamente. El paciente que entra a esta área es transitorio y son continuamente monitorizados sus signos vitales. Es un área séptica con las exigencias de una Unidad de Terapia Intensiva y de hecho tiene una sección en la que los pacientes son tratados previo a la llegada a Terapia Intensiva, por lo que dispone de equipamiento médico parecido al de ese servicio.

### 1.2.3. Area de Diagnóstico y Tratamiento.

#### ☛ Imagenología y Rayos X

Area destinada para diagnóstico o implantación de accesorios externos como marcapasos, catéteres cardíacos, etc. que tiene como ayuda equipos que permiten "ver" el estado de los órganos internos sin necesidad de una cirugía o previa a ella. Típicamente utilizan tecnologías de *Rayos X* (*Convencional, Fluoroscopia con Intensificador de Imagen, Angiografía, Tomografía Axial Computarizada TAC*), *Ultrasonido y Resonancia Magnética Nuclear (RMN)*. Las áreas en donde se implantan los accesorios externos son sépticas, aunque en las otras no es necesaria esta condición.

### ☛ Laboratorio Clínico

Esta unidad provee de todo el soporte extremadamente necesario para la evaluación del estado químico de los pacientes de todos los ambientes médicos del Hospital. Su función es tan vital que no podrían existir ciertos ambientes médicos sin esta unidad, siendo imprescindible su presencia. Se encarga de realizar los análisis químicos de todo tipo, desde las muestras biológicas de un paciente tales como sangre, orina, heces y otro tipo de restos, derivándose de ahí todos los exámenes químicos existentes, que por honor a su extensión no los listaremos. Si es de extrema necesidad para el lector conocer los tipos de exámenes químicos que existen, se sugiere consultarlos en cualquier Laboratorio Clínico de un Hospital.

### ☛ Neonatología

En los Hospitales que poseen esta área tienen normas de asepsia no tan estrictas como en un Centro Quirúrgico Central pero sí suficientes como para garantizar la no-contaminación a los niños típicamente prematuros o nacidos con algún problema. Dentro de esta área existe Terapia Intensiva para neonatos la que tiene regulaciones y operación como la indicada para adultos. Son monitorizados constantemente y su cuidado es también continuo.

### ☛ Rehabilitación

En esta área están los pacientes que requieren de terapia de rehabilitación para recuperar las funciones especialmente físicas motrices. Reciben tratamiento de ejercicios físicos, así como también estimulaciones eléctricas, ultrasónicas, magnéticas, etc. Es posible que un paciente que haya estado en una U.T.I. o que haya sido sometido a una operación, luego de su recuperación requiera los servicios de esta Area.

#### 1.2.4. Areas de Hospitalización.

En las áreas de Hospitalización, los pacientes están en un estado de reposo tendiente a la recuperación para su consiguiente salida del Hospital, luego de una intervención quirúrgica, tratamiento de Terapia Intensiva o algún tratamiento que se le ha aplicado, o están esperando cualquiera de las acciones indicadas anteriormente. Las áreas de Hospitalización serán de la misma disciplina que de las áreas de Consulta Externa y/o Centro Quirúrgico Central creadas en el Hospital. Típicamente existen las siguientes:

- |                     |                 |
|---------------------|-----------------|
| ☞ Clínica Interna   | ☞ Oncología     |
| ☞ Gastroenterología | ☞ Dermatología  |
| ☞ Cardiología       | ☞ Traumatología |
| ☞ Neumología        | ☞ Urología      |
| ☞ Nefrología        | ☞ Reumatología  |
| ☞ Endocrinología    | ☞ Alergología   |
| ☞ Neurología        | ☞ Salud Mental  |
| ☞ Ginecología       |                 |

Considerar que, cuando un Hospital es de especialidad, es posible que algunas de estas áreas no estén presentes, y más bien se incorporen otras. Además, si un paciente se agrava de cualquiera de estas áreas de Hospitalización, éste podrá ser transferido hacia la Unidad de Terapia Intensiva o al Centro Quirúrgico Central.

#### 1.2.5. Consulta Externa.

En esta área se realiza posiblemente el primer contacto de consulta con el paciente, excepto en el caso que éste haya ingresado por Emergencia o transferido de otro Hospital. El médico especialista de la correspondiente disciplina evaluará y auscultará al paciente para determinar el camino a seguir, que podría ser Hospitalización para iniciar un tratamiento o para esperar una cirugía o, en su defecto, un tratamiento ambulatorio en el que



no requiere el ingreso al Hospital. Las áreas que se deben tener en un Hospital, dependiendo de su denominación, pueden ser:

- |                     |                        |
|---------------------|------------------------|
| ☞ Clínica Interna   | ☞ Traumatología        |
| ☞ Gastroenterología | ☞ Urología             |
| ☞ Cardiología       | ☞ Reumatología         |
| ☞ Neumología        | ☞ Alergología          |
| ☞ Nefrología        | ☞ Salud Mental         |
| ☞ Endocrinología    | ☞ Pediatría            |
| ☞ Neurología        | ☞ Otorrinolaringología |
| ☞ Oncología         | ☞ Odontología          |
| ☞ Dermatología      | ☞ Ginecología          |

También se debe considerar la recomendación anterior, en el sentido de que para Hospitales de especialidades, podrá variar esta plantilla un poco.

#### 1.2.6. Areas de Servicio.

Las áreas de Servicio son necesarias en un Hospital y principalmente para una Unidad de Terapia Intensiva, Centro Quirúrgico Central y demás áreas que lo requieran, ya que proveen de las necesidades requeridas por éstos, tales como ropa, paquetes de cirugía y otros accesorios que deben estar estériles luego de ser lavados para su uso en el Centro Quirúrgico Central; ropa, equipos de intervención y accesorios igualmente estériles luego de lavados, para su uso en la Unidad de Terapia Intensiva. Estas áreas pueden ser:

- ☞ Esterilización Central
- ☞ Lavandería

#### 1.2.7. Piso Técnico.

Piso Técnico se denomina a la sección en la que están alojados todos los equipos que brindan masivamente a los ambientes médicos de suministros centrales tanto de gases como de distribución eléctrica, elementos vitales y necesarios. Para Hospitales grandes, se tienen los siguientes:

- ☞ Central de Oxígeno (O<sub>2</sub>)
- ☞ Central de Oxido Nitroso (NO<sub>2</sub>)
- ☞ Central de Vacío
- ☞ Central de Aire comprimido
- ☞ Central de Aire acondicionado
- ☞ Tableros de distribución eléctrica por zonas
- ☞ Transformadores eléctricos
- ☞ Unidades UPS
- ☞ Sistema de Osmosis Reversa

Para Hospitales más pequeños se prescindirá posiblemente de las Centrales, teniendo suministro de estos gases mediante botellas o tanques, el aire acondicionado por zonas y seguramente sin unidades UPS ni Sistemas de Osmosis Reversa.

#### 1.2.8. Casa de Máquinas.

En la Casa de Máquinas existen todos los requerimientos necesarios también para la provisión de alimentación eléctrica de emergencia (Generadores eléctricos con sus tableros de transferencia automática correspondientes), vapor para los autoclaves de Esterilización Central y Lavandería, y equipos en donde se elimina o desecha correctamente los restos anatómicos y/o accesorios peligrosos que no deben ser arrojados en un tarro normal de basura como si fuera basura corriente (Incineradores de restos anatómicos). Como ya se indicó en la explicación precedente, a continuación se listan estos requerimientos:

- ☞ Calderos
- ☞ Generadores
- ☞ Tableros de transferencia automática
- ☞ Incinerador de restos anatómicos

### 1.3. Consideraciones de Seguridad Eléctrica en las Instalaciones de Unidades de Terapia Intensiva y Centro Quirúrgico Central.

La Seguridad Eléctrica en las Instalaciones Hospitalarias es una necesidad que permitirá ofrecer al paciente, médicos y personal circundante de las Areas Médicas una confiabilidad en el uso y operación de los Equipos Médicos. Para poder establecer la normativa de los parámetros que rigen en las Areas Médicas, se necesita de una herramienta indispensable que es el entendimiento de por qué existe riesgo fuera de estas normas, tanto para el paciente como médicos y personal auxiliar. Para ello, se debe aclarar nuestra mente respecto al comportamiento del organismo humano bajo ciertas influencias o en funcionamiento normal.

#### 1.3.1. Comportamiento orgánico humano.

Para el lector puede ser conocido que cuando un paciente va a un Hospital para ser atendido le "conectan" una serie de equipos que permiten "evaluarlo" y le realizan una serie de exámenes, pero lo que es necesario recordarle es cómo pueden medir esos valores y cómo se comporta el cuerpo humano bajo esas influencias.

Según registros históricos en 1791 Luigi Galvani accidentalmente tocó con un terminal eléctrico las patas disecadas de una rana y éstas se contrajeron violentamente, a lo que declaró que esto se debió a una fuerza misteriosa que trabaja en animales y humanos llamándola "electricidad animal". El proceso a través del cual la electricidad funciona se denominó *galvanismo* o *reacción galvánica*. Varios años después, Alejandro Volta, colocó piezas de metales diferentes a ambos lados de su lengua y notó

una fuerza, una sensación de gusto desagradable, se había descubierto más evidencia de la electricidad animal de Galvani. Actualmente esto se aplica para el campo humano, ya que con la invención del galvanómetro, esta nueva fuerza puede ser medida.

Con el avance de la tecnología, los tubos al vacío permitieron que pequeños potenciales bioeléctricos sean observados, clasificados y analizados. Luego los dispositivos como transistores, circuitos integrados, chips, microprocesadores, etc. provocaron una optimización y/o creación de nuevas formas y métodos de adquisición de información de los parámetros vitales humanos. Así, la Bioingeniería es una disciplina que revolucionó la ciencia médica, y se la está explotando paso a paso de acuerdo al desarrollo de nuevas tecnologías.

Para poder entender el mecanismo de operación o diseño de ciertos equipos médicos, es necesario comprender qué es lo que miden éstos y debido a qué fenómenos. La electricidad animal de Galvani o potencial bioeléctrico existe en todos los nervios, músculos, tejidos y células. Sus orígenes pueden ser rastreados hasta las moléculas que se combinan para formar la célula, que a su vez se rigen por las leyes que gobiernan al átomo mismo. No obstante, una vez que la energía electroquímica de los átomos ha sido limitada a una molécula, se ha creado la unidad más pequeña en existencia con sus propias propiedades químicas. El un extremo de la familia de las moléculas son las no-polares, al otro extremo están las moléculas no-polares ionizadas (cargadas), tales como el cloruro de sodio (sal común de mesa), cuyos iones se mueven en todas las direcciones en

un campo eléctrico uniforme y ejercerán una fuerza electrostática intensa en sus moléculas vecinas.

En las soluciones líquidas estos iones migran y conducen así la energía eléctrica, por lo que se les denominan portadores de carga y pueden ser mayoritarios y minoritarios. En un tejido vivo, estos iones son los que conducen la carga. Los portadores mayoritarios pueden ser iones de sodio, cloro o potasio intercelular; se encuentran en grandes concentraciones y cuando la corriente fluye, son los encargados de transportarla. Los iones minoritarios existen en bajas concentraciones y transportan muy poca carga. Por ejemplo, en una batería, los iones se mueven entre los electrolitos y así son capaces de suministrar una sustancial cantidad de corriente. En un tejido vivo aunque en un menor grado ocurre este "efecto batería". En las células vivas, si la concentración de iones es más baja en un lado de la barrera que en el otro, se ejercerá una presión para igualar las concentraciones.

Cada ion puede ser considerado un portador de carga. Dentro de un campo eléctrico, un electrón (de masa cercana a cero) es una partícula cargada influenciada por el campo circundante. Los iones en las soluciones buscan igualar sus concentraciones a través de las barreras como los electrones se mueven en concordancia del campo circundante; es ahí cuando se ha creado un potencial eléctrico. El empuje para igualar el gradiente de concentración es contra balanceado por la carga eléctrica. Por ejemplo, en un electrodo de vidrio de pH, solo los iones de hidrógeno pasan en una solución con pH cercana a 7, a lo que se le denomina *concentración de ion-hidrógeno*, efecto aprovechado en la construcción de los *pH-metros* necesarios en todo Laboratorio Clínico. El voltaje (potencial eléctrico) es

determinado por la concentración de iones de hidrógeno fuera del electrodo. El electrodo de pH, tal como una célula viva, es selectivo respecto a los iones que pueden pasar a través de éste, y permite medir la concentración de iones.

El adecuado balance químico dentro de las células y tejidos dependen y determinan su actividad eléctrica. Cada célula tiene una propiedad eléctrica similar. El lado externo de la célula tiene un potencial de 65 milivoltios (mV) comparado al lado interno. A continuación se mostrarán ciertos parámetros que son importantes respecto a las células:

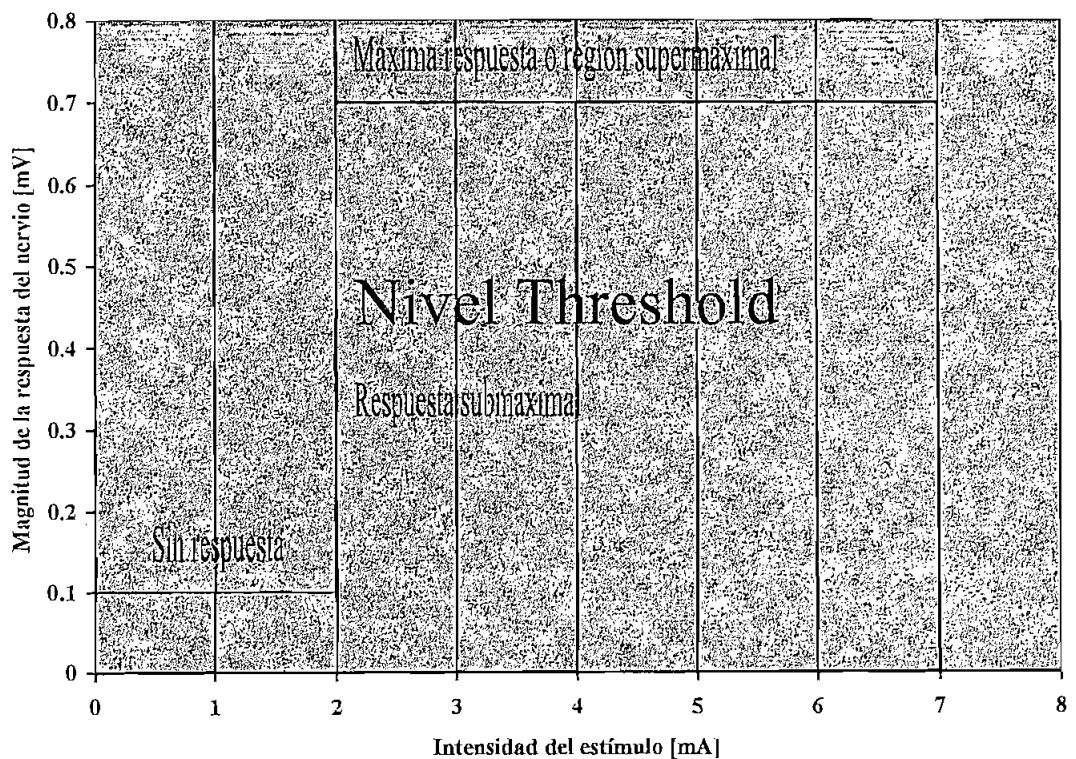
- Los iones de Potasio están concentrados dentro de la célula (155 mili-equivalentes por litro mEq/L),
- Los iones de Sodio están concentrados fuera de la célula (145 mEq/L).
- Los iones de Cloro están concentrados fuera de la célula (105 mEq/L).
- La célula tiene una resistencia eléctrica de 1000 a 10000 ohmios por centímetro ( $\Omega/\text{cm}$ ), una capacitancia de 1 microfaradio ( $\mu\text{F}$ ), una constante dieléctrica de 5 y un ángulo de fase de  $75^\circ$ .

En Ingeniería Biomédica se aprovecha del hecho que un grupo de células vivas siempre tiene propiedades de resistencia, desplazamiento, capacitancia e impedancia. Los transductores pueden ser diseñados para convertir cualquiera de estos parámetros en señales eléctricas. La planta de energía de la célula (mitocondria) fabrica ATP (Adenosine Triphosphate) por la reacción de  $\text{O}_2$  con nutrientes suministrados por el citoplasma celular. El  $\text{CO}_2$  (un producto de esta reacción) es transportado a los pulmones,

donde es eliminado y se recibe nuevo  $O_2$ . Este ciclo, así como otros ciclos corporales, están gobernados por las señales eléctricas del cuerpo, generándose un intrincado lazo de realimentación. Como cada parte del cuerpo mide sus propios parámetros críticos, éstos envían señales en respuesta a esas medidas para mantener el balance cíclico.

El plástico que recubre a una salchicha puede ser comparada a la membrana que rodea al protoplasma de una célula viva. Existe una carga positiva en el lado externo de la célula, mientras que una negativa en el interno. Cuando una célula está estable o en reposo, existe un potencial de 70 mV entre el lado interno y el externo; voltaje al que se conoce como voltaje de reposo (*resting potencial*) de la membrana. El músculo humano puede ser comparado a miles de baterías biológicas individuales o fibras alineadas en paralelo. Cuando un nervio acarrea un impulso eléctrico al músculo, se ponen en movimiento una serie de procesos en los cuales el potencial de membrana (70 mV) desaparece en las fibras musculares individuales, dando como resultado la contracción del músculo. Después del colapso del potencial de membrana, las células del tejido inmediatamente se recargan para restablecer el potencial de ésta. Este tiempo de carga puede ser tan alto como una milésima de segundo (milisegundo ms). El tejido muscular y el nervio utilizan el oxígeno para mantener su potencial de carga y su habilidad para recargarse inmediatamente. Fue este ciclo de carga y descarga en las patas de la rana que posibilitó a Galvani (1791) el descubrimiento de la electricidad animal anteriormente mencionada. En 1848 Hermann Von Helmholtz aplicó shocks eléctricos a los músculos de una rana en dos diferentes partes, midió el tiempo entre la aplicación del estímulo y la contracción del músculo en la

primera posición y luego en la segunda, dando un valor de 0.0013 segundos entre las dos posiciones, lo que le permitió concluir que el impulso viaja por el nervio a una velocidad de 30 metros/segundo (m/s). Desde aquellos experimentos se ha podido comprobar que los impulsos eléctricos viajan más rápido en las fibras nerviosas de mayor diámetro. Una fibra de casi 1 micrómetro ( $\mu\text{m}$ ) de ancho, tal como los nervios que nos permiten parpadear, conducirán a aproximadamente 1 m/s. No obstante, las fibras nerviosas que causan que los músculos del muslo se contraigan (25  $\mu\text{m}$  de diámetro) pueden conducir a 100 m/s. La temperatura de la fibra del nervio también determina cuán rápido pueden propagarse las señales eléctricas, ya que su velocidad de conducción se incrementa con la temperatura. Esto explica por qué se tiritita cuando hace mucho frío.



**Figura 1.3.1.a. Respuesta del comportamiento de las fibras nerviosas a un estímulo.**



Los músculos y las fibras nerviosas tienen solamente dos condiciones posibles: en reposo o totalmente activados. Las fibras nerviosas no responden hasta un umbral de disparo (threshold) o crítico en donde responden totalmente, tal como se puede apreciar en la Figura 1.3.1.a. anterior, en donde se muestra a las fibras respondiendo a varios niveles de estimulación. En el área submaximal las fibras no están excitadas, la respuesta maximal corresponde a la fibra que ha sido activada.

En 1920 los investigadores Erlanger y Bishop introducen el osciloscopio de rayos catódicos para los estudios biológicos, lo que posibilitó ver variaciones precisas en la forma de onda en la región supermaximal y cuando alcanza el límite inferior de disparo (threshold).

El efecto de la membrana puede ser comparado con iones tratando de pasar a través de una hoja de plástico con agujeros microscópicos, observándose que lo lograrán solamente los pequeños. El resultado será iones pequeños de un tipo depositados en el un lado de la hoja de plástico e iones grandes de polaridad opuesta al otro lado. Como los iones de diferentes tamaños tienen cargas diferentes, el resultado será un voltaje o carga a través de la hoja de plástico. El físico Nernst encontró una ecuación que permite calcular el voltaje existente en la membrana de la célula:

$$V_m = K \log \frac{C_{lin}}{C_{Iout}}$$

Donde  $V_m$  : Voltaje a través de la membrana  
 $K$  : Constante que indica la temperatura de la solución y carga de los iones<sup>7</sup>  
 $C_{lin}$  : Concentración de iones dentro de la membrana  
 $C_{Iout}$ : Concentración de iones fuera de la membrana

<sup>7</sup> DUBOVY Joseph; *Introduction to Biomedical Electronics*; McGraw-Hill; 1978; New York; p. 7.

Existen aproximadamente 20 iones de Potasio ( $K^+$ ) dentro de cada célula para cada uno fuera de la célula. Como para el caso del ejemplo de la hoja de plástico, el límite de la célula es selectivamente permeable a los iones de Potasio y a los iones de Sodio ( $Na^+$ ). Esta es la razón principal para la conductividad eléctrica de los nervios y la contracción de músculos. Los iones de Sodio permanecen en su mayoría fuera de la célula. En números redondos las proporciones aproximadas podrían ser:

	<b>Dentro de la membrana</b>	<b>Fuera del resto de la célula</b>
<b><math>K^+</math></b>	400	20
<b><math>Na^+</math></b>	40	400
<b><math>Cl^-</math></b>	20	280

Cuando la actividad de un nervio o músculo alcanza un valor maximal (máximo), los iones de sodio externos a la célula ingresan a ella, desapareciendó el gradiente de concentración de la célula en reposo, a la vez que los iones de Potasio salen de la célula. Cuando los iones de Sodio han alcanzado su pico (dentro de la célula), los iones de Potasio salen, pero después de 0.0005 seg. se produce una inversión de este proceso, con los iones de Potasio ingresando nuevamente a la célula. Después de un segundo retroceso o en un intervalo de tiempo total de 1 milisegundo (ms.), la célula está nuevamente en reposo.

El factor significativo de todas las criaturas vivas es que como estos eventos ocurren en una célula éstos se propagan como un incendio a todas las células vecinas en nervios y músculos. La corriente eléctrica generada de esta manera viaja a las células más lejanas, cuya velocidad de propagación está determinada por el diámetro del nervio, con las velocidades mayores que ocurren en fibras importantes protegidas por una capa de mielina que actúa como aislante eléctrico, manteniendo la

corriente dentro de las células del nervio de tal forma que las fugas o corriente de cortocircuito no ocurre. A distancias de pocos milímetros existen pequeños cortes en la mielina por donde los iones pueden entrar o salir produciéndose un intercambio de Sodio y Potasio, lo que amplificará posteriormente el paso de la corriente y los impulsos viajeros no se desvanecerán.

Por ejemplo, si se pisa una tachuela, los iones de Sodio fluirán hacia los terminales sensitivos nerviosos circundantes a esta área pinchada. Este flujo de Sodio se repetirá millones de veces hasta que el mensaje alcance al cerebro en donde el mismo cerebro realizará su propio intercambio de Sodio-Potasio actuando como un centro de activación de mandos. El cerebro recibe los impulsos de los nervios sensitivos, y transmite un set de respuestas de impulsos hacia los nervios motores de la pierna que contraerá los músculos de ésta retirándola de la tachuela punzante.

El mensaje de respuesta desde el cerebro viaja rápidamente hacia las piernas por una ruta extremadamente eficiente y puede ser comparada a una autopista bien pavimentada. Las células nerviosas simpáticas multipolares del cordón espinal actúan como esta autopista indicada por donde viajarán los impulsos. Estas células son parte del Sistema Nervioso Autónomo que abastece a los músculos cardíacos, músculos pulmonares y músculos suaves de los vasos sanguíneos y glándulas. A menos que una persona practique meditación o rituales de trance, no se tiene control sobre el sistema nervioso autónomo debido a su concepción de ser automático. A continuación se presenta la Tabla 1.3.1. en donde se refleja el control que tiene cada órgano que configura el sistema nervioso autónomo (automático):

<b>ORGANO/ACTIVIDAD</b>	<b>SIMPATICA</b>	<b>PARASIMPATICA</b>
Corazón	Cambios en velocidad y	Decremento en velocidad y
Vasos sanguíneos	Incrementa el tiempo	Dilatación
Clot rate	Incrementa el tiempo	Sin efecto
Producción de la glucosa	Incrementa	Sin efecto
Pupilas del ojo	Alguna relajación	Contracción
Glándulas	Contracción	Estimulación
Glándulas pancreáticas	Contracción	Estimulación
Glándulas del sudor	Secreción	Sin efecto
Glándulas reproductoras	Eyacuación	Erección
Glándulas salivares	Poca secreción	Gran secreción
Vesícula	Relajación	Contracción

**Tabla 1.3.1. Control de cada órgano que pertenece al sistema nervioso autónomo.**

Se deberá asumir por un momento que el Sistema Nervioso Autónomo no es automático, implicará entonces que una persona deberá comandar la expansión de los pulmones, latir el corazón, contraer los vasos sanguíneos y operar todas sus glándulas. Obviamente no podrá sobrevivir de esta forma ya que estará ocupado realizando estas funciones y no podrá realizar las rutinarias, como la de cruzar una calle, por ejemplo. La forma especializada de las vías nerviosas que habilitan para que ocurran estas funciones automáticas existe en el cerebro y la espina dorsal.

---

En nervios saludables, si no se envían comandos desde el sistema nervioso no se tienen impulsos. Mediante el uso de un *Electromiógrafo*, el Neurólogo puede ver los potenciales eléctricos espúneos cuando comandos no enviados están siendo transmitidos por el sistema nervioso. Potenciales cortados de varios tamaños y formas (irregulares y menos de tres o cuatro por segundo) cuando no se han enviado comandos por el sistema nervioso indicarán una anomalía de éste en la parte de las dendritas, cuerpo de la célula, axón o ramificaciones terminales. En unidades motoras enfermas,

las descargas repetitivas de alta frecuencia podrían indicar una atrofia substancial.

Tal como los nervios, los músculos deben ser silentes eléctricamente cuando están en reposo. Un *Electromiógrafo* permitirá observar los potenciales de fibrilación para un músculo en reposo. Estos potenciales ocurren a una velocidad de 2 a 20 por segundo, y su amplitud puede ser hasta 200  $\mu$ V con 1ms de duración. Estos comienzan con una fase positiva, convirtiéndose luego en bifásicos o trifásicos. Los potenciales de fibrilación revelan que la membrana de la célula muscular es inestable, existiendo varias razones para esta inestabilidad, pero la más poderosa es la *denervación* en la cual el nervio que recubre a la fibra del músculo no está suministrándole adecuadamente los impulsos al músculo. Consecuentemente, el músculo compensa esto con actividad eléctrica anormal. Los potenciales de fibrilación indican un músculo atrofiado y puede causar un shock espinal, desbalance electrolítico o un proceso inflamatorio.

Cuando los músculos se contraen es por el mensaje que llega desde la sinapsis, enviado desde el nervio. Una fibra muscular simple recibirá solamente una fibra nerviosa cuya unión se denomina *placa final*. El funcionamiento adecuado de esta región de placa final es una clave vital del funcionamiento del sistema nervioso. Las regiones sinápticas en el cerebro son muy similares a la unión nervio-músculo. Ambos contienen una densa concentración de sustancia química requerida para pasar los impulsos de una célula a la siguiente. El movimiento iónico y el intercambio de iones de Sodio y Potasio ocurren de esta forma. El curare, estriquina y otras pociones mortales son capaces de interferir con la conducción de los

impulsos a través de las regiones sinápticas. Estas pociões impiden la salida de los iones de Sodio de la membrana ocasionando una parálisis. Un ee/ eléctrico es un ejemplo de una criatura la cual puede juntar sus potenciales de membrana de célula para generar hasta 600 voltios a 1 amperio, siendo esto posible debido a que los pequeños potenciales de 70 mV están todos en fase y se añaden. Cuando se explora la actividad eléctrica del cerebro, se encuentra cómo las relaciones de fase pueden producir ondas de varias frecuencias. Como estas células se relacionan con las otras, se crea la actividad eléctrica específica asociada con el órgano. Otro órgano que tiene células especializadas que se interrelacionan para producir actividad eléctrica es el corazón.

Todas las partes del cuerpo dependen del suministro de sangre para alimentación y limpieza. Cientos de miles de arterias, venas y capilares conforman el sistema circulatorio. Cada día varias toneladas de sangre oxigenada se bombean a través de este sistema, sin embargo la potencialidad de esta minibomba, que pesa menos de una libra y que realiza todo este trabajo, es capaz de trabajar cientos de años sin reparación. El corazón está formado por fibras musculares las cuales continuamente responden a señales eléctricas y neumáticas. Estas fibras se dividen en cuatro cámaras que se llenan de sangre en expansión y se vacían en contracción.

Un esquema simplificado del corazón se presenta en la Figura 1.3.1.b. La sangre contaminada (venosa) que requiere oxígeno y que trae dióxido de carbono o material de desecho, llega al corazón por la aurícula derecha.

Esta sangre es transportada por grandes venas conocidas como vena cava superior e inferior. Cuando la cámara receptora (aurícula derecha) se contrae, fuerza a la sangre a ir al ventrículo derecho, contrayéndose a su vez esta cámara empujando la sangre a la arteria pulmonar que la regresará a los pulmones, en donde se remueve el dióxido de carbono y se añade un nuevo suministro de oxígeno. Se debe recordar que es importante el oxígeno, pues el intercambio de Sodio-Potasio en las células vivas, mencionado anteriormente, no se ejecuta sin oxígeno. La sangre oxigenada ingresa nuevamente al corazón a través de la aurícula izquierda que al contraerse pasa al ventrículo izquierdo contrayéndose éste y enviando la sangre a la aorta para iniciar el viaje hacia el cuerpo para rellenar las células. Todos estos procesos descritos los ejecuta el corazón sincronizadamente.



Figura 1.3.1.b. Esquema simplificado del corazón.

En la pared de la aurícula derecha existe una región de tejido especializado llamado *nodo sinoatrial (SA)* que actúa como un marcapasos ya que

genera pulsos eléctricos a una frecuencia de 60 a 80 pulsaciones por minuto en condiciones normales. Los místicos, gurús y algunos médium son capaces de decrementar esta frecuencia hasta 10 pulsaciones por minuto. La histeria y el shock pueden crear una condición llamada *bradicardia* donde incrementa su frecuencia de pulsaciones hasta 150 por minuto. Estos pulsos regulados por el nodo SA se propagan a través de las paredes de la aurícula, continuando su viaje a una región de tejido especializado llamado *nodo aurículoventricular (AV)*. La función de este nodo es retardar los pulsos de disparo de tal forma que la sangre pueda bajar a los ventrículos inferiores primero. Después de alcanzar el nodo AV, los pulsos ingresan a un área conocida como *bundle of His (haz de His)*. Una vez que está en este complejo de tejido, los pulsos causan que ambas paredes ventriculares se contraigan, forzando a la sangre a salir del corazón hacia el cuerpo y los pulmones. Los pulsos del marcapasos pueden ser monitorizados mediante un electrocardiograma ECG. La forma de onda del ECG dependerá de la posición de los electrodos instalados en el paciente.

La primera fase del ciclo eléctrico del corazón causa que dos aurículas se contraigan a lo que se llama *fase de despolarización o contracción auricular, llamada onda P*. Luego los pulsos del marcapasos han pasado a través del nodo AV (en el intervalo P-Q), causando la contracción de los ventrículos (complejo QRS). La fase final del ciclo, llamada *fase de repolarización o relajación del miocardio (onda T)*, y cuando el músculo del corazón se relaja (segmento U) antes de la siguiente onda P. En la Figura 1.3.1.c. se muestra un ciclo eléctrico cardíaco completo. Una onda T depresiva seguido de un segmento U también depresivo usualmente indica



una o varias anomalías. Esta indicación última es más bien informativa, ya que no se analizará la patología de una forma de onda de ECG con anomalías ya que comprendería un capítulo completo bastante extenso y no es el objetivo de este trabajo.

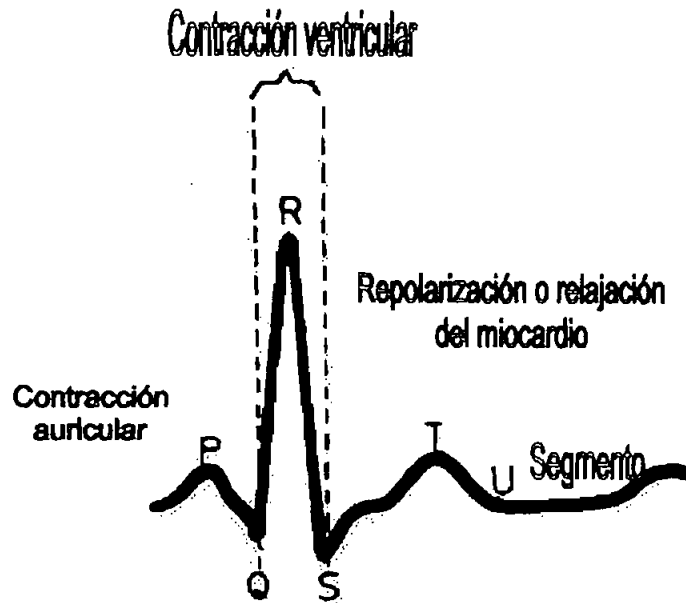


Figura 1.3.1.c. Ciclo eléctrico cardíaco completo.

El lector debe recordar que se está refrescando brevemente el funcionamiento muy resumido de algunos órganos vitales para que cuando se establezcan los parámetros de seguridad en las áreas médicas, sean más entendibles sus limitaciones estrictas y a qué función vital estaríamos afectando.

Antes de continuar hacia los parámetros de Seguridad Eléctrica, se introducirá un término que será de mucha ayuda en lo posterior cuando se indiquen las normas de Seguridad Eléctrica. Este término es el de *fibrilación ventricular*, y es una contracción ventricular no sincronizada y

rápida de hasta 500 pulsaciones por minuto, en la cual realmente los ventrículos no se contraen, están temblando. El flujo de sangre de salida del corazón baja a cero, siendo esta condición fatal a menos que sea terminada en pocos minutos. Una condición similar causada por los impulsos de un nervio defectuoso o un tejido muscular irritado se conoce como *agitación auricular*, en donde la frecuencia puede ser de 200 hasta 400 pulsaciones por minuto. La solución inmediata a este problema aparentemente sencillo, se obtiene en los equipos denominados *defibriladores* necesarios en las Áreas Críticas, los mismos que producen un choque eléctrico en la zona cercana al corazón paralizándolo, para que luego el mismo corazón inicie adecuadamente su ciclo de pulsaciones normales y/o otra descarga para forzarle al nodo SA ejecutar su función principal de marcapasos. Como dato adicional de avance, esta descarga en ciertas condiciones debe ser sincronizada con el "poco" nivel de señal del ciclo eléctrico cardíaco que puede tener el paciente que está en malas condiciones, ya que su aplicación puede ser fatal en lugar de beneficiosa, como se indicará en el subcapítulo siguiente.

### 1.3.2. Parámetros de Seguridad Eléctrica.

Para obtener una máxima confiabilidad en la aplicación de los equipos electromédicos, deben seguirse ciertas normas y recomendaciones, las mismas que se resumirán a continuación, en el deseo que éstas sean adoptadas para corregir los problemas que ya se han presentado o que se deberán evitar al diseñar las áreas de Terapia Intensiva y Centro Quirúrgico Central.

Un equipo electromédico está diseñado para alcanzar un mínimo requerimiento de seguridad. Cuando los equipos envejecen, los componentes de protección también lo hacen. Cuando ocurre una falla de seguridad, el equipo se convierte en peligroso tanto para el paciente como para los médicos y personal auxiliar. Esto se agrava más con el hecho de que es posible que se esté utilizando no solamente un equipo sino un grupo de equipos que formen un sistema completo de monitoreo Biomédico. Las precauciones de seguridad diseñadas para un equipo no proveen seguridad completa para todo el sistema de instrumentos creado. El Ingeniero Biomédico (BMET) debe estar totalmente familiarizado con los problemas de seguridad que se pueden crear cuando se usan varios instrumentos combinadamente.

En contra de lo que se cree, las altas corrientes que pasan a través del cuerpo pueden ser a veces menos letales que las bajas. Adicionalmente, las mismas cantidades de corriente producen diferentes efectos fisiológicos, dependiendo de que si son AC (alterna), DC (Directa) o energía de alta frecuencia. Las pruebas periódicas y la inspección de los sistemas de tierra es tan vital para la seguridad del paciente como la

inspección regular de los equipos mismos. Debe realizarse un Programa de Mantenimiento Preventivo confiable para evitar riesgos previsibles del equipamiento y así asegurar que los sistemas de alarma estén operativos y óptimos.

Bajo la mayoría de circunstancias, la piel seca sin rasguños o heridas limita el flujo de la corriente a través del cuerpo dentro de niveles de seguridad. Además, la reacción natural a retirarse de estímulos dolorosos normalmente limita la duración del shock a períodos muy cortos; sin embargo, si la corriente estimula a los músculos flexores puede ser imposible alejarse del estímulo o de la fuente del shock. En cualquier caso, la aplicación de corriente a la superficie del cuerpo frecuentemente se distribuye en ésta de tal forma que solo una pequeña fracción pasa a través del miocardio.

La concepción de la variación del valor de la resistencia del cuerpo humano depende de:

- ☀ Circuito seguido por la corriente: cuanto más largo sea el circuito, más resistencia presentará el mismo.
- ☀ Punto de aplicación de la tensión:
  - \* Si la tensión es aplicada en el *exterior* del cuerpo humano, la resistencia es mayor porque la circulación de la corriente es por la superficie del cuerpo.
  - \* Si la tensión es aplicada en el *interior* del cuerpo o bien se introduce tras atravesar la epidermis, el valor de la resistencia es menor puesto que la proporción de agua en el interior del cuerpo es mayor y por tanto más conductiva.

✱ Estado psíquico-físico del individuo:

- ✱ Una persona alterada, presenta normalmente mayor sudoración y por tanto menor resistencia.
- ✱ Las mujeres presentan menor resistencia que los hombres.

La consideración práctica del factor impedancia o resistencia, da opción a la aplicación del aislamiento (gran resistencia) como medida preventiva eficaz. A continuación se presenta la Tabla 1.3.2.a. con una escala de valores posibles de resistencias de contacto tanto para la piel de las manos o de los pies en condiciones secas o húmedas, como la resistencia de varios materiales en general. Se debe notar que la resistencia que presenta la parte interna del cuerpo (es decir en condiciones de cirugía) es la más baja de la tabla, lo que implicará tener cuidado en estas zonas.

<b>SUPERFICIES DE MANOS O PIES</b>					
Resistencia en Ohmios ( $\Omega$ )	Superficie Expuesta ( $cm^2$ )	Zonas secas	Superficie Expuesta ( $cm^2$ )	Zonas húmedas	Diversas condiciones prácticas
20 M					Guantes de goma, tacones de goma, suelas.
10 M					Madera seca.
1 M					Hormigón por encima del suelo.
500 K					(130 $cm^2$ ), Hormigón sobre el suelo.
200 K		Tocando un objeto con el dedo.			
100 K	1.3				Suela de piel seca.
50 K		Coger cable con la mano.			
20 K	6.5		1.3	Tocando un objeto con el dedo.	
10 K	13	Rodear un cable con el dedo.		Rodear un cable con el dedo.	Suela de piel húmeda.
5 K	20	Cogiendo alicates.	6.5		
2 K	33	Tocar con la palma.	13		
1 K	97	Mano cogiendo una tubería de 1½"	33	Coger alicates con la palma de la mano.	Hormigón mojado sobre el suelo (130 $cm^2$ )
500	194	Las dos manos en una tubería de 1½"	97	Mano cogiendo una tubería de 1½"	Parte interna del cuerpo.
200		"	190	Mano sumergida	
100			388	Pie sumergido	

**Tabla 1.3.2.a. Diferentes valores de resistencia de contacto.**

Para efectos preventivos, se considera que la resistencia del cuerpo humano, en zonas secas es de  $1,500\Omega$  y en zonas húmedas de  $500\Omega$ .

Para corriente alterna industrial (50-60 Hz) y para hombres, la corriente de percepción se sitúa en los 1.1 mA. Si el valor de la frecuencia aumenta, aumenta también el valor de la corriente de percepción. De esta forma, para frecuencias de 100 KHz, el valor de la corriente de percepción es de 100 mA.

Manteniendo las mismas condiciones anteriores, o sea conservando el electrodo en la mano y aumentando el valor de la intensidad, se llega a determinar el valor de la intensidad límite, definida como la corriente capaz de soportar el cuerpo humano, conservando la posibilidad de soltar el electrodo mediante la utilización de los mismos músculos estimulados por la corriente. Los valores obtenidos indican que:

$$\text{Intensidad límite}_{\text{hombres}} = 16 \text{ mA}$$

$$\text{Intensidad límite}_{\text{mujeres}} = 10.5 \text{ mA}$$

Por prevención se sitúan estos valores en:

$$\text{Intensidad límite}_{\text{hombres}} = 9 \text{ mA}$$

$$\text{Intensidad límite}_{\text{mujeres}} = 6 \text{ mA}$$

Adicionalmente, se deberá recordar el hecho ya mencionado de que el paso de la corriente eléctrica a través del cuerpo humano producirá consecuencias como:

- ✱ Cosquilleo (pequeños valores de intensidad).
- ✱ Tetanización muscular.
- ✱ Asfixia (por tetanización muscular del tórax).

- ✱ Fibrilación ventricular.
- ✱ Quemaduras.
- ✱ Manifestaciones renales.

A continuación se encuentra la Tabla 1.3.2.b. en donde se muestra un cuadro resumen de los distintos efectos parciales que en función de la Intensidad-tiempo, se pueden presentar, así mismo se presentan las consecuencias o efectos fisiológicos en el cuerpo humano, que pueden ocasionar los choques eléctricos, pero dependiendo, claro está, de la duración de su aplicación:

Intensidad eficaz a 50-60 Hz (mA)	Duración del choque eléctrico	Efectos fisiológicos en el cuerpo humano
0 – 1	Independiente	Umbral de percepción, no existe electrocución.
1 – 15	Independiente	Variable hasta tetanización. Imposibilidad de soltarse.
15 – 25	Minutos	Contracción de brazos. Dificultad de respiración. Aumento de presión arterial. Límite de tolerancia.
25 – 50	Segundos a minutos	Irregularidades cardíacas. Aumento de presión arterial. Fuerte efecto de tetanización. Inconsciencia. Aparece fibrilación ventricular.
50 – 200	Menos de un ciclo cardíaco	No existe fibrilación ventricular. Arritmia. Choque fuerte. Fuerte contracción muscular respiratoria.
	Más de un ciclo cardíaco 25 a 30 segundos	Fibrilación ventricular. El inicio de la electrocución independiente de la fase del ciclo cardíaco. Inconsciencia. Marcas visibles.
Más de 200	Menos de un ciclo cardíaco	Fibrilación ventricular. El inicio de la electrocución depende de la fase del ciclo cardíaco. Iniciación de fibrilación solo en fase sensitiva. Inconsciencia. Marcas visibles.
	Más de un ciclo cardíaco	Paro cardíaco reversible. Inconsciencia. Marcas visibles. Quemaduras.

**Tabla 1.3.2.b. Relación entre los valores Intensidad-tiempo y consecuencias del choque eléctrico.**

De todas estas consecuencias, las más graves son aquellas que son irreversibles. La irreversibilidad vendrá condicionada al *tiempo de*

*aplicación* del paso de la corriente por el cuerpo, sobre todo respecto a la asfixia, fibrilación ventricular y quemaduras.

Las investigaciones científicas realizadas durante varios años y llevadas a cabo por un equipo de científicos dirigidos por Dalziel, lograron determinar que el valor de la intensidad, para la cual se podría presentar fibrilación ventricular viene dada por la ecuación<sup>8</sup>:

$$I = \frac{K}{\sqrt{T}} [mA]$$

Siendo: K, una constante que depende directamente del peso del cuerpo,

T el tiempo de paso de corriente expresado en segundos

Llegándose a determinar estadísticamente que valores superiores a:

$$I = \frac{116}{\sqrt{T}} [mA]$$

Podían producir fibrilación ventricular en el cuerpo humano.

El desarrollo experimental de esta función dio lugar a la observación de diversos valores para hombres y mujeres<sup>9</sup>, para corrientes alternas y continuas y para frecuencias industriales, caseras, de ambientes médicos y altas frecuencias. La Tabla 1.3.2.c. que se presenta a continuación, resume los valores obtenidos por Dalziel y su equipo, para el caso de reacciones del organismo humano a ciertos estímulos eléctricos:

<sup>8</sup> Tomado del documento *La Seguridad en el Hospital, Ponencias y Comunicaciones presentadas en las II Jornadas Técnicas Hospitalarias*. Artículo: Problemas concretos de seguridad detectados en hospitales en funcionamiento; Autor: VALLS AZORIN Rafael; p. 377.

<sup>9</sup> Recordar que la diferencia de resistencia entre hombres y mujeres marca esta observación.



Efectos	Intensidad en mA					
	Corriente continua		Corriente alterna			
	Hombres	Mujeres	60 Hz – 50 Hz		10.000 Hz	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Ligera sensación en la mano	1	0.6	0.4	0.3	7	5
Umbral de percepción	5.2	3.5	1.1	0.7	12	18
Choque indoloro sin pérdida del control muscular	9	6	1.8	1.2	17	11
Choque doloroso sin pérdida del control muscular	62	41	9	6	55	37
Choque doloroso grave, contracción muscular y dificultad de respiración	76	51	16	10.5	75	50
Fibrilación ventricular eventual	90	60	23	15	94	63
Choques de 3 segundos	500	500	100	100		
Choques de corta duración (t en segundos)	—	—	165/t	165/t <sup>2</sup>		
Fuertes sobretensiones	50	50*	13.6	13.6*		

**Tabla 1.3.2.c. Efectos cuantitativos de la corriente eléctrica en humanos.**

Los valores se refieren a un contacto con corriente eléctrica externa, es decir en contacto con la piel.

Los procedimientos médicos que se aplican a los pacientes, usualmente transgreden estas seguridades naturales. En un quirófano, por ejemplo, el paciente está recubierto normalmente de sangre y/o solución salina. En una unidad de cuidado cardíaco o intensivo, la resistencia de la piel es deliberadamente bajada con gel para el uso de electrodos. La Endoscopía puede introducir corriente al cuerpo a través de membranas mucosas de baja resistencia menor que la de la piel.

Los pacientes anestesiados no pueden reaccionar a las sensaciones de dolor o retirarse de una fuente de corriente. El monitoreo cardíaco involucra la aplicación de electrodos en la zona más cercana al corazón, de tal forma que una corriente de falla de un equipo puede fluir a través del miocardio de una forma peligrosa. En *pacing* cardíaco, los conductores son

posicionados directamente en contacto con el corazón. La cateterización cardíaca es normalmente ejecutada con catéteres no conductivos, pero durante el proceso pueden ser llenado con medios conductivos como reactivos angiográficos o guías metálicas.

Las fuentes peligrosas de corriente son numerosas, se han citado unas pocas. El contacto directo con una fase del suministro eléctrico es un ejemplo obvio. Cualquier dispositivo eléctrico conectado puede ser una fuente de corriente si existe un contacto directo entre la fuente de alimentación y la carcasa metálica del equipo o alguna parte conductiva accesible del mismo. Esta conexión puede ser el resultado de un cortocircuito, por conducción a través de sustancias conductivas como fluidos sucios o biológicos o agua, por acoplamiento indirecto por efectos inductivos o capacitivos, o por conexiones incorrectas en los tomacorrientes y/o enchufes de los equipos o en conexiones equivocadas hacia entradas de un dispositivo, etc. Una fuente de corriente como una de las descritas anteriormente dependerá de qué tan peligrosa es de la magnitud de la corriente disponible, en la calidad de contacto que esté ejerciéndose entre la fase y neutro o tierra, y en las condiciones físicas individuales.

La mayoría de situaciones eléctricas peligrosas requieren un contacto simultáneo con una fuente de corriente y un camino de tierra. Este término *tierra* se refiere a cualquier camino de retorno a la fuente de corriente, sea o no conectado a *tierra física*

En un sistema aislado, tal como en un aeroplano, la tierra puede ser el armazón del avión. En un edificio, cualquier conexión a la estructura del edificio se considera como tierra (camino de retorno), aunque vale la pena considerar si son de buena calidad, o fue la intención hacerla o será un producto de un material envejecido para que ocasione esta falla.

Un miliamperio (mA) de corriente alterna de 60 Hz que fluya en el cuerpo de una persona puede producir una sensación de temblor; 16 mA puede causar “congelamiento” es decir imposibilidad de controlar (contraer) los músculos flexores; y a altos niveles produce daño en el tejido, detención respiratoria y paro cardíaco.

Finalmente, corrientes sobre 80mA, aplicadas en la superficie del cuerpo humano, puede causar fibrilación ventricular.

Es interesante notar que con corrientes mayores a 100 mA existe una tendencia a la contracción muscular rápida y forzada como un sacudón involuntario para alejarse del contacto que tiene esa fuente de corriente. Tal exposición grande del cuerpo a corrientes de magnitudes perceptibles se refieren como *macroshock*. De otra parte, el *microshock* ocurre con exposiciones a corrientes eléctricas muy por debajo del umbral de percepción. Cuando tales corrientes imperceptibles llegan al miocardio con suficiente densidad, pueden producir fibrilación ventricular (recordar este término citado en el subcapítulo anterior). Una pequeña corriente como de 20  $\mu$ A, que fuga de un catéter de *pacing* puede constituir un peligro.

Las corrientes de estas magnitudes no son reguladas por la disciplina eléctrica normal o por códigos de construcción normal ya que no tienen tratos con la vida humana, como sucede en Unidades de Terapia Cardíaca o Intensiva y en los Laboratorios de Cateterización Cardíaca (ver Tabla 1.3.2.d.).

Corrientes en el rango de microshock se encuentran frecuentemente en cocinas y sitios de trabajo por personas normales quienes no las sienten y no sufren sus efectos debido a que su rango es pequeño y se lo está recibiendo a nivel superficial, y en el peor de los casos, la persona puede retirar la mano de la fuente de corriente y alejarse del estímulo. Pero esta misma corriente que fluye a través de una enfermera hacia el catéter de *pacing* cuando ésta lo está colocando, puede electrocutar al paciente, ya que se la está aplicando (involuntariamente) en forma interna y casi directamente al corazón.

1. Mas peligrosos	Conductor de baja impedancia, aislado hasta su punta, en contacto con el corazón
	<ul style="list-style-type: none"> <li>☐ Catéter de pacing transvenoso</li> <li>☐ Cable de pacing transtorácico aislado</li> <li>☐ Pericardiocintesis con aguja aislada</li> <li>☐ Catéter hueco no conductor en corazón con guía metálica en sitio</li> <li>☐ Transductores intravasculares (presión, acústico)</li> <li>☐ Electrograma intracardíaco</li> <li>☐ Cirugía cardíaca</li> </ul>
2.	Camino de alta impedancia directa al miocardio
	<ul style="list-style-type: none"> <li>☐ Catéter intracardíaco hueco lleno con fluido conductor (reactivo angiog.)</li> <li>☐ Cirugía cardíaca</li> </ul>
3.	Camino de baja impedancia al corazón no aislado en su punta y pasa a través del tejido intervenido o sangre
	<ul style="list-style-type: none"> <li>☐ Pericardiocentesis con aguja no aislada</li> <li>☐ Catéter intracardíaco conductor</li> <li>☐ Inyecciones intracardíacas</li> <li>☐ Cirugía cardíaca</li> </ul>

4.	Potencial de inclusión del corazón en un camino de baja corriente y resistencia ingresando y dejando la superficie del cuerpo o vía una cavidad remota del cuerpo desde el corazón.
➤ Cardiología:	Monitoreo de pacientes, electrocardiografía, vectorcardiografía, fonocardiografía, ecocardiografía, telemetría, estetoscopio electrónico, electrodo esofágico, monitoreo de presión arterial, pletismografía.
➤ Gastroenterología:	Cualquier procedimiento endoscópico, especialmente usando equipo operado con corriente puede constituir una posibilidad de riesgo. Incluso si la parte del instrumento aplicado no es conductivo, puede estar lleno con fluido corporal o fluido de irrigación, o la succión metálica o cualquier otro instrumento que puede pasar por éste. Estos procedimientos son frecuentemente realizados en mesas quirúrgicas especiales las mismas que son metálicas y son operadas eléctricamente, aterrizadas o ambas características. La cauterización a través de un endoscopio implica riesgos adicionales. La cámara gástrica y dispositivos adicionales podrían implicar riesgos.
➤ Enfermedades:	pulmonares. Estudios de la fisiología pulmonar, oximetría, nebulizador eléctrico, broncoscopia.
➤ Medicina física:	Diatermias, electromiografía, estimuladores nerviosos y musculares, hidroterapia.
➤ Cirugía general:	Electrocauterios, taladros eléctricos, criocirugía, sonda de temperatura corporal (rectal o esofágica), aspiradores (gastrointestinales o traqueales), dispositivos de calentamiento de sangre, microscopios quirúrgicos, baños de asiento con calentadores eléctricos.
➤ Otolología:	Equipo de operación, instrumentos de examen alimentados por red eléctrica, electronistagmógrafos, audiometría.
➤ Oftalmología:	Instrumentos de examen alimentados por red eléctrica, lámparas de hendidura, electroretinógrafo.
➤ Psiquiatría:	Terapia de electroshock.
➤ Odontología:	Taladros dentales y otros dispositivos de diagnóstico o terapéuticos.
➤ Otros:	Televisión intracorpórea, electronarcosis, medidas biogalvánicas de piel.
5.	Ambientes varios los cuales son potencialmente peligrosos debido a la exposición del paciente a pisos u otros materiales conductivos.
➤ Camas eléctricas y circulares.	
➤ Departamento de fisioterapia.	
➤ Carros de emergencia médica.	
➤ Respiradores.	
➤ Mesas de operación.	
➤ Sillas de operación.	
➤ Almohadas de calentamiento.	
➤ Aparatos de hipó-hipertermia.	
➤ Cuarto de cirugía general (quirofano).	
➤ Cuarto de recepción y envío.	
➤ Cámara hiperbárica.	
➤ Esterilizadores.	
➤ Unidades dentales.	
➤ Colchones oscilantes.	
6.	Adicionalmente, pueden existir riesgos relativos al equipo que no está directamente conectado al paciente, tales como monitores remotos, lectores digitales y computadores.

Tabla 1.3.2.d. Ambientes de potenciales peligrosos.

Otros riesgos eléctricos son producidos por la mala aplicación de la corriente terapéutica, tales como shock eléctrico desde un desfibrilador, quemaduras accidentales por unidades electroquirúrgicas y fibrilación ventricular cuando el impulso de un marcapasos coincide con el período vulnerable del ciclo cardíaco<sup>10</sup>.

Kouwenhoven ha establecido que la electricidad estática también puede ser perjudicial ya que como resultado de un accidente causado por un shock doloroso producido por la electricidad estática se ha dañado severamente a un paciente. Otro investigador, Walter, ha denunciado, aunque no documentadamente, que la electricidad estática puede producir paro cardíaco si es aplicada a un catéter de pacing. Esta aseveración es difícil de probar o descartar. El riesgo de explosión en presencia de gases explosivos por la electricidad estática es también conocida. Por último, la electricidad estática también puede dañar a equipo muy sensible, recordar el daño a computadores de oficina y/o domésticos.

No es real el hablar de valores de intensidad peligrosa sino se acompaña del término tiempo de paso. El conjunto ligado de valores Intensidad-tiempo es el que determina realmente la gravedad de las consecuencias.

Estudios posteriores de Koeppen y Tollazzi llevaron a completar los valores de tolerancia humana dando lugar a la Figura 1.3.2.a. y Figura 1.3.2.b. que se muestran a continuación:

---

<sup>10</sup> Si el impulso del marcapasos o la descarga de un desfibrilador llega en la onda T (repolarización o relajación del miocardio. Referirse a la Figura 1.3.1.c. del Capítulo I, sección Seguridad Eléctrica) puede producir fibrilación ventricular.



Como se citó anteriormente, los riesgos de ciertas corrientes producen síntomas o daños en el organismo humano, para lo cual se indicó unos parámetros. A continuación, se analizan los efectos de la corriente eléctrica en el organismo humano un poco más detalladamente, sobre la base de la propuesta de la norma española U.N.E. 20.572. Para esto es necesaria la ayuda de la Figura 1.3.2.c. en la que se ha observado el paso de la **corriente eléctrica alterna** de 50 Hz a través de las extremidades del cuerpo humano en pacientes adultos, sanos, con capacidad de reacción normal a los estímulos exteriores y medidos con la corriente eléctrica aplicada en sus extremidades, con peso superior a 50 Kg. Se puede observar en la figura mencionada las siguientes zonas definidas:

<b>ZONAS DE CORRIENTE Y TIEMPO COMO EFECTO DEL PASO DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA ALTERNA EN EL ORGANISMO HUMANO.</b>	
Zona No ①:	No aparece ninguna reacción. Esta zona es válida hasta los 0.5 mA (500 $\mu$ A), y no depende del tiempo de duración del estímulo.
Zona No ②:	La corriente se hace sensible produciendo cosquilleo e incluso dolor. El paciente puede soltar aun los electrodos. En la mayoría de casos no se espera ningún efecto fisiopatológico. En esta zona ya se tiene una dependencia del tiempo de aplicación del estímulo, a partir de los 10mA hasta los 900mA sin que se salga de la curva, lo que significa que para el margen superior no sea el tiempo de aplicación de esa corriente mayor a 10ms (milisegundos). Se debe observar que a partir de esta zona el paciente puede tener dificultades en soltar los electrodos.
Zona No ③:	Los límites superiores de esta zona son de 1250mA (1.25 A) durante 10ms hasta aproximadamente 42mA (0.042 A) durante 10s (segundos). Habitualmente no se presenta ningún riesgo de fibrilación ventricular, pero es posible para algunos casos.
Zona No ④:	Existe alto riesgo de fibrilación ventricular (50%) así como de asfixia. Los límites superiores están en 3000mA (3A) durante 10ms y 130mA (0.13A) durante 10s.
Zona No ⑤:	El riesgo de fibrilación ventricular es superior al 50%, y se van agravando los efectos a medida que se va incrementando la intensidad de la corriente de forma lineal, pueden haber grandes quemaduras, shock y posible muerte.

**Tabla 1.3.2.e. Zonas de efectos del paso de la corriente eléctrica en el organismo humano.**

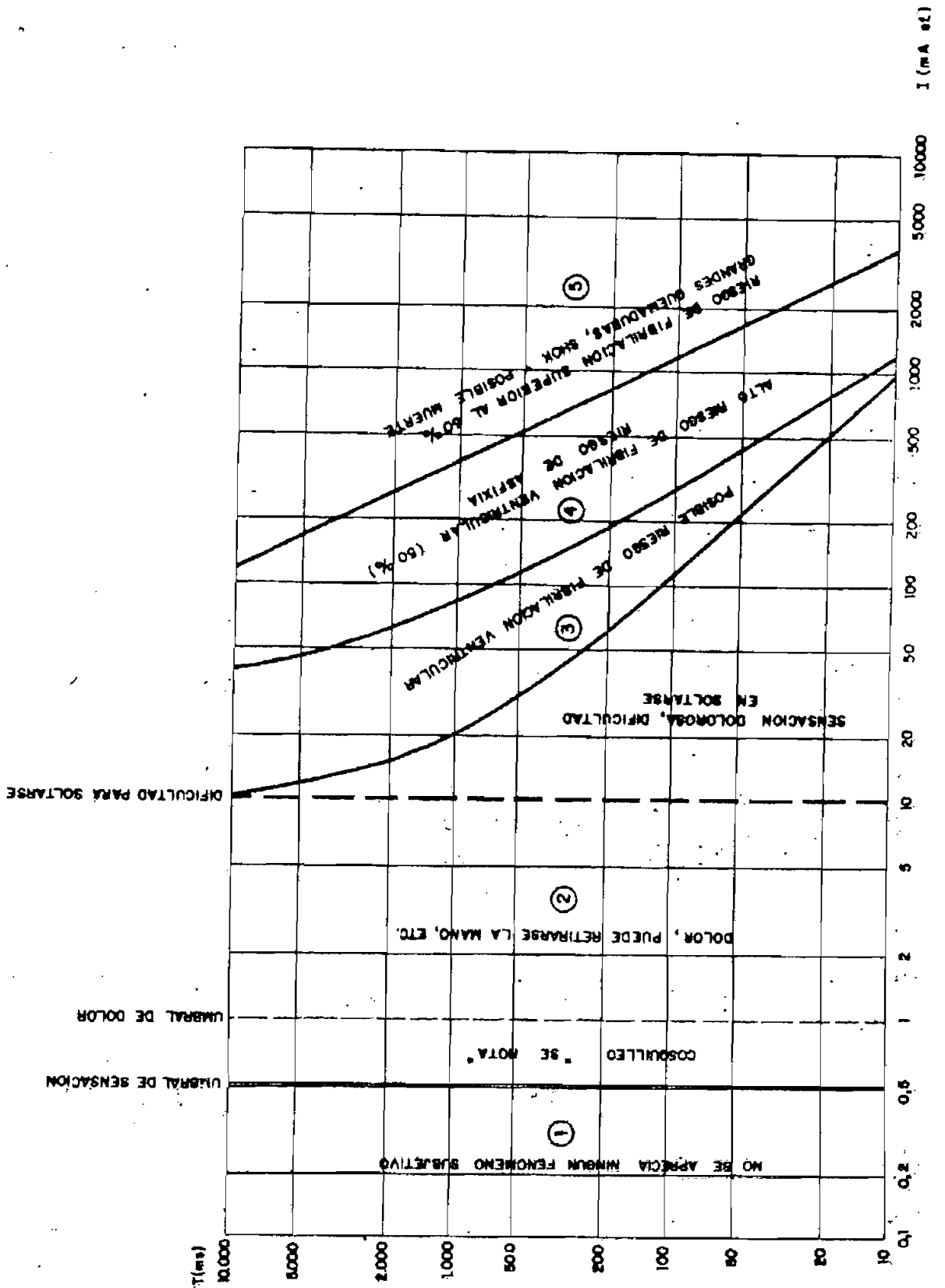


Figura 1.3.2.c. Efectos del paso de la corriente eléctrica alterna.



Los efectos de la **corriente eléctrica continua** pueden producir a veces daño incluso a muy bajos valores. La aplicación experimental de la corriente continua ha sido usada para producir trombosis arterial en animales, principio aplicado por Sawyer hace dos décadas. En un reporte más actual se reportaron quemaduras cutáneas en un paciente expuesto a una fuente de 14V de corriente continua durante un procedimiento quirúrgico donde se atribuyó este hecho al efecto electrolítico, con la producción consecuente de sustancias cáusticas. El lector debe recordar este efecto electrolítico en el análisis del subcapítulo anterior. Similares daños han sido reportados aún a 3V. De otra parte, el umbral de fibrilación para corriente continua es aparentemente algo mayor que para corriente alterna. Se afirma que en igualdad de tensión e intensidad las corrientes continuas son menos peligrosas en una proporción de 5 veces menos que las alternas.

Por otra parte, la **corriente eléctrica alterna de alta frecuencia** que antiguamente se afirmaba que era inocua, ha sido reportada que es capaz de provocar lesiones hemorrágicas en la válvula mitral. A muy alta densidad, es también conocido que induce fibrilación ventricular. La corriente de alta frecuencia puede pasar de un punto a otro de formas insospechadas, por ejemplo transmitidas por radiación, acoplamiento capacitivo o acoplamiento inductivo, que producen efectos nocivos en sitios remotos al punto de aplicación requerido. Se debe considerar la posibilidad, aunque menos ocurrente, de un macroshock causando un accidente de efectos secundarios que puede resultar en daños irreparables e incluso la muerte. Los pacientes que han sido tratados con marcapasos artificiales deben estar protegidos a ciertos tipos de campos eléctricos o magnéticos

que son producidos por motores eléctricos, sistemas de ignición de automóviles, unidades electroquirúrgicas, diatermias, hornos de microondas y una variedad de otros dispositivos que van siendo clasificados como peligrosos al haberse analizado sus efectos nocivos. Los campos eléctricos o magnéticos producidos por estos dispositivos pueden provocar en algunos casos que los marcapasos se apaguen e incluso los marcapasos de frecuencia fija no son inmunes a estos campos.

Aunque el riesgo de interrupción de la energía eléctrica de los equipos de soporte de vida no es un shock peligroso, es una consideración vital de diseño. Si existe un retardo de más de 10s hasta que entre en funcionamiento la planta de emergencia (generador), la falla de un respirador, monitor, desfibrilador, marcapasos u otro equipo de soporte de vida puede ser fatal. La falla de alimentación de energía eléctrica, cuando es causada por un fusible quemado o un temblor, deberá ser considerado en la planificación de un sistema de distribución de potencia.

Finalmente, es bien conocido que los riesgos de incendios por gases explosivos y vapores que han sido provocados por corriente estática, alterna o continua generados por los equipos dañados o que no tienen las seguridades necesarias, son innumerables. Sin embargo, se han ido eliminando los gases anestésicos principalmente, que son de carácter explosivo, para quedar con el oxígeno exclusivamente como gas explosivo de cuidado en las áreas hospitalarias. Respecto al oxígeno, se ha comprobado que a menos que un ambiente esté saturado de oxígeno puro y se produzca una chispa es peligroso. En condiciones normales de

operación de los equipos en un centro quirúrgico si no hay fuga masiva de oxígeno, la chispa producida por un electrobisturí al cortar o coagular a un paciente no es de preocupación y cuidado mayor, de hecho las cirugías se las realiza en estas condiciones, observando evidentemente las posibles fugas no deseables.

Retomando el tema de la resistencia del organismo humano a la corriente eléctrica, se indicaba que en individuos adultos, sanos, con capacidad de reacción normal a los estímulos exteriores y monitorizados con la corriente eléctrica aplicada a sus extremidades, se habían logrado establecer los parámetros de resistencia y por ende de seguridad mostrados en la Figura 1.3.2.c. Pero se debe recordar que el ambiente hospitalario no es para personas sanas como las descritas anteriormente, y esta situación cambia notablemente tanto en individuos en condiciones de inferioridad física o con capacidad de reacción disminuida (anestesiados, atados, sometidos a fármacos narcotizantes, etc.) o con electrodos (o dispositivos que pueden considerarse como tal) introducidos en su organismo y en especial los catéteres cardíacos. Por ejemplo, un paciente anestesiado que recibe durante un tiempo prolongado una corriente contra la cual hubiera reaccionado inmediatamente, puede ser seriamente dañado por alteraciones cardíacas, quemaduras, etc. Para tales efectos puede considerarse que 100 o 200mV es una diferencia de potencial suficiente para producir quemaduras bajo los electrodos de un electrocardiógrafo (E.C.G.). Un paciente sometido a cuidados intensivos bajo cateterización, con aplicación de tubos de plástico rellenos de fluidos conductivos, introducidos en los vasos sanguíneos o, peor aún, dentro de las cavidades

del corazón, es incapaz de soportar sin daños, corrientes realmente bajas. Por lo tanto, los investigadores han determinado que *corrientes del orden de 10mA aplicadas directamente al corazón durante 30ms o precediendo al máximo de la onda T del ECG (durante la repolarización del corazón), pueden producir fibrilación ventricular.*

Se concluye por tanto que es importante conocer las medidas conducentes a evitar la incidencia de corrientes eléctricas nocivas no deseadas que por su intensidad y duración pueda suponer un riesgo para los pacientes, médicos y personal auxiliar que interviene en esta función. Es decir, se está hablando de la Seguridad Eléctrica que debe reinar en los ambientes especiales.

Como es de conocimiento general, la seguridad absoluta en cualquier aplicación no existe y por ende tampoco en los riesgos eléctricos; sin embargo, es necesario tratar de minimizar sus efectos, tratando de corregir las causas que originan las fallas, para que mediante un concepto estadístico se pueda obtener el mayor margen razonable posible de seguridad.

Las **medidas que se pueden adoptar** para obtener el objetivo supracitado, según los investigadores, son englobadas en tres grandes grupos:

- ✿ Medidas referentes a los Equipos Electromédicos.
- ✿ Medidas referentes a la instalación eléctrica en baja tensión que deben existir en los ambientes donde se conectarán estos Equipos Electromédicos.
- ✿ Medidas referentes al uso adecuado de los Equipos Electromédicos.

Se analizarán las medidas individuales para cada grupo.

☀ Medidas referentes a los Equipos Electromédicos.

Los equipos deberán ser diseñados de manera tal que el riesgo de shock eléctrico en uso normal o en condiciones anormales de primera falla sea lo menos probable posible, consiguiendo con esto proteger al paciente de posibles influencias eléctricas perjudiciales analizadas e indicadas anteriormente.

Para conseguir esto, se deberá considerar:

- \* Prevenir los contactos entre el cuerpo del paciente, médicos o personal auxiliar, con partes que sean o puedan ser activas eléctricamente, ya sea por ser muy accesibles o por posibles defectos de aislamiento. Para ello deberán ser colocados en lugares inaccesibles o extremar la vigilancia de esta acción.
- \* Restricción de los voltajes o corrientes que puedan circular entre partes que puedan ser tocadas por el paciente, médicos o personal auxiliar y tierra. Estos voltajes a considerar son los que pueden aparecer durante su uso o la primera falla.

Generalmente esta protección se obtiene por:

- \* Limitación del voltaje o corriente, o puesta a tierra.
- \* Protección de partes vivas contra contactos
- \* Aislamiento adecuado y construcción muy cuidadosa.

Con respecto al grado de protección y según su campo de aplicación, los equipos electromédicos, para sus requerimientos de construcción, se pueden clasificar en:

\* De acuerdo al **tipo** de protección contra descargas eléctricas:

<b>Equipos alimentados por una fuente de energía eléctrica externa:</b>	
Tipo I:	Equipos diseñados para ser conectados a la red de energía eléctrica principal y en los cuales la protección contra las descargas eléctricas no se confía solamente al aislamiento básico, sino que se incluye como medida adicional de seguridad, el que las partes conductoras se conecten con un conductor adicional a la tierra de protección general del ambiente hospitalario, durante su empleo, para que cuando exista alguna falla, las partes conductoras no se conviertan en activas por falla del aislamiento básico.
Tipo II:	Equipos diseñados para ser conectados a la red de energía eléctrica principal y en los cuales la protección contra las descargas eléctricas no se confía solamente al aislamiento básico, sino que el factor de seguridad se incrementa por el doble aislamiento o aislamiento reforzado. No está prevista su conexión a tierra.
Tipo III:	Equipos en los que la protección contra descargas eléctricas se confía a la alimentación con voltajes de baja tensión que sean adecuados para uso médico.
<b>Equipos alimentados por una fuente de energía interna: Los de baterías.</b>	

\* De acuerdo al **grado** de protección contra descargas eléctricas:

<b>Grado B (Body):</b>	Equipos de tipo I, II o III o equipos con una fuente interna de energía eléctrica capaces de proporcionar un adecuado grado de protección contra las descargas eléctricas, contemplando principalmente: <ul style="list-style-type: none"> <li>▫ Una corriente de fuga admisible (100 a 500 <math>\mu</math>A para frecuencias inferiores a 1KHz).</li> <li>▫ Fiabilidad de la conexión a tierra para protección (si el tipo lo exige).</li> </ul> Este equipo es aplicable a los pacientes de una forma tanto interna como externa, salvo en aplicaciones cardíacas directas.
<b>Grado BF (Body-Floating):</b>	Equipos que corresponden a la definición dada para el grado B, pero a los que se añade la condición que el circuito correspondiente a la aplicación sea del tipo aislado o flotante.
<b>Grado CF (Cardiac-Floating):</b>	Equipos de tipo I o II con una fuente interna de energía eléctrica, provistos de un alto grado de protección contra descargas eléctricas, con especial atención a las corrientes de fugas (10 a 50 $\mu$ A para frecuencias inferiores a 1KHz). El circuito correspondiente a la aplicación será del tipo aislado o flotante. El grado CF está destinado fundamentalmente a la aplicación directa cardíaca.

A continuación, en la Tabla 1.3.2.f. se muestra en forma detallada los valores admisibles de corrientes de fuga, correspondientes a los distintos tipos de equipos electromédicos descritos:

Trayecto de la corriente	Grado B		Grado BF		Grado GF	
	CN	1era. F.	CN	1era. F.	CN	1era. F.
Corriente de fuga a tierra a través de una Resistencia de 1000 Ohmios	0.5		0.5		0.5	
Corriente de fuga de la protección	0.1	0.5	0.1	0.5	0.01	0.5
Corriente sin fuga a través del paciente	0.1	0.5	0.1	0.5	0.01	0.5
Voltaje principal en las partes del equipo que no siendo de aplicación están siendo destinados a recibir voltajes o corrientes procedentes de las señales	5		5		5	
Igual siendo dispositivo de aplicación	5		5		0.05	
Corriente auxiliar sobre el paciente	0.01	0.5	0.01	0.5	0.01	0.05
	0.1	0.5	0.1	0.5	0.01	0.05

**Tabla 1.3.2.f. Valores admisibles de corrientes de fuga continua y corrientes auxiliares en pacientes en mA en los distintos tipos de equipos electromédicos.**

Donde :

CN: Condición Normal

1era. F: Condición de primera falla

Las condiciones para el cuadro anterior son las siguientes:

- Corriente de fuga a tierra es la corriente que fluye entre los polos vivos de la acometida eléctrica principal (o partes que puedan resultar conectadas a ella) y el conductor de la tierra de protección, a través del aislamiento.
- Corriente de fuga de la protección, es la que fluye entre la envoltura o parte de ella, a través de una conexión conductiva exterior, tal como el conductor de tierra de protección a otra parte de la envoltura.
- Corriente de fuga a través del paciente es la que fluye desde las partes aplicadas a aquel y tierra, o bien las aplicadas al paciente por medio de partes unidas a un sistema aislado a tierra, originada por la aplicación de un voltaje no deseado desde una fuente externa al paciente.
- Corriente auxiliar sobre el paciente son las corrientes que fluyen sobre el paciente durante el uso normal, entre los electrodos aplicados al paciente y que no tratan de buscar efectos fisiológicos directos.

Una manera óptima de medir estas corrientes de fuga producidas por los equipos electromédicos, en su instalación, cuando se realicen los programas de mantenimiento preventivo o luego de un mantenimiento correctivo (reparación) es mediante el uso de un medidor de corrientes de fuga (Leakage current tester), el mismo que se encuentra indicado en la Figura 1.3.2.d.



**Figura 1.3.2.d. Medidor de corrientes de fuga.**

Este instrumento digital prueba la continuidad del cable de tierra y mide las fugas de ambas líneas de alimentación a tierra, bajo condiciones de plena carga con un porcentaje del 5% de exactitud. Proporciona medidas directas y está equipado con rango automático de escalas de 0 a  $10\mu\text{A}$ , de 0 a  $0.1\text{mA}$  y 0 a  $1\text{mA}$ . Los equipos médicos a ser medidos pueden ser alimentados con sistemas aislados o solamente aterrizados, para lo cual cuenta con dos tipos de conectores de alimentación.



En la Tabla 1.3.2.g. se indican los valores típicos de corrientes de fuga para varios equipos electromédicos utilizados en los Hospitales.

EQUIPO ELECTROMÉDICO	VALORES TÍPICOS
Lámpara cirúrgica (un 1 brazo)	75 – 175
Lámpara cirúrgica (dos brazos)	300 – 400
Lámpara auxiliar portátil	10 – 100
Negatoscopio simple	50 – 150
Electrobisturí	100 – 300
Bomba de succión	50 – 125
Monitor de signos vitales (1 canal)	30 – 200
Monitor de signos vitales ( 8 canales)	275 – 350
Bomba de circulación extracorpórea	350 – 450
Monitor/desfibrilador	50 – 125
Equipo de Rayos X móvil (descarga por condensador)	30 - 50
Equipo de Rayos X móvil (208 VAC – 300 mA)	300 – 600
Respirador electrónico de presión positiva	100 – 150
Unidad de hipo-hiper termia	125 – 175
Electrocardiógrafo de 1 canal	80 - 200

**Tabla 1.3.2.g. Valores típicos de corrientes de fuga de equipos electromédicos.**

Es necesario resaltar que los valores de la Tabla anterior pueden ser medidos con el equipo mencionado, tomando en cuenta el sistema de alimentación eléctrica al que van a estar conectados; pues, es posible que para el sistema aislado genere un valor y para el sistema aterrizado mida otro, esto es por la diferencia de aislamiento asociado al sistema de alimentación de cada uno. Los valores de la Tabla son para conexión de los equipos a sistemas aislados, medidos en equipos médicos nuevos (valores inferiores del rango) y con cables de alimentación razonablemente cortos (los que vienen en los equipos). Si se utilizan cables de alimentación más largos, se incrementarán las corrientes de fuga del equipo; así, por ejemplo, un cable de alimentación de 18 metros añadirá de 60 a 130  $\mu$ A de corrientes de fuga a un electrobisturí.

- ✿ Medidas referentes a la instalación eléctrica en baja tensión que deben existir en los ambientes donde se conectarán estos Equipos Electromédicos.

Se denominará instalación eléctrica en baja tensión en ambientes de uso médico, a toda combinación de equipo eléctrico interconectado en este ambiente previsto para suministrar esa energía o para funcionar con ella.

Una parte de esta instalación puede estar en la cercanía del paciente, originando diferencias de potencial que puedan inducir corrientes excesivas a través del paciente y que deben ser evitadas.

Para solucionar este problema se puede plantear la alternativa de que la conexión a tierra del equipo esté conectada al de la instalación, pero existe una desventaja, y es que en caso de un defecto en el aislamiento de los circuitos que están conectados directamente a las redes de suministro, la corriente de falla que se produce puede causar una caída considerable de voltaje en el conductor de protección a tierra de estos circuitos.

Se deberá recordar que en el diseño de los equipos médicos se contempla la longitud y calibre del cable de protección de tierra para asegurar un camino óptimo de las corrientes de falla, y como en caso de falla no se puede disminuir esta diferencia de voltaje aumentando la sección de los conductores de protección, se pueden tener alternativas para solucionar este inconveniente: bien reduciendo la duración de la corriente de falla a tierra por medio de dispositivos especiales o el uso de un sistema de suministro de energía que esté aislado de tierra.

A continuación se describen ciertas medidas de seguridad relativas a las especificaciones y requisitos que deben cumplir las instalaciones en hospitales y ambientes para uso médico extra-hospitalario.

- \* Se recomienda un sistema de tres conductores, que incluye un neutro aislado y un conductor de protección de tierra.
- \* Dependiendo de la naturaleza de los exámenes o tratamientos realizados se tienen las siguientes disposiciones precisas:

<b>Requisitos adicionales de conexión a protección de tierra y dispositivos protectores para restringir las diferencias continuas de voltaje.</b>
Restricción de las diferencias de voltaje a través de una superficie equipotencial. Durante la aplicación directa de un equipo a un paciente, se deberá prever, al menos, una zona equipotencial alrededor de éste con un punto central de tierra del paciente al que se conectarán todos los conductores de protección y tierra funcional de los equipos utilizados dentro de dicha zona.
Igualmente se conectarán a un centro equipotencial todas las partes y superficies conductoras accesibles dentro de la zona que en la práctica se refiere al entorno de una mesa quirúrgica o una cama de U.T.I.
Si en la zona existe más de un paciente, se deberán conectar sus centros equipotenciales a una barra colectora equipotencial, la cual preferiblemente se conectará al sistema de protección del suministro de energía en la zona correspondiente.
En su forma completa, la red equipotencial consiste en parte de conexiones fijas y permanentemente instaladas, y en parte de ciertas conexiones separadas que son realizadas cuando el equipo es instalado cerca del paciente. Los puntos necesarios de conexión para estas conexiones deben ser proporcionados por el equipo y la instalación.
Se debe tener restricción en la duración de la actuación de las diferencias de voltaje mediante el uso de dispositivos protectores funcionando con corriente residual (diferenciales).
Continuidad en el suministro de energía a cierto equipo en el caso de una primera falla en el aislamiento a tierra y de las diferencias en el voltaje transitorio, aplicando transformadores de aislamiento.
Vigilancia de una primera falla a tierra en un circuito de suministro aislado (flotante), por medio de un dispositivo con impedancia a tierra suficientemente alta.

Estas recomendaciones supracitadas, están siendo articuladas por la Comisión Electrotécnica Internacional en una serie de normas<sup>11</sup>, algunas recogidas por la legislación Europea y que en su parte esencial se resumen a continuación, mencionando la parte más importante aplicable al análisis que se está realizando en este trabajo:

<sup>11</sup> Normas de la Comisión Electrotécnica Internacional, en Comisión Técnica 62 (Subcomité 62A).

❶ Norma P-0. Uso no médico.

Esta norma tiene que ver con el conjunto de medidas aplicables a los recintos de uso no médico, por lo tanto son las que están especificadas en el reglamento de baja tensión.

❷ Norma P-1. Red de tierras para protección.

El uso de esta norma se sugiere en todos los ambientes de un Hospital, formado por ambientes de uso médico, descritos en la Tabla 1.3.2.h. así como otras análogas que pudieran ir apareciendo en un desarrollo posterior de técnicas hospitalarias. Sus exigencias corresponden a la normativa correspondiente al reglamento de baja tensión, con la adición de un sistema de tierras para protección.

AMBIENTES DE USO MÉDICO	Medidas de protección						
	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7
1) Proceso de datos	M	O					O
2) Salas de masaje	M	O					O
3) Laboratorios	M	O					O
4) Locales de lavado	M	X					O
5) Enfermería	M	O					O
6) ECG, EEG, ENG	M	X		X			O
7) Endoscopia	M	X		X	O		O
8) Examen y tratamiento	M	O		X	O		O
9) Sala de labor	M	X		X	O		O
10) Esterilización	M	O		X			O
11) Urología (no quirófano)	M	X		X			O
12) Radioterapia y radiología (como en 21 y en 24)	M	X		X			O
13) Hidroterapia	M	X		X		O	O
14) Fisioterapia	M	X		X	O		O
15) Anestesia	M	X	O	X <sub>1</sub>	X		O
16) Quirófanos	M	X	O	X <sub>1</sub>	X		O
17) Preparación de enfermos	M	X	O	X <sub>1</sub>	X		O
18) Quirófanos para yesos	M	X		X <sub>1</sub>	X		O
19) Quirófanos para curaciones	M	X	O	X <sub>1</sub>	X		O
20) Quirófanos de emergencias	M	X		X <sub>1</sub>	X		O
21) Cateterización cardíaca	M	X	X	X <sub>1</sub>	X		O
22) Terapia Intensiva	M	X	O	X <sub>1</sub>	X		O
23) Reconocimientos	M	X	O	X <sub>1</sub>	X		O
24) Examen Angiográfico	M	X	O	X <sub>1</sub>	X		O

Tabla 1.3.2.h. Medidas de protección para diferentes ambientes de uso médico.

Donde : M = medidas obligadas

X = medidas aconsejadas

O = medidas adicionales, cuya adopción puede ser aconsejable

X<sub>1</sub> = únicamente para los equipos descritos en 7 y 8

Esta tierra de protección tendrá las siguientes características:

En un lugar del edificio, generalmente en su planta inferior, se dispondrá de una barra colectora de tierras (malla) conectada con la toma general de tierra del edificio. En esta barra colectora se deberán incluir los siguientes componentes:

El conductor principal de la red de tierras para protección, el mismo que recorriendo por todo el edificio, deberá ir recogiendo todos los conductores secundarios de dicha red, procedentes de los diversos ambientes.
Las partes metálicas de la red de agua, gas, desagües del edificio, redes de vapor y en general todos los sistemas de instalaciones con elementos conductores que recorran parcial o totalmente el edificio.
La estructura metálica del edificio y red metálica de la cimentación.
Cuando el neutro del secundario de la cámara de transformación de energía eléctrica que alimenta al edificio no sea aislado, se conectará a dicha barra, bien de forma directa o a través del conductor principal de la red de tierra de protección.

Al conductor principal de tierra de protección que, como se mencionó anteriormente, recorre todo el edificio, se le irán conectando los ramales secundarios comunicados con las partes metálicas de las instalaciones y con las barras colectoras de tierra para protección secundaria instaladas en los ambientes de uso médico o grupos de éstos, así como también, confluirán todos los conductores conectados a partes metálicas de instalaciones, tierras funcionales de protección correspondiente a equipos electromédicos, tierras de protección de enchufes, motores, lámparas, accesorios eléctricos, apantallamientos contra interferencias, etc.

La impedancia del conductor que une esta barra colectora y el punto protegido por tierra no deberá exceder de 0.2  $\Omega$  (ohmios), siempre que la corriente protegida por los dispositivos protectores para

sobreintensidades no sea superior a 16 A. Si excede esta cantidad, se deberá multiplicar por un coeficiente<sup>12</sup>:




$$R = \frac{4}{I_{lim}}$$

Donde  $I_{lim}$ : Sobreintensidad limitada

**Pero en ningún caso la impedancia del conductor deberá ser mayor a 0.2Ω. De esta forma se trata de limitar los voltajes de contacto a 24V como máximo, entre distintos puntos conductores de la instalación, que es el fundamental objeto de esta norma.**

#### CALCULOS DE SISTEMAS DE TIERRA

Para realizar el cálculo de una malla de tierra para una instalación de una Unidad de Terapia Intensiva, de un Centro Quirúrgico Central o de cualquier área de un Hospital, se deberá tomar en cuenta esta norma, de la siguiente manera:

-  Se deberá primero considerar que la impedancia total del conductor, desde la malla de tierras del Hospital hasta el área a proteger, deberá ser máximo 0.2Ω. Esta concepción deberá aplicarse para cada área a diseñar.
-  Se deberá considerar a continuación, las distancias exactas de los tramos que deberán recorrerse hasta llegar al área a calcular el sistema de tierras de protección.
-  Realizar el cálculo de las distancias multiplicadas por las impedancias de cada conductor estimado para ver si con el inicial planificado cumple que sea menor o igual a 0.2Ω.

<sup>12</sup> Tomado del documento LA SEGURIDAD EN EL HOSPITAL, Ponencias y Comunicaciones presentadas en las II Jornadas Técnicas Hospitalarias. Artículo: Seguridad de Instalaciones Eléctricas, Autor: José O. Avila Monteso, p. 25.

- Si el primer conductor planificado cumple con esta condición, se puede optar por éste, sino, se deberá aumentar el calibre del conductor para disminuir su impedancia (si este fuera el caso), o viceversa en caso contrario, hasta dar con el adecuado.
- Una vez encontrado el calibre del conductor que cumple con esta condición, se deberá analizar si éste es físicamente implementable. Si se está en el caso en que se ha calculado un calibre de conductor exageradamente grueso que será muy costoso o impracticable su instalación, se deberá replantear el recorrido físico para acortar distancias o, en su defecto, realizar una malla de tierras más cerca para esta área en particular.

A continuación se presenta un ejemplo que permitirá ilustrar lo indicado anteriormente.

Se considerará que la distancia a cubrir entre la malla de tierras y el área a diseñar su sistema de tierras es de 80 metros, entonces:

$$d = 80m$$

Se debe cumplir que la impedancia total del cable de tierra será:

$$Z_{tierra} \leq 0.2\Omega$$

Con:

$$Z_{tierra} = Factor_{impedancia} \times d$$

Si se considera que se desea utilizar un cable #18 AWG, según las tablas del Anexo I, le corresponde una impedancia de  $0.00256\Omega/cm$ , por lo que:

$$0.00256\Omega/cm \times d \leq 0.2\Omega$$

$$\Rightarrow d \leq \frac{0.2\Omega}{0.00256\Omega/cm} = 78.12cm$$

Esto significa que la máxima longitud del conductor que se piensa utilizar podrá ser casi 80 m y deseamos cubrir 80 metros. A parte de esto, el calibre del conductor propuesto es muy delgado por lo que se tiene una distancia muy pequeña.

Se deberá recordar que, la resistencia de un conductor es inversamente proporcional a su área transversal o sección, por lo que para este caso se deberá ubicar un cable de mayor diámetro o sección (menor resistencia por metro), por tanto su numeración en AWG<sup>13</sup> deberá ser menor.

Si se plantea utilizar el cable #10 AWG, se tendrá:

$$0.00040\Omega/cm \times d \leq 0.2\Omega$$

$$\Rightarrow d \leq \frac{0.2\Omega}{0.00040\Omega/cm} = 500cm$$

Si se replantea de la siguiente manera:

$$Factor_{impedancia} \leq \frac{Z_{tierra}}{longitud}$$

Se tiene que:

$$Factor_{impedancia} \leq \frac{0.2\Omega}{80m} = 0.00025\Omega/cm$$

Por tanto, para el ejemplo, se podrá realizar la instalación de tierra con cable calibre #8 AWG, según las tablas indicadas del Anexo I.

<sup>13</sup> AWG de las siglas en inglés American Wire Gauge que normaliza el calibre, aislamiento, protección, recubrimiento, tipo, número de hilos, etc. de los conductores.



Normalmente un sistema de tierras para protección de una U.T.I., un C.Q.C. o un área similar, que no tenga excesiva carga, se la puede realizar con conductores #12 AWG, #10 AWG o #8 AWG.

El concepto explicado anteriormente es muy importante debido a su aplicación en los equipos médicos ya que, como se deberá recordar, el conductor verde de tierra que viene con los equipos médicos (o verde con amarillo en otros), previenen de los potenciales estáticos que pueden provenir de las cajas metálicas de los mismos equipos. Si estas partes no están adecuadamente aterrizadas, la carga estática podría acumularse de tal forma y cantidad que su descarga podría producir hasta una chispa, siendo perjudicial al paciente y hasta al médico o personal auxiliar que lo atiende.

Este conductor de tierra también provee un camino para las corrientes de fuga (mencionadas anteriormente), ocasionadas por los efectos capacitivos o inductivos de los componentes propios de un equipo médico, como se indica en la Figura 1.3.2.e. que sigue.

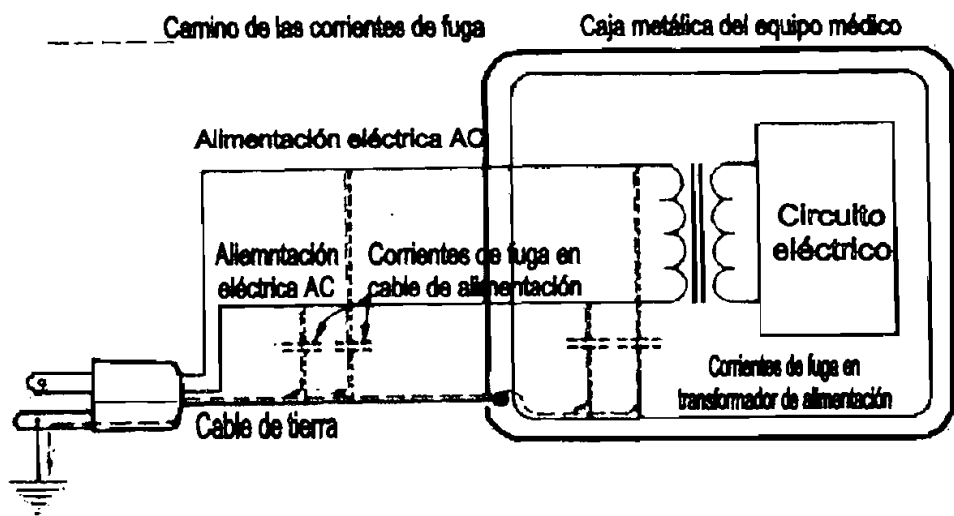


Figura 1.3.2.e. Origen de las corrientes de fugas.

La magnitud de estas corrientes de fugas será dependiente de las características de la aplicación y el aislamiento asociado, produciendo diferencias de potencial entre varios equipos electromédicos que están en un mismo ambiente y conectados a un mismo paciente, provocando a su vez un flujo de corriente a través de sus órganos vitales cuando se cierre un camino de circulación de ésta. Una de estas condiciones se puede encontrar en los procesos de cateterización cardíaca, donde pequeñas cantidades de corriente pueden causar fibrilación ventricular. La Figura 1.3.2.f. muestra un posible camino de las corrientes de fuga que podría tomar en caso de producirse una falla del cable de tierra de la cama eléctrica del paciente.

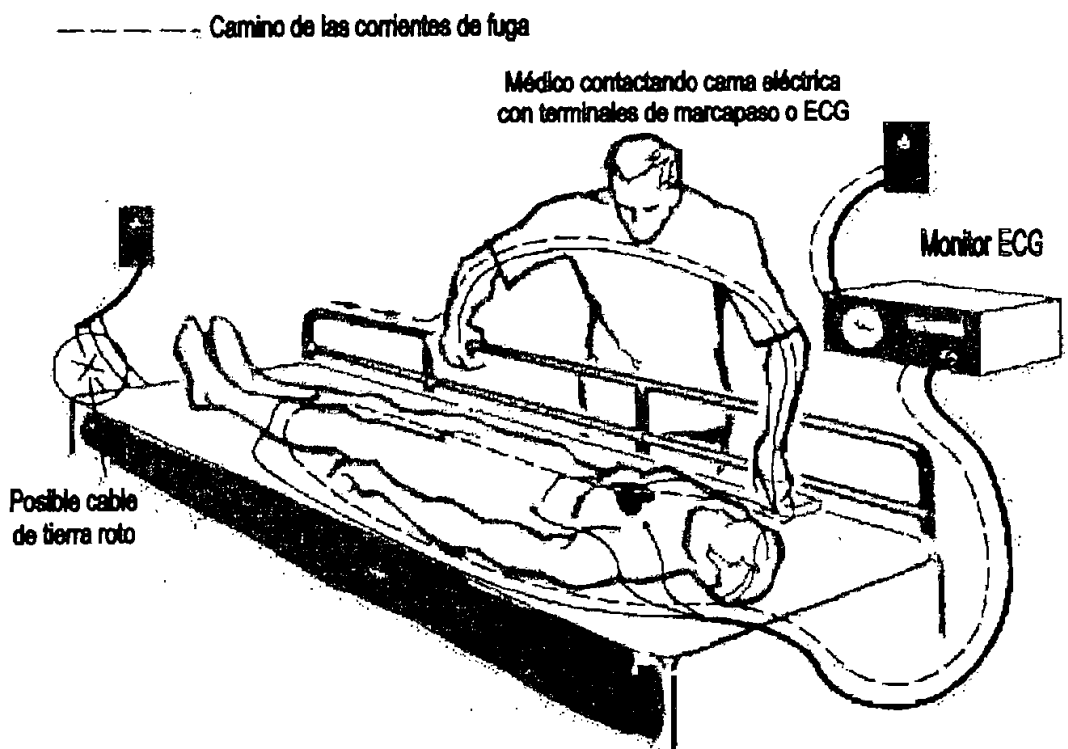


Figura 1.3.2.f. Camino de las corrientes de fuga en condición de fallo.

Estas fallas del cable de tierra en la alimentación de los equipos médicos se pueden producir por las razones indicadas en la Figura 1.3.2.g. que se muestra a continuación.

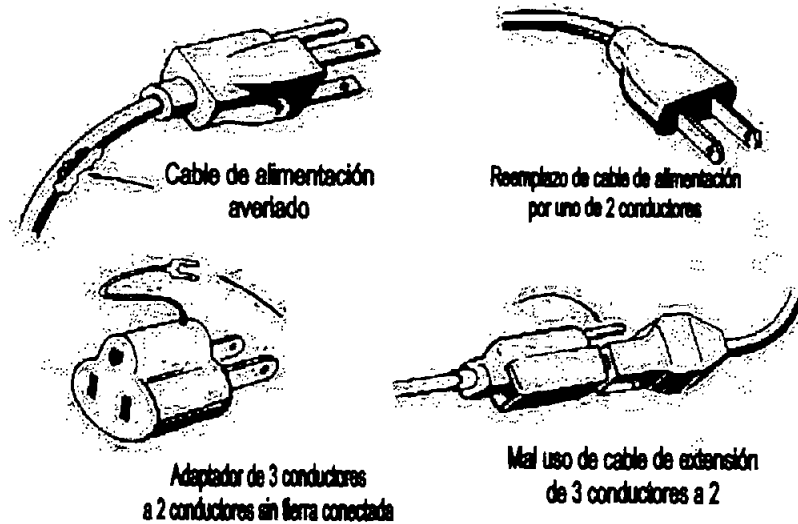


Figura 1.3.2.g. Fallas en cables de tierra de equipos médicos.

La norma NFPA 56 A prohíbe el uso de adaptadores y cables de extensión a pesar de su uso muy frecuente en los hospitales en la actualidad.

El uso de un cable de extensión en un área de pacientes (U.T.I. o C.Q.C.), frecuentemente es el responsable de peligros eléctricos. Aunque éste proporciona flexibilidad y movilidad a mayores distancias, en la conexión de varios equipos electromédicos, su abuso en la mayoría de casos es imprudente, ya que produce interferencias en el tráfico normal de un quirófano o U.T.I., los equipos pasan por sobre éste arrollándolo, o están situados en los pisos mojados. Si un quirófano o un cubículo de un paciente requiere más tomacorrientes, debido a que su capacidad actual no es suficiente, se deberá proveer de un panel de

distribución de energía adicional, como los indicados en los capítulos II y III respectivamente. Pero para ello, se deberá recalcular la carga a la que estará sometido el transformador de aislamiento, pues es posible que se deba colocar uno adicional o de mayor capacidad.

El uso de los adaptadores de tres patas a dos es una falla común que se comete en el uso de los equipos electromédicos. Se deberá tomar en cuenta que al realizar esta adaptación, se está eliminando la protección del camino de corrientes de fuga y de falla por el tercer conductor que es el cable de tierra. No se debe volver a cometer este error, luego de que el lector ha recibido esta información, o en su defecto corregir esta situación si es que ya se ha realizado esta adaptación. Si una instalación para equipos médicos no dispone del sistema de tierras para el tercer conductor, se deberá realizar su cálculo e implementación, con lo que ya no se necesitará de estos adaptadores.

Los códigos y estándares de corrientes para áreas de anestesia indican que no debe existir más de 40mV entre las superficies conductivas que podrían entrar en contacto con el paciente o dentro de su alcance. Esto significa que, si un equipo médico tiene un cable de tierra #12 AWG (3 en 1, conjuntamente con el cable de alimentación eléctrica) de 2 metros, no deberá exceder de aproximadamente 220 mA de corriente de falla que el equipo puede generar para no sobrepasar los 40 mV requeridos. Para las Unidades de Terapia Intensiva, este requerimiento de máximo voltaje permitido es de 100 mV, lo que implicará que la corriente de falla no deberá exceder de aproximadamente 550 mA.

Estas magnitudes pueden minimizarse, mediante el uso de los sistemas aislados, en donde se pueden tener fallas de fase a tierra de máximo 5 mA si el sistema está trabajando en la condición de seguridad. Esto se analizará en la norma P-5.

#### Ⓢ Norma P-2. Red suplementaria equipotencial<sup>14</sup>.

Con el fin de minimizar los efectos de los voltajes de contacto, en esta norma se contempla unir con una red de conductores equipotenciales, todas las partes conductoras ajenas a la instalación, que serán todas aquellas cuya superficie sea mayor de 200 cm<sup>2</sup> y donde tuberías, mesas metálicas, incluso pertenecientes a la obra civil (ventanas, rejillas de ventilación, etc.), mobiliario metálico, piso semiconductor, etc. salvo los elementos alojados dentro de los muros que no tengan contacto con la superficie exterior del ambiente, o que estén a distancia mayor de 2.5 mts. del paciente o fuera del alcance del personal que lo asiste.

Se dispondrá de una barra colectora equipotencial, donde se conectarán los conductores unidos a las partes indicadas anteriormente, debiendo su impedancia no ser mayor a  $0.1\Omega$ , siendo su sección mayor a 4mm. de cobre o su equivalente, con conductores aislados. Así, si una persona toca dos superficies metálicas que podrían estar a 20V, por ejemplo, existe el camino de corriente (por su cuerpo), pero no fluirá ésta ya que los dos puntos están al mismo potencial.

Esta barra colectora equipotencial y la de tierra, en todo ambiente de uso médico, se interconectarán entre sí por medio de un conductor de sección no menor a 16 mm<sup>2</sup> de cobre o equivalente.

---

<sup>14</sup> Condiciones que debe reunir lo desarrollado por la instrucción MIBT 021, apartado 2.6.

En el Centro Quirúrgico Central, Unidades de Terapia Intensiva, Cateterismos Cardíacos, ambientes destinados al registro de potenciales bioeléctricos (ECG o EMG) o a la aplicación de potenciales bioeléctricos (estimuladores eléctricos en el servicio de Rehabilitación o aplicación de marcapasos cardíacos en una Unidad que no sea necesariamente la de Terapia Intensiva), etc., todas las partes conductoras accesibles deberán estar conectadas a la barra colectora de tierras por vía directa mediante conductores separados y debidamente aislados.

④ Norma P-3. Limitación de voltaje de contacto.

En esta norma se prescribe, como complemento con la anterior, limitar los voltajes entre la barra colectora equipotencial y las partes conductoras accesibles, a 10 mV, haciéndose extensiva la anterior indicación a las partes conductoras ajenas a la instalación durante las condiciones normales.

Esta condición podrá cumplirse, por ejemplo, bien aumentando la sección de los conductores de equipotencialidad o bien protegiendo adecuadamente a un posible contacto las partes expuestas que de otro modo deberán ser protegidas.

El empleo de esta norma se dedica específicamente a los locales destinados a Cateterización Cardíaca, pudiendo hacerse extensiva al Centro Quirúrgico Central, Unidades de Terapia Intensiva, Unidades de Nefrología y similares.

⑤ Norma P-4. Dispositivos protectores contra corrientes residuales<sup>15</sup>.

Con el objeto de limitar las corrientes residuales, se incluye en esta norma el empleo de dispositivos diferenciales capaces de producir una interrupción del circuito protegido cuando la corriente residual alcanza su límite predeterminado y que se fija en los valores mostrados en la Tabla 1.3.2.i, todos ellos iguales o inferiores a 30 mA.

Capacidad normal de la Corriente protegida $I_p$ [mA]	Máximo tiempo total para la actuación del dispositivo		
	$I_p$	$2 \cdot I_p$	0.25 A
5	5s	1s	0.04s
10	5s	0.5s	0.04s
30	0.5s	0.5s	0.04s

**Tabla 1.3.2.i. Valores de las corrientes de los dispositivos diferenciales**

Como se puede observar, situados los puntos resultantes sobre las curvas de la norma U.N.E. 20.572, de la Figura 1.3.2.c. respecto al efecto de la corriente eléctrica al pasar por el cuerpo humano, están dentro de los aceptable, en cuanto a riesgo por contacto externo en personas conscientes y en zonas no vitales.

Este medio de protección debe ser usado conjuntamente a las normas P-1 y P-2 necesariamente, debiendo ser utilizado un dispositivo para cada ambiente o grupo de ambientes.

No podrá utilizarse en todas aquellas dependencias donde una interrupción de corriente puede ser peligrosa para la vida del paciente; es decir, en el Centro Quirúrgico Central, Cateterización Cardíaca, Unidades de Terapia Intensiva y en conjunto donde se realicen manipulación o se dispongan de equipos de soporte de vida, cuya interrupción puede causar peligros o trastornos en los enfermos.

<sup>15</sup> Condiciones que debe reunir lo desarrollado por la instrucción MIBT 021 apartado 2.8.

#### ⑥ Norma P-5. Alimentación eléctrica aislada.

En los ambientes de uso médico, donde los pacientes se encuentran en condiciones de intensa inferioridad física ante la posible agresión de corrientes eléctricas, bien por estar bajo los efectos de la anestesia, cateterización cardíaca o cualquier otro tipo de intervención o exploración que conlleve el empleo de agentes anestésicos o introducción de dispositivos en el interior de su organismo, se debe reducir al mínimo el riesgo producido por las descargas eléctricas no deseadas. Por otra parte, en estos ambientes es imprescindible asegurar el suministro continuo de energía eléctrica, necesario para alimentar a los equipos de soporte de vida o para continuar con la cirugía que se esté realizando, garantizando el uso de los equipos necesarios, iluminación, presentación de datos de parámetros biológicos, etc.

Todo lo anterior ha obligado a buscar un dispositivo que cumpla con la continuidad del suministro eléctrico y la reducción del riesgo de descargas eléctricas.

En tal sentido, esta norma sugiere el uso de un sistema de alimentación aislado (flotante), sin ninguna conexión física con tierra y sin ningún dispositivo de corte (tipo interruptor diferencial) que puede abrir el circuito como resultado de una corriente de falla a tierra. Es decir, si se mide el voltaje entre cualquiera de los conductores del secundario del transformador de aislamiento con respecto a tierra, no se obtendrá una diferencia de potencial o ésta será muy baja, aunque entre los dos conductores se obtendrá la medida del voltaje requerido de



alimentación para los equipos médicos que estarán conectados a éste y que típicamente en nuestro medio será de 100 V<sub>AC</sub>, excepto en casos muy especiales en donde los equipos médicos requieran de 220 V<sub>AC</sub>.

Este dispositivo se complementa con un sistema de vigilancia de posible falla a tierra, que avise con anticipación el primer fallo en el aislamiento.

La aplicación de esta norma obliga a que en cada ambiente o grupo de ambientes se disponga al menos de una instalación fija y permanente sobre la base de un transformador de aislamiento tipo médico, que tiene como principal objeto incrementar la seguridad del suministro de energía en los casos donde una interrupción del mismo pueda entrañar un riesgo para el paciente o el personal, al mismo tiempo que reduzca las corrientes de fuga. Como ya se indicó, éste no deberá contar con ninguna protección de tipo diferencial, estando sin embargo protegido para cortocircuitos y protección de sobreintensidades, perfectamente coordinados para obtener un disparo secuencial de los mismos, evitando que la falta de uno de sus circuitos, provoque el dejar fuera de servicio la totalidad del sistema alimentado por el transformador. En aquellos transformadores cuyo secundario alimente a más de un equipo, deberán existir, al menos, dos circuitos distintos debidamente protegidos para facilitar una continuidad en el suministro eléctrico.

Todos los dispositivos de corte, protección de sobreintensidad, etc., deberán ser accesibles fácilmente y serán claramente rotulados para una fácil identificación del circuito protegido.

EQUIPO ELECTROMEDICO	Carga aproximada típica [Amperios]
Unidad de hipo-hiper termia	15
Equipo de hemodiálisis (Riñón artificial)	11
Carro monitor/desfibrilador	5
Respirador electrónico de presión positiva	3
Bombas de succión continua	3
Cama eléctrica	2.5
Bombas de succión termótica	0.6
Monitor de signos vitales (1 canal)	0.25
Monitor de signos vitales (8 canales)	0.85
Bomba de infusión	0.25
Máquina de anestesia	2
Mesa de cirugía universal (eléctrica)	11
Lámpara cielítica de 2 brazos	20
Lámpara cielítica de 1 brazo	12
Lámpara auxiliar	8
Electrobisturí	5
Equipo de Rayos X móvil	10 KVA <sup>16</sup>
Equipo de Rayos X Arco en C	10 KVA <sup>(nota anterior idem)</sup>
Procesadora automática de películas radiográficas	25

**Tabla 1.3.2.j. Consumos típicos de corriente de varios equipos electromédicos.**

Los conductores del circuito del secundario no deben ser aterrizados y tendrán un dispositivo aprobado de protección de sobrecorriente en ambos conductores de cada circuito alimentado, que frecuentemente es de 20 A, 2 polos. Estos conductores deberán estar codificados con colores<sup>17</sup> de acuerdo al siguiente detalle:

Conductor #1: Naranja (Orange)  
 Conductor #2: Café (Brown)  
 Conductor de tierra: Verde (Green)

El límite de corriente total peligrosa del sistema que permitirá el monitor de aislamiento es de 5mA<sup>18</sup>.

<sup>16</sup> Consumo en KVA en muy cortos tiempos de hasta 1 segundo. Se utilizará un transformador independiente al de aislamiento del área.

<sup>17</sup> Codificación de colores de los conductores según Norma NFPA 56 A párrafo 3-3.7.2.

<sup>18</sup> Según Norma NFPA 56 A párrafo 3-3.4.

Para la vigilancia del aislamiento en el circuito secundario del sistema, se empleará un monitor LIM<sup>19</sup> capaz de medir dicho aislamiento, ya sea por su impedancia o resistencia.

- \* En el sistema de vigilancia del nivel de aislamiento por impedancia, el monitor debe dar lecturas de la "corriente total de falla posible", haciendo **sonar una alarma cuando dicha corriente pudiera alcanzar el valor de 4mA para una tensión de red de 220V, y 2mA para 110V.** *Como aviso previo puede calibrarse la señal de alarma antes de los datos anteriores, pero en ningún caso antes de los 1.4mA para 220V y 0.7mA para 110V.* Esta señal seguirá sonando para valores superiores a los fijados como tope.
- \* En el sistema de vigilancia del nivel de aislamiento por resistencia, el dispositivo de alarma deberá actuar cuando la medida de aquella entre el sistema vigilado y tierra es menor de 50K $\Omega$ . Es posible, como en el caso anterior, calibrarse para un valor proporcionalmente superior. La resistencia interna de este dispositivo deberá ser al menos 100 $\Omega$  y el voltaje de medida empleado no deberá superar los 25V en corriente continua.

Para cualquiera de los dos sistemas de vigilancia del nivel de aislamiento, el sistema sin carga (inclusive con el LIM desconectado) debe tener una impedancia de línea a tierra de al menos 200 K $\Omega$ <sup>20</sup>, que, luego de realizar los cálculos para un sistema de 120 VAC (como el que frecuentemente se utiliza en las áreas de U.T.I. y C.Q.C.), corresponderá a 600  $\mu$ A de corriente que pasaría entre una de las

<sup>19</sup> LIM de las siglas en inglés Line Isolation Monitor que identifica al monitor de aislamiento de línea.

<sup>20</sup> Puede estar entre 200 K $\Omega$  y 500 K $\Omega$  según norma NFPA 56 A. Mientras más alto sea el valor es mejor.

líneas del secundario del transformador de aislamiento y el sistema de tierra.

Como condiciones comunes a ambos sistemas se fijan las siguientes:

El dispositivo deberá indicar visiblemente (señal roja) y audiblemente (zumbador) si la resistencia o la impedancia del aislamiento caen por debajo de los límites indicados.
No deberá ser posible dejar fuera de servicio el dispositivo por un seccionador, se podrá sin embargo silenciar la señal acústica por medio de un pulsador.
Se dispondrá de un pulsador para comprobación de la respuesta del dispositivo de vigilancia, ante la condición de alarma, sin afectar a la impedancia o resistencia del sistema.
Las indicaciones de alarma deberán estar tanto en el panel del dispositivo de aislamiento como en el ambiente protegido por éste y con clara visión.
El dispositivo de vigilancia deberá conectarse principalmente al secundario del transformador de aislamiento y no podrá producir una falsa alarma en caso de desequilibrio en las fases.

La ubicación del tablero de aislamiento que contendrá el transformador de aislamiento, dispositivo de vigilancia (LIM) con alarmas óptica y acústica, protecciones, interruptores, etc. deberá ser lo más próximo al ambiente protegido, pero a no menos de 3m del lugar donde se emplearán los equipos de monitoreo, sustentación de vida, vigilancia, etc. procedentes del paciente, salvo que el transformador esté protegido por un blindaje unido a tierra que asegure la ausencia de interferencias, o también la carcasa del panel unida a tierra. Esta distancia no podrá ser muy grande tampoco, debido a que el incremento en la distancia entre los conductores de alimentación, desde el transformador de aislamiento hacia los paneles de distribución de energía en cada área, genera un incremento en las corrientes de fuga que estaría manejando el transformador de aislamiento y por ende el LIM.

Las corrientes de fuga que podrían atravesar el cuerpo de un paciente sometido a monitorización o tratamiento, por ejemplo en una mesa de operaciones, pueden ser:

- \* De orden resistivo debido a la conexión accidental de una impedancia entre fase y tierra.
- \* De orden capacitivo debido a la capacitancia permanente a tierra de los conductores de distribución del secundario del circuito aislado y del propio transformador, o capacitancia accidental tal como la conexión casual de conductores de algún equipo médico.
- \* Producida por componentes de alta frecuencia procedente de equipos electromédicos o bien de armónicos de los transformadores de distribución.

De lo expresado anteriormente, aparte de las corrientes de fuga por mecanismos accidentales o transitorios, resultan importantes las permanentes debidas a las pérdidas normales de resistencia a tierra del aislamiento de los conductores, así como las pérdidas por las componentes capacitivas. Para reducir ambas, la instalación en los ambientes médicos deberá ser realizada con líneas lo más cortas posibles y tomando todas las medidas al alcance de la técnica en ese momento para reducir el efecto capacitivo. Se debe tomar en cuenta que la tolerancia admitida en las corrientes de fuga de los transformadores y equipos electromédicos no permite mucho margen para las pérdidas imputables a la instalación de un ambiente médico y así no rebasar los límites establecidos como "*corriente total de falla probable*" admisible.

El sistema de detección de impedancia, al calcular la suma vectorial de los componentes resistivos y capacitivos de las corrientes de fuga, predice el valor de la corriente de segunda falla.

El sistema de detección por resistencia, al no considerar de forma explícita la componente capacitiva, requiere una calibración inicial del conjunto teniendo en cuenta ambas componentes y comprobando que no sean rebasados los valores admisibles, siendo las lecturas medidas un índice de la normalidad del conjunto.

Lo indicado anteriormente no pretende establecer una preferencia por alguno de los dos sistemas de detección, pues los dos son exitosos al ser aplicados.

De la observación de esta norma y las anteriores se pueden realizar los siguientes análisis y cálculos:

La seguridad eléctrica del paciente es el objetivo más importante entre los que atañen a un Ingeniero que proyecta un edificio hospitalario. En años anteriores, los ingenieros habían determinado que únicamente una correcta conexión a tierra proporcionaba la mejor protección contra accidentes eléctricos causados por el paso de corriente a través del cuerpo del paciente. Este concepto deberá ser revisado y se lo hará a continuación.

De las investigaciones científicas realizadas, mencionadas anteriormente, se obtuvieron conclusiones muy importantes. Algunas de ellas se refieren a que se debe considerar el cuerpo humano como una impedancia, y que la impedancia nominal del cuerpo por contacto *interno* con un conductor, puede ser evaluada en  $500\Omega$  (Ohmios)<sup>21</sup>.

---

<sup>21</sup> A nivel superficial, para los hombres el valor de la intensidad límite está en 16 mA, mientras que para las mujeres es de 10.5 mA. Para efectos prevencionistas, estos valores se reducen a 9 y 6 mA respectivamente.

También se ha podido establecer que una corriente máxima de  $10\mu A$ <sup>22</sup> (micro amperios) no llegaría a producir fibrilación ventricular. Utilizando estas cifras, se puede proyectar un sistema de seguridad, deduciéndose además que debe evitarse cualquier diferencia de potencial superior a 5 mV en el entorno del paciente:

$$R_{cuerpo} \leq 500\Omega$$

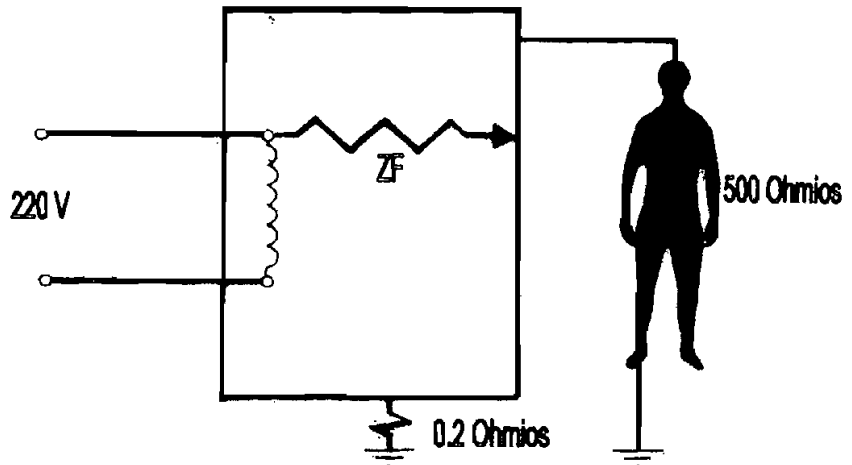
$$I_{m\acute{a}x} \leq 10\mu A$$

$$\Rightarrow V_{m\acute{a}x} \leq 500\Omega \times 10\mu A = 5mV$$

Es por esta razón que se debe mantener a igual potencial todas las partes metálicas de los equipos y accesorios eléctricos del entorno del paciente, o al menos vigilar que no haya diferencias de potencial superiores a los 5 mV indicados. Se debe recalcar el hecho de que se está siendo más estrictos con este nivel de voltaje, ya que la norma P-3 exige el límite de tan sólo 10mV, pero para este caso de impedancia y corriente fijados, se toma el valor de 5mV.

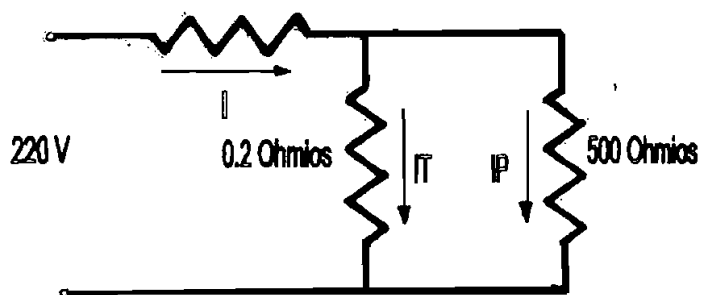
Sin embargo de esto, la situación hasta ahora normal de muchas Unidades de Terapia Intensiva o Quirófanos del Centro Quirúrgico, en que la protección eléctrica se confiaba a la red de tierra, puede verse que no es la mejor solución. A continuación se analizará el caso representado en la Figura 1.3.2.h. con una resistencia *ideal* de la conexión de tierra que se evalúa en  $0.2\Omega$ .

<sup>22</sup> Según norma NFPA No. 70 y norma ANSI/AAMI ES1 Parte 3.3.2.1.  
 GUIA PARA LA PLANIFICACION E INSTALACION DE EQUIPO MEDICO EN U.T.I. Y C.Q.C



**Figura 1.3.2.h. Protección por puesta a tierra.**

En esta situación, el paciente está conectado a tierra intencionalmente o por azar a través de un camino de baja impedancia. El equipo electromédico tiene una falla de aislamiento representado por la impedancia  $Z_F$ .

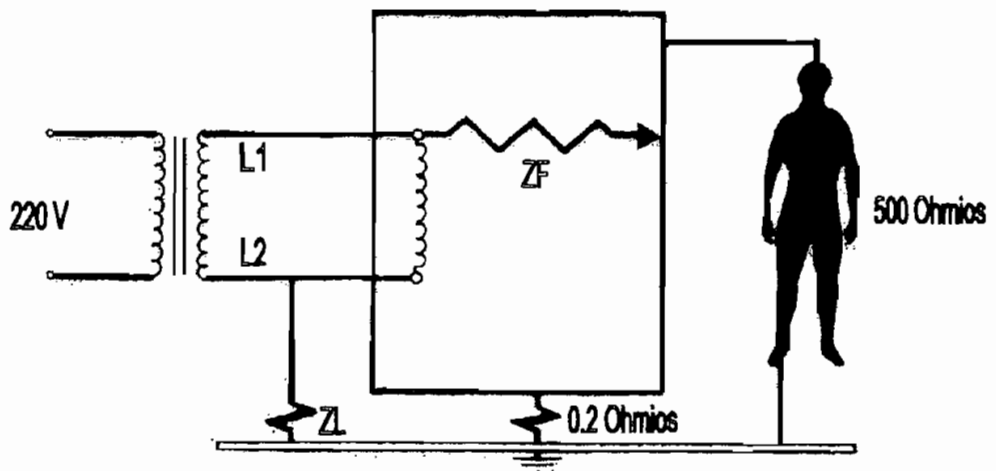


**Figura 1.3.2.i. Circuito equivalente de protección por puesta a tierra.**



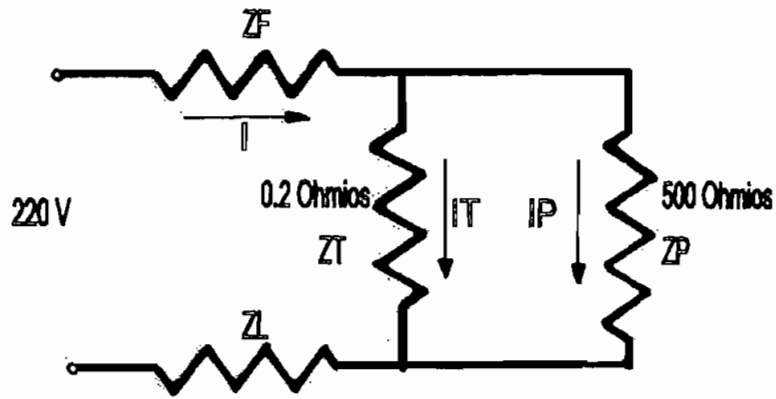
En la Figura 1.3.2.i. se muestra el circuito eléctrico equivalente a la situación presentada en la Figura 1.3.2.h. A pesar de la excelente conexión a tierra, se producirán en general corrientes peligrosas. La única protección se confía a los interruptores automáticos diferenciales, que desconectarían el suministro en caso de fugas, superiores a 30 mA, pero produciendo una situación también peligrosa si tiene lugar en el curso de una intervención quirúrgica o mientras se está utilizando un equipo de soporte de vida, como en el caso de un ventilador.

Por esto, la normativa moderna ha eliminado este tipo de protección y permite conseguir resultados superiores mediante el uso de circuitos aislados a tierra, como es el caso del sistema presentado en la Figura 1.3.2.j.



**Figura 1.3.2.j. Protección por sistema aislado.**

En esta figura se tiene una instalación por un transformador aislador. El circuito se cierra por una barra ecualizadora conectada a tierra. La única posibilidad de cerrar el circuito es a través de las pérdidas de aislamiento representadas por la impedancia  $Z_L$ .



**Figura 1.3.2.k. Circuito equivalente de protección por sistema aislado.**

En la Figura 1.3.2.k. está representado el esquema eléctrico equivalente del sistema presentado en la Figura 1.3.2.j.

Donde:

- $Z_L$ : Impedancia propia de la instalación  $> 50 \text{ K}\Omega$  según norma P-5
- $Z_F$ : Impedancia por defecto.
- $Z_T$ : Impedancia del conductor entre la masa de contacto considerada y la barra colectora de tierras igual a  $0.2\Omega$  según norma P-1.
- $Z_P$ : Resistencia del cuerpo humano en condiciones quirúrgicas igual a  $500\Omega$ , en condiciones de U.T.I. igual a  $1,500\Omega$ .
- $I_F$ : Corriente total de falla.
- $I_T$ : Fracción de corriente  $I_F$  a través del cuerpo del paciente.
- $V_{AC}$ : Alimentación eléctrica del transformador de aislamiento.

El valor de la intensidad de corriente de falla  $I_F$  será:

$$I_F = \frac{V_{AC}}{Z_F + Z_L + \frac{Z_T \times Z_P}{Z_T + Z_P}}$$

Si:  $Z_F = 0\Omega$ ;  $Z_T = 0.2\Omega$ ;  $Z_P = 1,500\Omega$ , según se estableció anteriormente.

En cualquier caso:  $Z_P \gg Z_T$

$$\Rightarrow \frac{Z_T \times Z_P}{Z_T + Z_P} \cong Z_T$$

$$\Rightarrow I_F = \frac{V_{AC}}{Z_F + Z_L + Z_T}$$

$$I_F = \frac{220V}{0 + Z_L + 0.2} = \frac{220V}{50000 + 0.2} = 4.4mA$$

Entonces, se puede apreciar que la intensidad  $I_F$  depende claramente de  $Z_L$ , y si esta impedancia se mantiene superior a  $50K\Omega$ , la  $I_F$  estará por debajo de 4 mA.

Aún en el caso de que el equipo electromédico tuviera un franco contacto de una línea con masa, la gran impedancia  $Z_L$  sigue evitando el paso de corriente, que por el cuerpo del paciente no será superior a  $1\mu A$ , ya que:

$$I_P = I_F \frac{Z_T}{Z_T + Z_P} = 4.4mA \frac{0.2}{0.2 + 1500} = 0.59\mu A$$

Que es inferior a los  $10\mu A$  permisibles indicados anteriormente.

Para el caso de vigilancia de impedancia:

$$I_F = 4mA \Rightarrow I_P = 0.53\mu A$$

Igualmente inferior a los  $10\mu A$  permisibles.

Si la resistencia de conexión de tierra ( $Z_T$ ) fuese muy superior, en la misma proporción aumentaría la intensidad derivada por el cuerpo del paciente ya que aquel fácil camino a tierra se vería ahora obstaculizado.

Se debe, entonces, dar la importancia que merece a una buena instalación de tierra por barra equipotencial.

Ahora bien, si  $Z_F = 0$ , se ha establecido una referencia tierra del circuito antes aislado y se estaría expuesto a la situación de las Figuras 1.3.2.h. y 1.3.2.i. Por ello es preciso vigilar estas falla, ya sea la impedancia  $Z_F$  de falla de un equipo o la impedancia  $Z_L$ <sup>23</sup> de cualquiera de las dos líneas del circuito<sup>24</sup>.

Se habla de impedancia porque la corriente derivada a tierra puede existir no sólo por pérdida de aislamiento de resistencia sino también por la capacidad que se establece entre una línea y tierra. Se deberá recordar que la componente de los dos vectores genera la intensidad total.

Por esto, un instrumento esencial en los sistemas aislados cuando se utiliza un transformador de aislamiento es el monitor de aislamiento de línea LIM, que detecta tanto  $Z_F$  como  $Z_L$ , como ambas en conjunto, y transforma esta medición en la cifra de intensidad de corriente que pasaría a tierra, en caso de que hubiera un franco contacto de líneas a masa o de línea a tierra, alertando así para una posible falla con una corriente perjudicial al paciente.

En la Figura 1.3.2.i.1. se muestra la conexión típica de un LIM y su apariencia en la escala de medida, y en la Figura 1.3.2.i.2. se muestra un LIM que irá conectado al tablero aislado de protección.

---

<sup>23</sup> Debido al efecto de falla de aislamiento.

<sup>24</sup> Tomado en referencia a tierra.

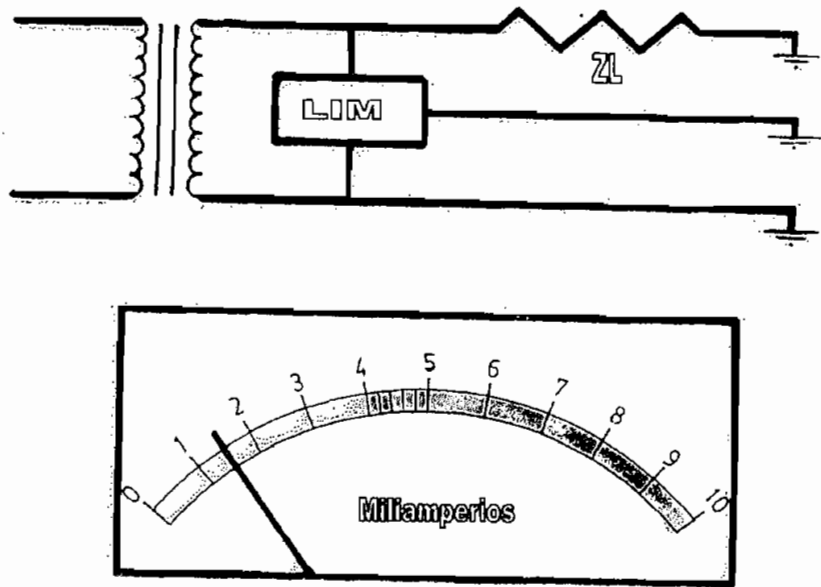


Figura 1.3.2.1.1. Instalación de un monitor de aislamiento de línea LIM.

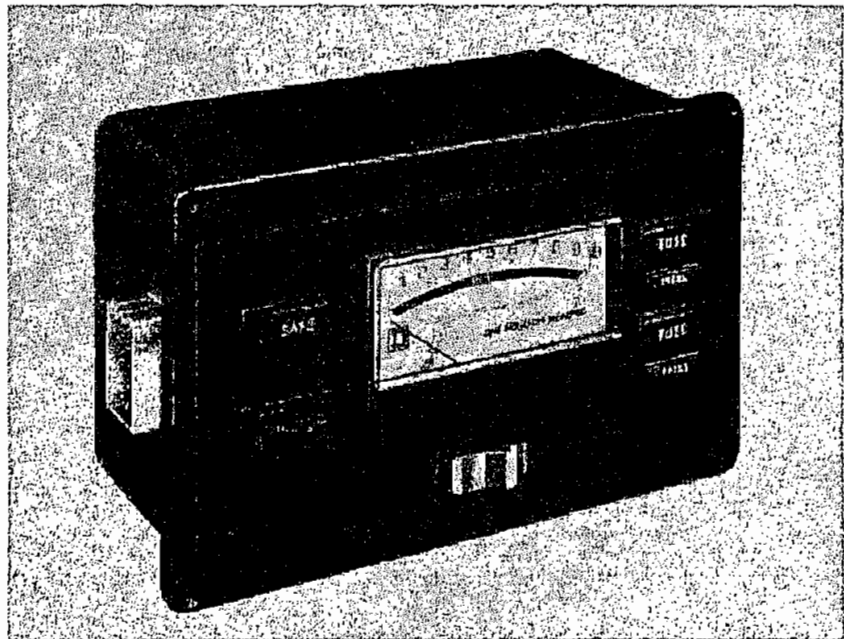


Figura 1.3.2.1.2. Apariencia física de un monitor de aislamiento de línea LIM.

Si la aguja señala 4mA, se entiende que en caso de producirse un franco contacto a masa o a tierra, se generaría una corriente de sólo 4mA.

Si indicara  $\infty$ , significaría que existe ya una conexión franca a tierra y que una nueva falla produciría una corriente infinita. En realidad, pues, predice la corriente que se generaría en caso de falla grave (franco contacto), corriente que no se produciría hasta que tal falla existiese. Existe un pequeño rango de tolerancia entre 4mA y 5mA para cuando está dentro de este rango, generando una alerta aunque no sonora ni visible.

Cuando la corriente supere los 5mA, se deberá producir una señal acústica y luminosa. Si la aguja se mantiene ligeramente por encima de los 5mA, la operación (o el uso del respirador de presión positiva) que tuviere lugar en aquel momento puede continuar; el personal de enfermería puede silenciar la alarma acústica, en cuyo caso permanecerá sólo la señal óptica que indica que debe revisarse la instalación para restablecer los valores de seguridad.

Si en cambio, la aguja del monitor señalara infinito ( $\infty$ ), será prudente interrumpir la intervención quirúrgica o procedimiento de sustentación de vida (respirador de presión positiva) y sustituir el equipo responsable.

Para verificar el adecuado funcionamiento del LIM, se procederá de la siguiente manera:

- \* Para verificar la falla de impedancia, ésta deberá ser insertada directamente al LIM con todo el cableado del secundario del

transformador desconectado, y su valor se podrá calcular de la siguiente manera<sup>25</sup>:

$$R = \frac{E}{I}$$

Donde: E: Voltaje del sistema

I: Nivel de corriente peligroso al que alcanzará la falla en [A].

R: Impedancia de falla en ohmios.

\* Para verificar la falla capacitiva, su valor vendrá dado por<sup>26</sup>:

$$C = \frac{1}{0.377R}$$

Donde: R: Impedancia de falla en ohmios, calculada anteriormente.

C: Capacitancia de falla en Faradios.

El LIM deberá sonar para una impedancia dentro del 10% de estos valores calculados, si no, éste puede estar descalibrado o averiado.

La norma NFPA 56 A recomienda que se utilice la siguiente fórmula para probar la falla del LIM:

$$R = 200 \times V_s$$

Donde  $V_s$ : es el Voltaje del sistema.

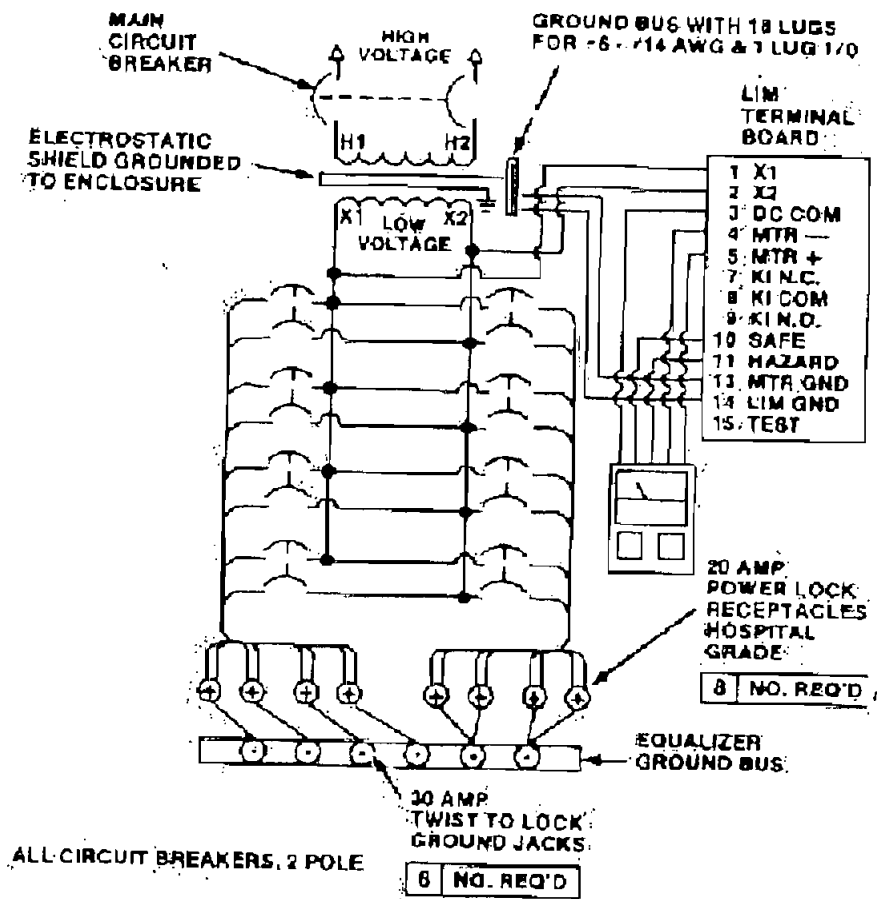
Así que para el caso de los sistemas más frecuentes que se utilizarán será de 120  $V_{AC}$  se tiene que:

$$R = 200 \times 120 = 24K\Omega$$

<sup>25</sup> Tomado del manual de diseño de LIM de SQUARE D COMPANY.

<sup>26</sup> Tomado del manual de diseño de LIM de SQUARE D COMPANY.

En la Figura 1.3.2.m. se muestra una distribución típica de conexión de un tablero de aislamiento y los circuitos de protección asociados.



Cortesía de SQUARE D COMPANY

Figura 1.3.2.m. Esquema de protección para un sistema aislado.

El detalle de los esquemas de protección de los tableros de aislamiento, así como sus especificaciones, que se utilizarán en la propuesta de diseño de la Unidad de Terapia Intensiva y del Centro Quirúrgico Central se describirán con más detalle en los Capítulos II y III respectivamente.

Para evitar los problemas mencionados, es preciso que antes de utilizar los equipos en una intervención quirúrgica, proceso de sustentación de



vida o monitoreo, éstos sean sometidos a una inspección técnica y se midan sus corrientes de fuga; así mismo debe comprobarse la continuidad de las conexiones a tierra.

Para que las corrientes de fuga sean mínimas, también debe cuidarse la calidad de los componentes del circuito, transformador, monitor, cables, etc.

Para completar la protección de los sistemas aislados debe especificarse así mismo una correcta instalación de tierra (analizado y calculado anteriormente) y una conexión equipotencial de todas las masas metálicas (a analizarse a continuación). Para la conexión equipotencial, existe una norma de protección mencionada anteriormente como Norma P-2.

### **PISO CONDUCTIVO CON MALLA DE COBRE.**

Como se indicó anteriormente, las superficies equipotenciales aseguran un espacio confiable y libre de riesgos para el paciente y personal médico que lo atiende. Para poder completar estas superficies equipotenciales, se debe realizar una sola pregunta y es ¿qué sucede con el piso que puede almacenar carga estática y/o generar un potencial no deseable?.

La contestación a este interrogante es el análisis que se realizará en este acápite, pues se debe tomar en cuenta que si todos los equipos electromédicos y accesorios metálicos utilizados en la cercanía de un paciente están a un mismo potencial, éstos utilizan (por requerimiento

mínimo) garruchas de vinyl conductivo, colchonetas de vinyl conductivo, etc., asegurando así un paso para las corrientes de fuga, pero el piso no lo es según las exigencias indicadas hasta este momento.

Para cubrir este último requisito, la resistencia eléctrica del piso conductivo de un área especial en donde estará un paciente sometido a una intervención quirúrgica o a un proceso de sustentación de vida deberá ser<sup>27</sup>:

- \* Medido entre los electrodos del equipo de prueba: desde 25,000 hasta 1,000,00 ohmios; es decir, de 25 K $\Omega$  a 1 M $\Omega$ .
- \* Medido entre el piso a tierra: mayor a 25,000 ohmios; es decir, mayor a 25 K $\Omega$ .

El vinyl conductivo deberá proveer una velocidad de eliminación de las cargas estáticas de 5,000 V en menos de 0.03 segundos.

La norma ASTM F-150 calificada como "*Standard Test Method for Electrical Resistance of Conductive Resilient Flooring*" y la norma NFPA 99 calificada como "*Standard for Health Care Facilities*" utilizan como instrumento de medida de la resistencia eléctrica del piso conductivo un ohmetro standard para medir la resistencia de la superficie entre dos electrodos de 5 libras de peso cada uno y separados entre sí por 91.44 cm (3 pies), o la resistencia del piso a tierra entre un electrodo simple y la conexión a tierra.

El equipo de medida de la resistencia del piso conductivo debe consistir de:

---

<sup>27</sup> Según las normas NFPA 99 y ASTM F-150.

- \* Un ohmetro de voltaje nominal de circuito abierto de 500V y una corriente de cortocircuito de 2.5 a 10 mA, capaz de medir resistencias desde 10K $\Omega$  hasta 10M $\Omega$ .
- \* Dos electrodos de metal con terminales para conexión al ohmetro. Cada electrodo debe pesar 5 libras y tendrá un área circular seca y lisa de 6.35 cm (2.5 pulgadas) de diámetro.

El vinyl conductivo antiguo iba colocado sobre una malla de cobre la misma que estaba distribuida uniformemente para asegurar una completa conducción entre las piezas del vinyl. En la actualidad se ha encontrado una resina epóxica adhesiva conductiva que permite la eliminación de la malla de cobre, abaratándose así la implementación del piso de vinyl conductivo. La unión del vinyl conductivo hacia los conductores del sistema de tierras del Hospital se realizará mediante bandas de cobre suministradas por el fabricante VPI (del vinyl como de la resina epóxica adhesiva conductiva) de acuerdo a la siguiente proporción<sup>28</sup>:

Banda de cobre de 61 cm (2 pies) de largo por cada 23.2 m<sup>2</sup> (250 pies<sup>2</sup>), que podrá ser distribuida en el área a discreción del instalador y/o diseñador.

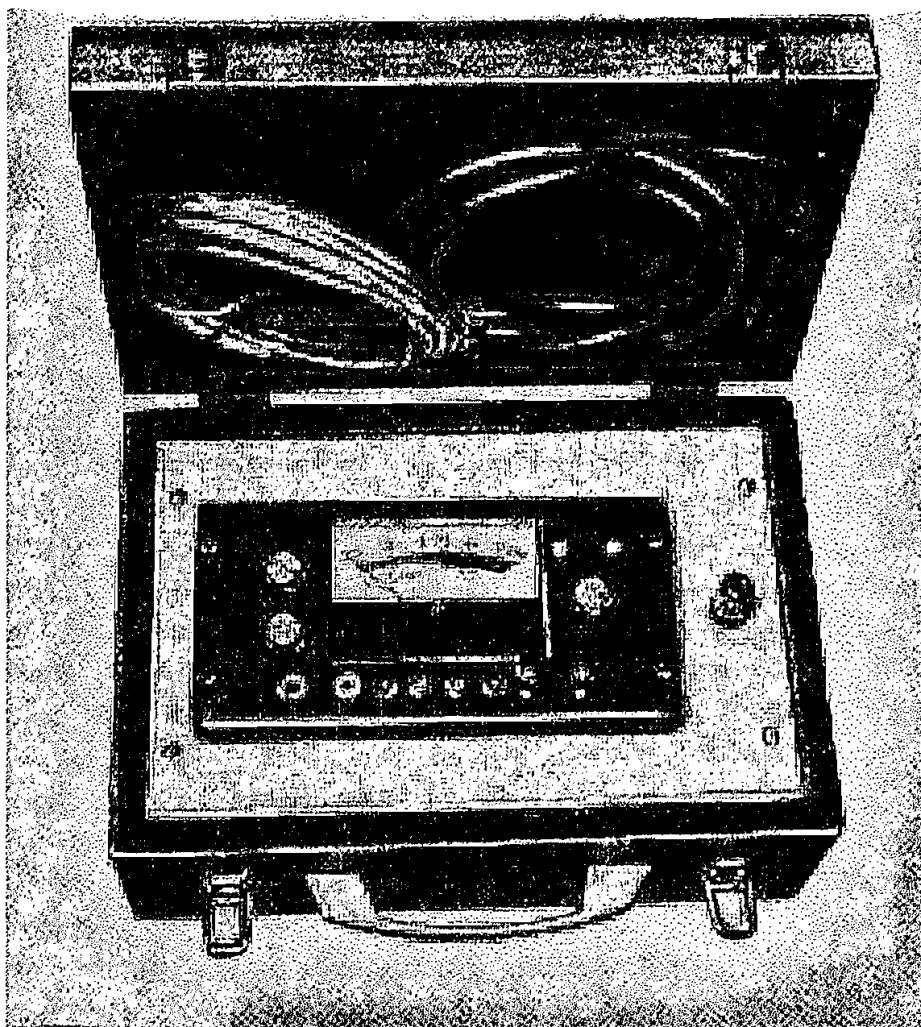
Se deberá tomar en cuenta que la preparación del piso, previa la instalación del vinyl conductivo con la resina epóxica adhesiva conductiva, deberá ser extrema, lo que exige que sea lo más lisa y pulida posible, pues si existiera una rugosidad en el piso generaría un mal contacto y por ende una resistencia indeseable.

---

<sup>28</sup> Recomendación dada por el fabricante de vinyl conductivo VPI Vinyl Plastics, Inc.

Además se deberá proveer un cable de tierra (conectado al panel de distribución eléctrica más cercano o al tablero aislado), que puede ser AWG #10 o AWG #12, empotrado a la pared el mismo que saliendo de ésta será conectado al cable o banda terminal (típicamente de 2 x 24 pulgadas) de la banda metálica unida con la resina epóxica adhesiva conductiva al vinyl instalado en el piso.

El equipo de medida que permitirá verificar el estado de aislamiento o conducción del piso conductivo, que anteriormente se describió, se muestra en la Figura 1.3.2.n.



**Figura 1.3.2.n. Medidor de aislamiento de pisos conductivos.**

Actualmente es usual ordenar todos estos elementos (transformadores de aislamiento, monitores LIM, alarmas remotas y locales, monitores de aislamiento, etc.) en paneles integrados llamados de protección o de aislamiento que garanticen la seguridad eléctrica de la instalación de las áreas críticas de alto riesgo de los Hospitales, tales como Unidades de Terapia Intensiva, Quirófanos del Centro Quirúrgico Central, Salas de Parto, etc., los mismos que serán analizados y presentados gráficamente en los capítulos II y III cuando se propongan los diseños de las áreas de U.T.I. y C.Q.C.

A pesar de todos estos controles y sistemas de seguridad, se debe puntualizar que la seguridad eléctrica en los Hospitales es un problema complejo en el que deben considerarse muchos conceptos relacionados entre sí.

La seguridad y la confiabilidad eléctrica no deberían resolverse en términos simples mediante la sola instalación de los tableros de aislamiento; no cabe duda que ellos constituyen un elemento importante dentro de las medidas de seguridad, pero se debe considerar también las características del resto de la instalación. Una solución incompleta o incorrecta no sería en este caso una verdadera solución. Es tan alto el riesgo del uso de electrodos o intervenciones quirúrgicas en un paciente que, siempre que se los realice, se debe tener al alcance y a disposición todo el equipo de reanimación. Los instrumentos indicadores de las fallas descritas son fáciles de operar y deben ser utilizados por el personal médico y auxiliar cada vez que esta situación se dé.

### ⑦ Norma P-6. Separación eléctrica de un circuito individual<sup>29</sup>.

Esta norma se refiere a la separación eléctrica de un solo circuito, es decir que solamente un equipo se conectará a un transformador de aislamiento.

Generalmente esta disposición se aplica en algunos equipos especiales, como los de hidroterapia, o en equipos cuyas exigencias en cuanto a corrientes de fuga puedan superar las limitaciones medidas del conjunto de equipos electromédicos que componen la dotación del ambiente hospitalario.

### ⑧ Norma P-7. Bajos voltajes de seguridad<sup>30</sup>.

Esta norma se refiere a la adopción de bajos voltajes de seguridad, no pudiendo exceder éstos de 24V en corriente alterna o 50 V en corriente continua.

Las fuentes de energía utilizadas serán: un transformador de aislamiento u otra fuente que deberá tener por lo menos la misma separación y aislamiento a tierra que los exigidos para dicho transformador. Las partes vivas no se conectarán a partes vivas o conductores de protección que forman parte de otros circuitos, esto incluye a tierras.

Cuando la utilización del equipo exige de forma imperante ser conectado a partes ajenas del circuito más próximo, deberá asegurarse que éstas no pueden adquirir un voltaje que exceda del determinado como límite para el voltaje del circuito propio. Los circuitos correspondientes a los de bajo voltaje de seguridad estarán físicamente

---

<sup>29</sup> Siguiendo lo establecido por la instrucción MIBT 021 apartado 2.1.

<sup>30</sup> Siguiendo lo establecido por la instrucción MIBT 021 apartado 2.2.

✱ Medidas referentes al uso adecuado de los Equipos Electromédicos.

Aún en el supuesto de que sean cumplidas escrupulosamente las normas destinadas a minimizar los efectos no deseados de las corrientes eléctricas en los equipos electromédicos y en la instalación eléctrica de baja tensión en los ambientes de uso médico, queda abierta la posibilidad de fallas que ocasionen daños al paciente como consecuencia de una inadecuada utilización de los equipos médicos. Es evidente que se hace casi imposible establecer una normativa que se deberá seguir para su utilización por la variedad de criterios existentes; sin embargo, se establecerán los problemas que podrían suceder para minimizar los riesgos.

Generalmente los distintos equipos destinados a utilización electromédica son entregados con la suficiente información tanto gráfica como de literatura relativa a su uso y mantenimiento que, si son seguidas fielmente, proporcionan un margen de seguridad conveniente. Sin embargo, dos equipos electromédicos, que por separado y bien utilizados ofrecen una suficiente garantía para el paciente y médico, pueden resultar peligrosos cuando actúan simultáneamente sobre un mismo paciente. Así, por ejemplo se tiene, las quemaduras que aparecen en la piel del paciente bajo los electrodos de un equipo de ECG, como resultado del uso conjunto con un equipo de alta frecuencia como es el electrobisturí. En la Figura 1.3.2.o. se ha representado a un paciente sometido a la acción combinada de un electrobisturí (izquierda) y de un monitor de ECG. El electrobisturí es del tipo flotante (floating); es decir, no conectado a tierra para las altas frecuencias, si bien para las bajas frecuencias se conecta a través del choque  $L_1$  el cual a su vez

con  $C_1$  y  $C_2$  forma un circuito oscilante. Estas capacidades  $C_1$  y  $C_2$  son las que corresponden a efectos capacitivos de fuga en devanados y circuitos. El equipo de ECG representado corresponde a un modelo apto para su funcionamiento conjuntamente con un equipo de alta frecuencia. En efecto, la adecuada conexión de los electrodos con ambos equipos conectados al neutro a una placa común N, no supone una indeseada puesta a tierra del electrobisturí a través del monitor de ECG ya que la acción del choque  $L_2$  bloqueará el paso de la alta frecuencia en un posible camino a tierra.

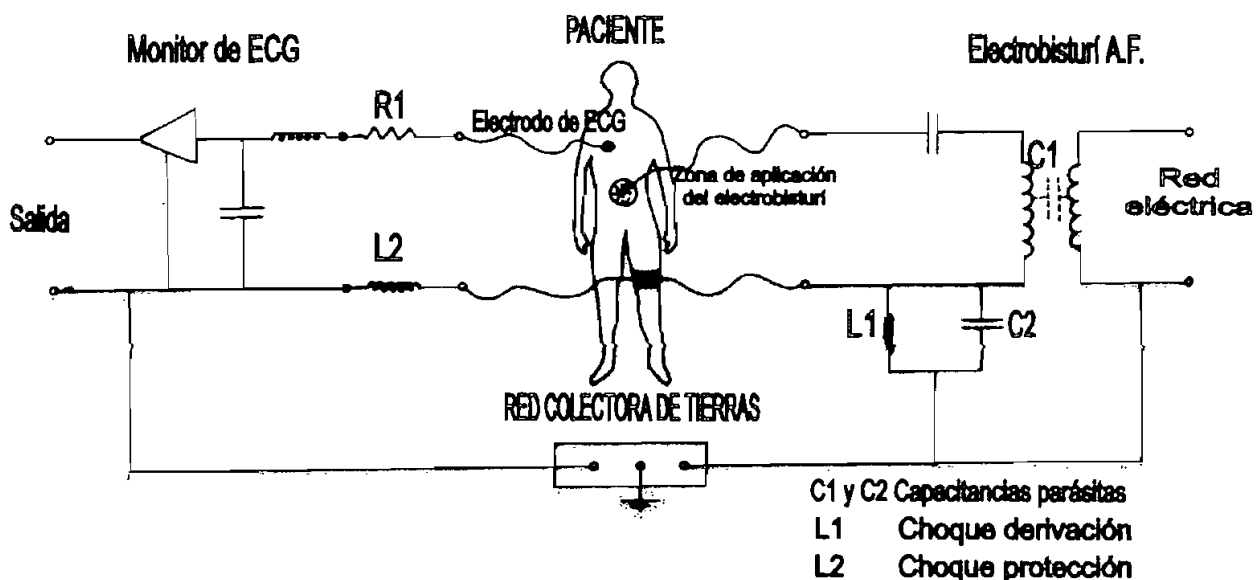


Figura 1.3.2.I. Efectos del uso de dos equipos en forma simultánea.

Considerar ahora un modelo de monitor de ECG destinado exclusivamente a vigilancia intensiva y en el cual, como es frecuente, no existe ni el choque  $L_2$  ni la resistencia  $R_1$ . En tal caso, el electrodo quirúrgico neutro se conecta a tierra a través del conductor neutro del monitor, al igual que todas las piezas metálicas del quirófano, abriendo un camino para la fuga incontrolada de corriente en alta frecuencia



desde el polo activo del electrobisturí a tierra a través del cuerpo del paciente. De esta manera se puede observar como dos equipos que separadamente cumplen sus objetivos sin riesgos en una unidad de vigilancia, pueden resultar peligrosos funcionando conjuntamente.

Se puede pensar que la solución a este problema sería el utilizar un monitor con las protecciones como las indicadas en el primer caso (con choque  $L_2$  y resistencia  $R_1$ ), y el lector está en lo cierto, pues el Ingeniero Biomédico es el encargado de analizar los posibles problemas que se pueden presentar al conectar a un mismo paciente varios equipos para sugerir y recomendar su utilización o prohibirla, para lo cual deberá analizar cada equipo independientemente y su efecto al conectar a otros equipos.

De todo lo explicado, para las medidas concernientes a la aplicación de los equipos electromédicos se puede concluir que, un adecuado análisis de situación evitaría los riesgos indeseables, que en nuestro medio, sin el concurso de un Ingeniero Biomédico, serían imposibles de evitar, ya que, como es de conocimiento general, el personal médico que va a usar un equipo nuevo pone más atención a cómo operarlo antes de pensar en cómo usarlo adecuadamente siguiendo las especificaciones y acatando las prohibiciones del fabricante.

#### 1.4. Definición de una Unidad de Terapia Intensiva (U.T.I.) Tipo.

Luego de haber realizado el análisis de las condiciones orgánicas humanas y sus parámetros de Seguridad Eléctrica, es necesario establecer la definición, contexto y marco operativo dentro del cual va a funcionar el Centro Quirúrgico Central y la Unidad de Terapia Intensiva para que, al proponer los diseños de implementación y/o optimización de su Unidades ya existentes, puedan cumplir con sus objetivos y requerimientos funcionales. A continuación se plantearán estos requisitos previos.

*"La Unidad de Terapia Intensiva (U.T.I.) es un servicio para concentración de enfermos en estado crítico, potencialmente reversibles, que cuenta con personal médico y paramédico adiestrado en el manejo de equipos electromédicos para apoyo orgánico-funcional y vigilancia continua de variables vitales. Está organizado de modo que integra la atención médica temporal de esta área con los servicios de cuidados intermedios de la propia unidad o con los que se proporcionan en el resto del Hospital"<sup>31</sup>.*

Un *enfermo en estado crítico* es un paciente en peligro inminente de perder la vida por alteración de una o varias de sus funciones vitales, y que para conservarla requiere no sólo de atención continua y especializada sino asistencia mediante sistemas que complementen o suplan dichas funciones. Las alteraciones fisiológicas agudas que ponen en peligro su vida, pueden ser reversibles con tratamiento y cuidados especiales.

*Cuidado intensivo* es una conducta multidisciplinaria para proporcionar técnicas de reanimación y de apoyo orgánico-funcional en órganos vitales agudamente lesionados en enfermos en estado crítico y potencialmente recuperables.

Las Unidades de Terapia Intensiva son servicios cuyo fin es disminuir la morbimortalidad del paciente en estado crítico. Estas unidades están integradas por personal médico y paramédico especializado en medicina crítica, y en ellas se utilizan todos los recursos científicos disponibles en la actualidad.

De lo indicado, se deduce que la U.T.I. con todos los adelantos electrónicos, mecánicos y con personal adecuado, maneja un número ilimitado de enfermos cuyas probabilidades de sobrevivencia son altas con un tratamiento lógico y congruente.

Los objetivos de una U.T.I. son:

- Salvar la vida de pacientes graves mediante la atención eficaz y oportuna durante un estado crítico.
- Acortar el período crítico de la enfermedad aguda.
- Facilitar la vigilancia continua de los pacientes en estado crítico.
- Contribuir a la prevención de secuelas e invalidez.
- Colaborar en programas de enseñanza e investigación.

Para cumplir con estos objetivos se deberá:

- Concentrar a los pacientes en estado crítico en una sola área, en la que puedan recibir atención integral para los problemas que amenazan su vida.
- Concentrar y aprovechar al máximo los recursos humanos, físicos y técnicos de diagnóstico y tratamiento relacionados con el enfermo agudo grave.

### 1.5. Definición de un Centro Quirúrgico Central Tipo.

El Centro Quirúrgico Central es un servicio para concentración de corto tiempo (mientras dure la cirugía) de enfermos en estado crítico, que requieren de una cirugía de extirpación, reemplazo (transplantes), corrección de anomalías fisiológicas o funcionales, asepsia de órganos internos, partos, etc., que cuenta con personal médico y paramédico adiestrado en el manejo de equipos electromédicos para apoyo orgánico-funcional, corte/coagulación de órganos, sedación y mantención de esta condición, asistencia vital en reemplazo de órganos que están siendo reparados (por ejemplo bomba de circulación extracorpórea mientras dura la cirugía de corazón) y vigilancia continua de las variables vitales. Está organizado de modo que integra la atención médica temporal de esta área con los servicios de cuidados intermedios de la Unidad de Recuperación, y/o con la Unidad de Terapia Intensiva si el caso lo amerita.

El Centro Quirúrgico Central, al igual que las Unidades de Terapia Intensiva, es un servicio cuyo fin es disminuir la morbimortalidad del paciente en estado crítico, evidentemente cada servicio con su forma muy particular de tratar al paciente.

En virtud de la variedad de tipos de cirugía que se desarrollan en un Centro Quirúrgico Central, se tendrá la clasificación de los Quirófanos de acuerdo a su disciplina. Así, existirán Quirófanos de:

- ☞ Cirugía general
- ☞ Cirugía Cardiológica
- ☞ Cirugía Vasculat
- ☞ Urología
- ☞ Neurocirugía
- ☞ Cirugía Oncológica
- ☞ Traumatología
- ☞ Otorrinolaringología
- ☞ Oftalmología
- ☞ Proctología

- ☞ Ginecología
- ☞ Salas de Parto
- ☞ Estomatología
- ☞ Maxilo-facial
- ☞ Cirugía Torácica
- ☞ Cirugía Laparoscópica
- ☞ Cirugía Plástica

De lo supracitado, se puede observar que un Centro Quirúrgico Central con todos los adelantos electrónicos, mecánicos y con personal adecuado, maneja un número ilimitado de enfermos en las distintas disciplinas cuyas probabilidades de sobrevivencia son altas con una intervención totalmente adecuada y segura.

Los objetivos de un Centro Quirúrgico Central son:

- ☞ Salvar la vida de pacientes graves mediante la intervención quirúrgica (cirugía) eficaz y oportuna durante un estado crítico.
- ☞ Acortar el período crítico de la enfermedad aguda.
- ☞ Contribuir a la prevención de secuelas e invalidez.
- ☞ Colaborar en programas de enseñanza e investigación.

Para cumplir con estos objetivos se deberá:

- ☞ Concentrar a los pacientes en estado crítico que están siendo intervenidos quirúrgicamente en una sola área, en la que puedan recibir atención integral para los problemas que amenazan su vida.
- ☞ Concentrar y aprovechar al máximo los recursos humanos, físicos y técnicos de intervención quirúrgica relacionados con el enfermo agudo grave.

## C A P Í T U L O   I I

### **Planificación de una Unidad de Terapia Intensiva.**

Una vez definida, en el capítulo anterior, la Unidad de Terapia Intensiva desde un punto de vista funcional, ahora es necesario establecer los requerimientos para su conformación. Estos requerimientos serán de tipo físico, necesidades de equipos médicos, instalaciones centralizadas asociadas, así como también de la infraestructura soporte que deberá disponer. Estos requerimientos han sido recopilados de las recomendaciones internacionales existentes<sup>1</sup>, de las recomendaciones de personal médico íntimamente ligado a estas áreas críticas, y del fruto de la experiencia adquirida a través de los años de trabajo realizado en estas áreas críticas por parte del autor de esta tesis, lo que ha posibilitado crear la siguiente propuesta de diseño para la Unidad de Terapia Intensiva Tipo.

#### 2.1. Propuesta de una Unidad de Terapia Intensiva Tipo.

La Unidad de Terapia Intensiva Tipo (U.T.I. Tipo) deberá disponer de todos los requerimientos al alcance de la tecnología y, más que eso, reunirá todas las exigencias tecnológicas que deben existir para cumplir con las normas que se han establecido en el capítulo anterior referente a la Seguridad Eléctrica, que es el principal requerimiento analizado en este trabajo; obviamente, sin dejar a un lado el resto de necesidades tanto de espacio físico mínimo, como de infraestructura soporte para su conformación, como es el caso de los sistemas de comunicación, iluminación y contra incendios que aquí, por lo extenso de cada tema, no se los analizará a profundidad, sino más bien se los indicará para que la

propuesta cubra todos los requerimientos y sea integral. Si se desea profundizar sobre estos temas, se recomienda consultar las referencias bibliográficas indicadas al final de este trabajo. A continuación se detallan estos requisitos para que puedan ser implementados.

### 2.1.1. Recursos físicos.

*Planta física:* deberá estar ubicada donde se encuentran los servicios de urgencia del Hospital como: Admisión Hospitalaria, Centro Quirúrgico, Terapia Intermedia, Respiratoria, Recuperación, Imagenología y Laboratorio Especializado.

La capacidad de la Unidad debe ajustarse a la cuantificación de pacientes graves y será de 8 a 10% de la capacidad total de camas. Sin embargo, se considera que para lograr una operatividad efectiva, el tamaño de la Unidad no debe ser mayor a 12 camas (12 cubículos). Si existieran necesidades para más de 12 camas, es preferible considerar la construcción de una segunda Unidad. El área para cada cama (cubículo de paciente) requiere un promedio de 12 metros cuadrados con dimensiones no menores a 3.3 x 3.6 metros, de tal forma que se disponga de 1.20 metros a los lados y en un extremo de la cama.

Debe asignarse el área suficiente para una estación central de enfermería que permita la observación directa a todos los pacientes, así como también el control global de sus parámetros vitales monitorizados sin necesidad de tener que desplazarse hacia el cubículo del paciente, hasta que esto sea necesario para atenderlo o corregir cualquier anomalía presentada.

---

<sup>1</sup> Compilados de las referencias bibliográficas # 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 y 20.

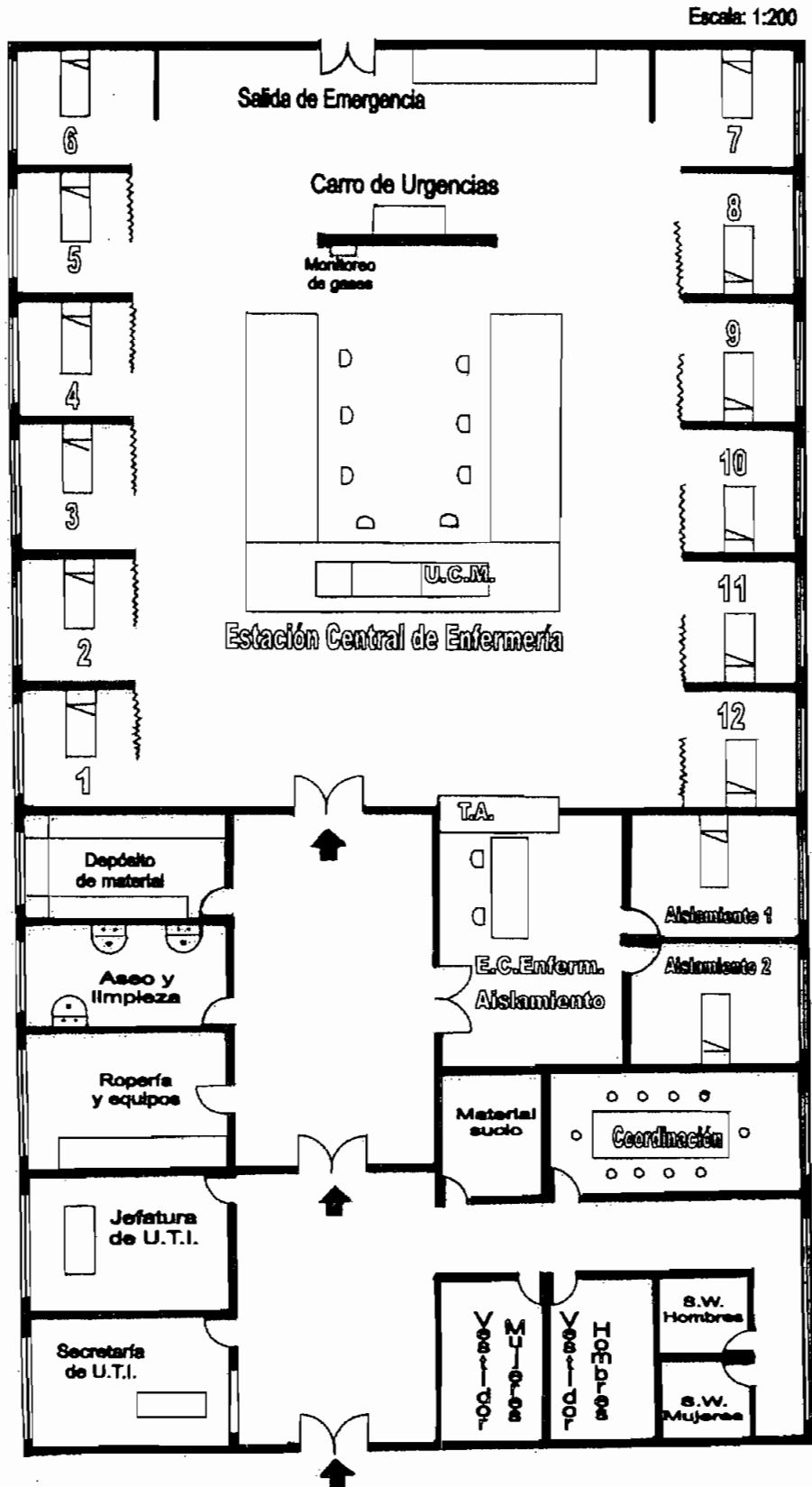


Figura 2.1.1.a. Esquema de la planta física de una U.T.I. Tipo.



En la Figura 2.1.1.a. anterior se presenta el esquema de la planta física de una Unidad de Terapia Intensiva Tipo, en el que se indica las áreas necesarias requeridas en la planificación.

Se debe contar con un área para depósito de material, equipos, medicamentos, cuarto séptico (aislamiento), ropería, servicios sanitarios, cuarto de aseo. Se deberá disponer de espacio para oficinas de coordinación médica y personal de secretaría.

El diseño de la Unidad debe considerar cuatro condiciones: accesibilidad, observabilidad, comodidad y privacidad para los pacientes.

En la Figura 2.1.1.b. se indica la distribución de uno de los cubículos, en donde están ubicados físicamente, tanto los equipos, instalaciones centralizadas, como el mobiliario imprescindible y suficiente, numerados de acuerdo a la siguiente lista:

Item	Descripción del ítem
1	Alimentación general o línea de distribución del edificio.
2	Distribución en la planta o derivación individual.
3	Tablero de distribución en la Unidad de Terapia Intensiva.
4	Suministro complementario desde generadores de emergencia.
5	Transformador de aislamiento tipo médico.
6	Dispositivo de vigilancia de aislamiento y/o monitor de detección de fugas.
7	Radiador de calefacción central.
8	Marco metálico de ventanas.
9	Monitor de parámetros vitales. Tipo de conexión para ítem 21 y Electrocardiógrafo.
10	Respirador de presión positiva tipo electrónico. Tipo de conexión para ítems 13, 14, 15 y Gasómetro.
11	Tomas de pared de suministro de gas.
12	Cuadro de alarmas del dispositivo de vigilancia de aislamiento.
13	Unidad de hipo-hiper termia.
14	Bomba móvil de succión de presión variable.
15	Bombas de infusión.
16	Cama-camilla eléctrica.
17	Lámpara de examen.
18	Tablero de distribución de energía para equipos médicos.
19	Equipo de Rayos X móvil y/o Equipo de Rayos X de Arco en C.
20	Interruptor de protección diferencial para toma de Equipo de Rayos X.
21	Monitor de electrocardiografía, registro en papel y desfibrilador/cardioversor.
22	Negatoscopio de pared.
23	Toma de pared para equipo de Rayos X.
24	Esfigmomanómetro o tensiómetro de mercurio de pared.
25	Mesa de medicamentos, auxiliar o de comida.
26	Estantería metálica para medicamentos y/o accesorios.

Detalle de tablero de aislamiento  
en la Figura 2.1.1.c.

Escala: 1:20

Detalle de tomas rápidas de gases

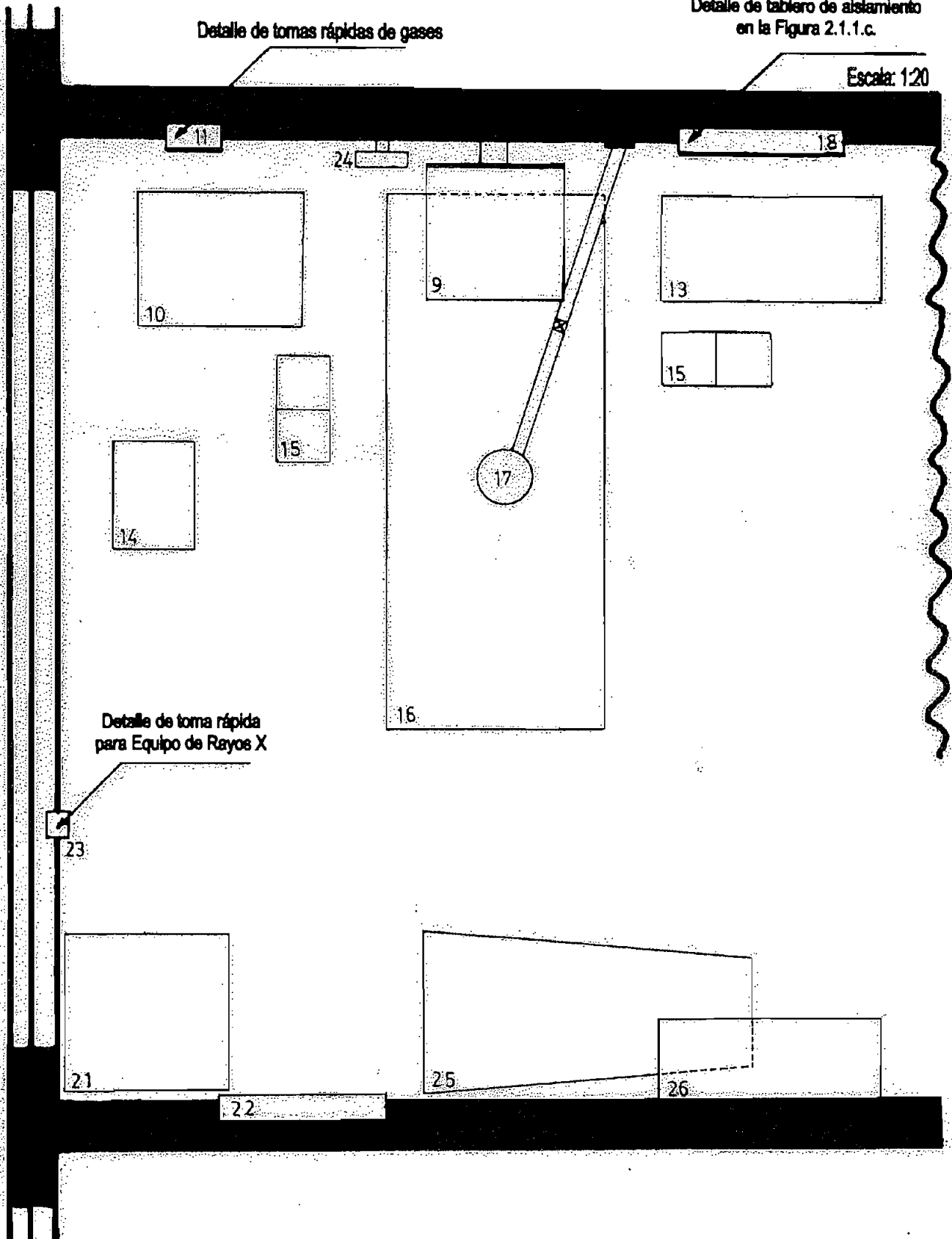


Figura 2.1.1.b. Esquema de distribución de un cubículo de paciente para una U.T.I. Tipo.

En la Figura 2.1.1.c. se presenta el detalle del Tablero de aislamiento para una U.T.I. Tipo del que se tomará la alimentación eléctrica aislada para los equipos que la requieran. Este tablero deberá ser de máximo  $10\text{KVA}^2$ ,  $220\text{VAC}$  (protección de  $30\text{A}$ ) en el primario y  $110\text{VAC}$  (protecciones de  $8\text{A}$ ) en el secundario.

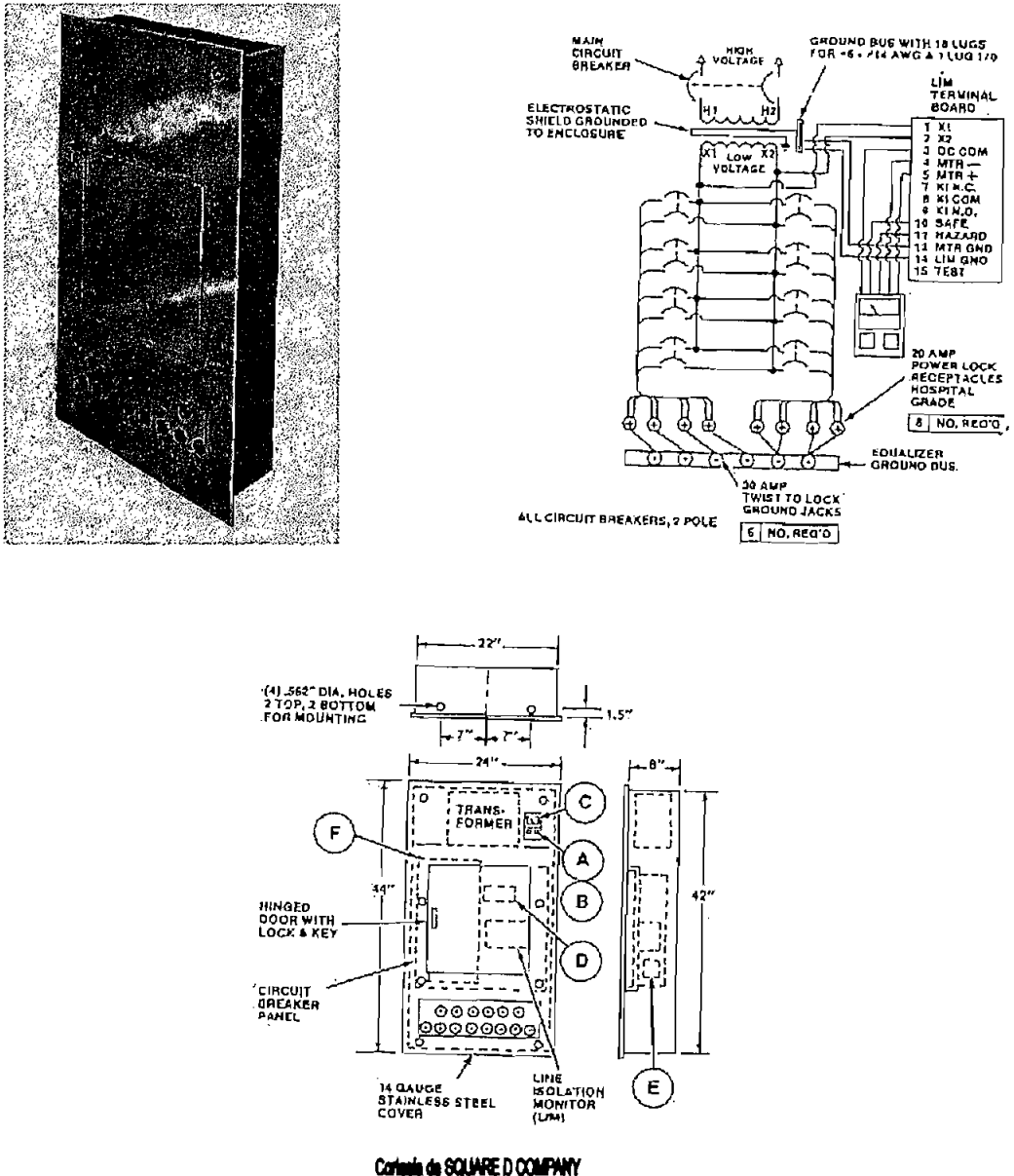


Figura 2.1.1.c. Detalle del tablero de aislamiento para una U.T.I. Tipo

<sup>2</sup> Según norma P-5 indicada en el Capítulo I referente a la Seguridad Eléctrica.

Donde los accesorios marcados con literales son:

A	Luces indicadoras verde, ámbar y roja montadas en el panel frontal.
B	Luces indicadoras verde y roja montadas en el panel frontal.
AC	Luces indicadoras verde, ámbar y rojo, alarma audible y medidor montados en el panel frontal.
D	Probador de integridad de tierra (Ground Integrity Tester), montado de tras de la puerta.
E	Booster de fuente de alimentación, requerido cuando se utilizan más de 3 indicadores remotos.
F	10 circuitos breakers secundarios.

El Tablero de aislamiento de la figura 2.1.1.c. tiene asociados los indicadores de alarma remotos, que pueden ir colocados en el panel frontal del tablero, o en sitios estratégicos cercanos a cada cubículo. En la Figura 2.1.1.d. se muestra el detalle de estos indicadores mencionados.

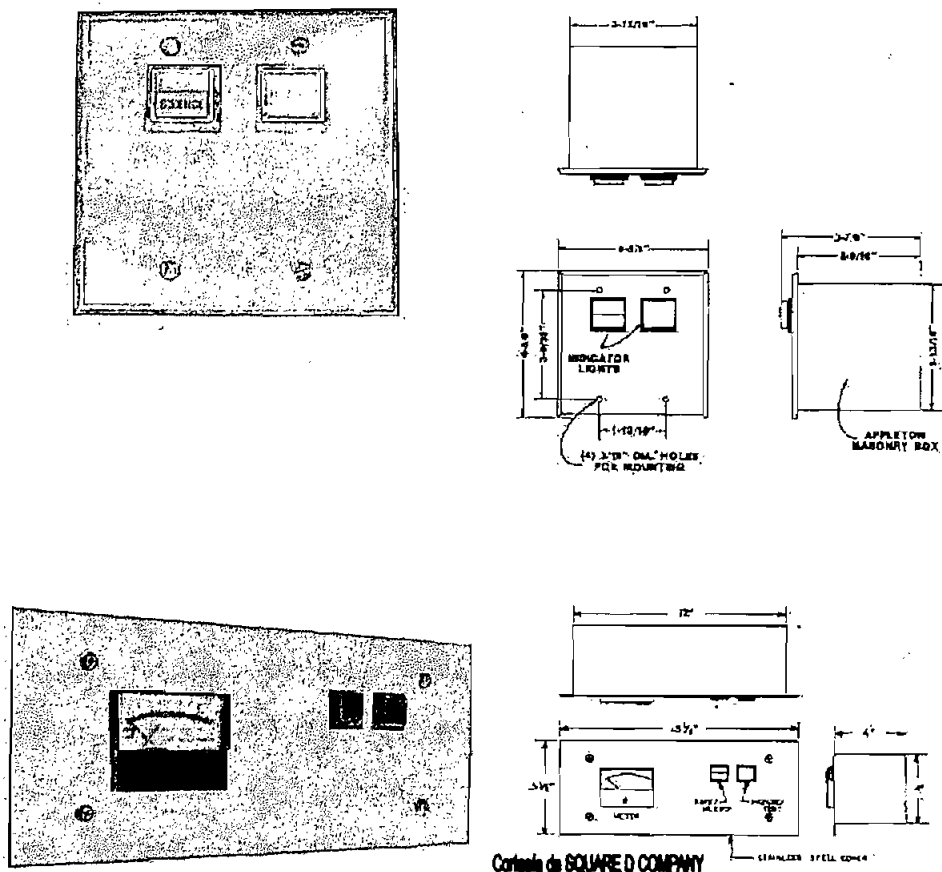


Figura 2.1.1.d. Indicadores de alarma remotos o incorporados a tablero de aislamiento (ítem 12) de figura anterior.

Al tablero de aislamiento para la U.T.I. Tipo, de la Figura 2.1.1.c., se completa su óptima función, con el dispositivo de vigilancia de impedancia o de corrientes de fuga (LIM)<sup>3</sup>, para monitorizar continuamente estas corrientes peligrosas, activándose sus alarmas audible y visual. En la Figura 2.1.1.e. se encuentra el detalle y la forma del equipo que permite monitorizar estos parámetros, los mismos que están indicados como corriente en mA.

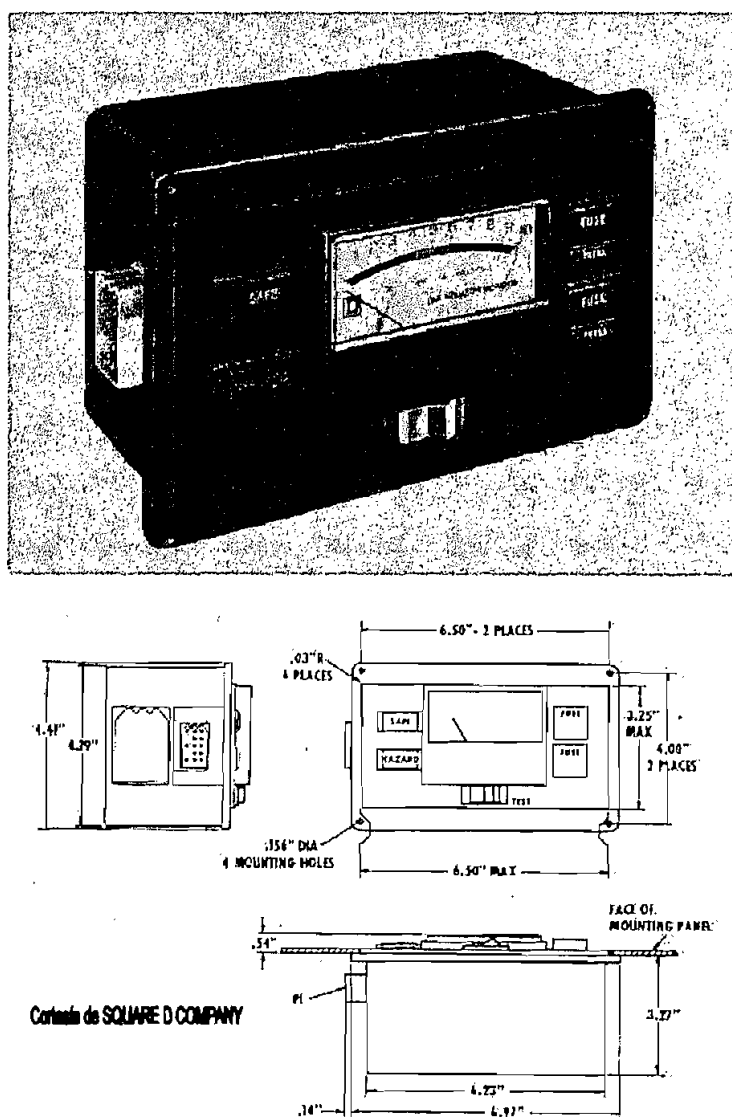


Figura 2.1.1.e. Detalle de medidor de aislamiento (LIM), ítem 6.

<sup>3</sup> Como se estableció en el Capítulo I en la Sección de Seguridad Eléctrica.

Del tablero de aislamiento indicado en las figuras anteriores, se tomará la alimentación eléctrica aislada para cada cubículo de paciente, en el cual se conectarán todos los equipos médicos asociados a ese cubículo y los que son de uso general en todos los cubículos. Este detalle se encuentra diseñado en la Figura 2.1.1.f.

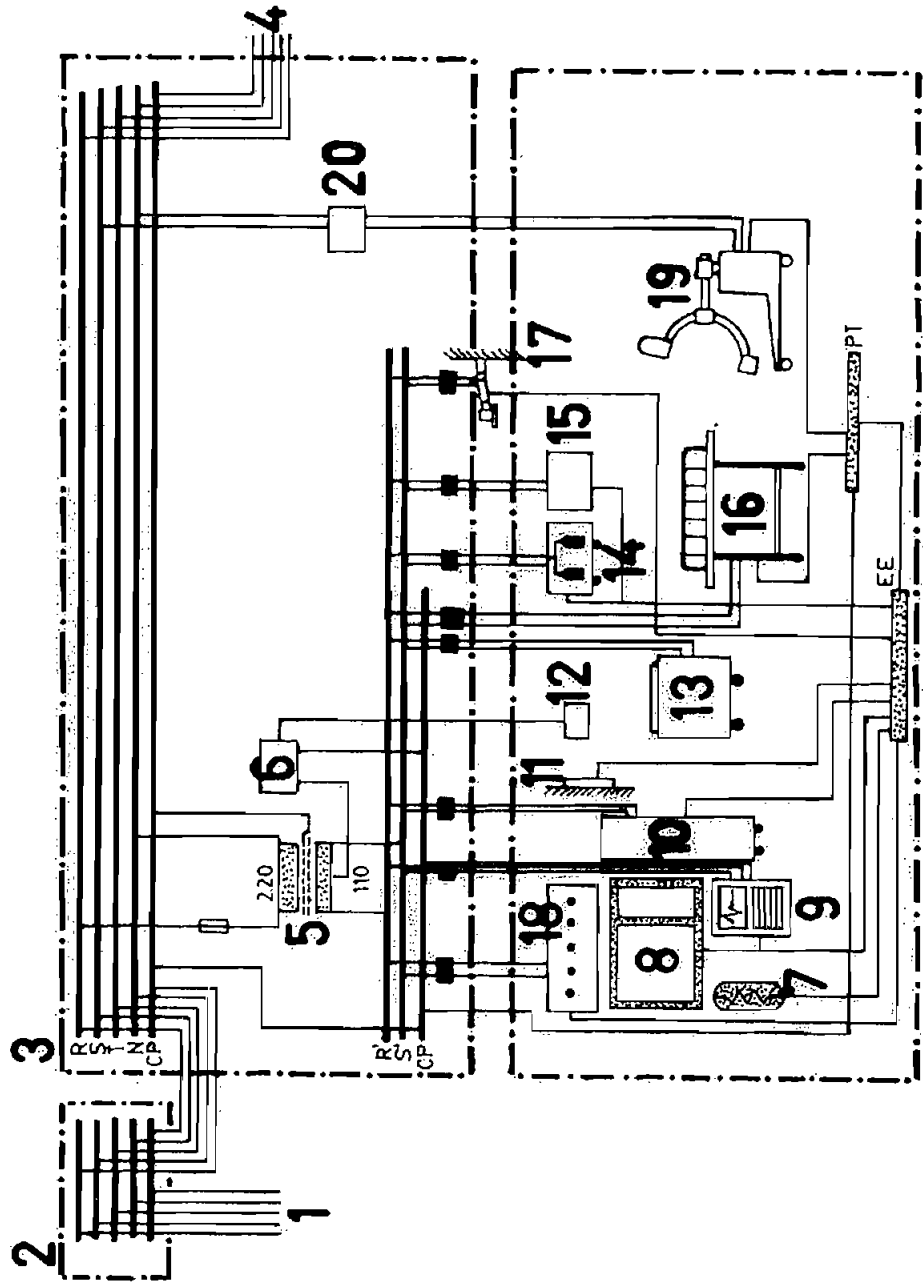


Figura 2.1.1.f. Distribución eléctrica para cubículo de paciente de U.T.I.

El tablero de distribución en cada cubículo tendrá tomas polarizadas (aterrizadas), tomas de energía aislada normales y especiales (para cierto tipo de equipos) y conectores para los cables de tierra que irán conectados a los chasis de los equipos médicos instalados a éste. Las Figuras 2.1.1.g. y 2.1.1.h. muestran estos conceptos.

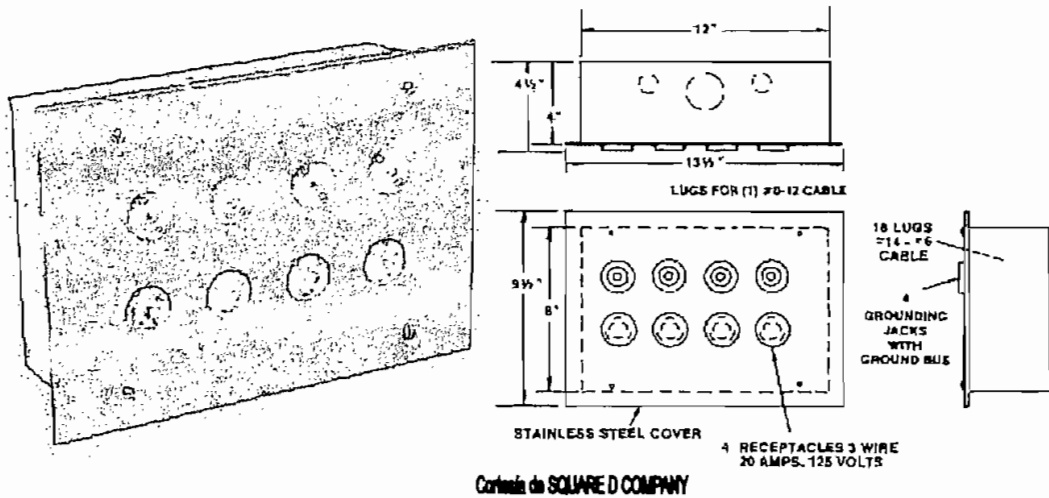


Figura 2.1.1.g. Tomas especiales de alimentación eléctrica aislada.

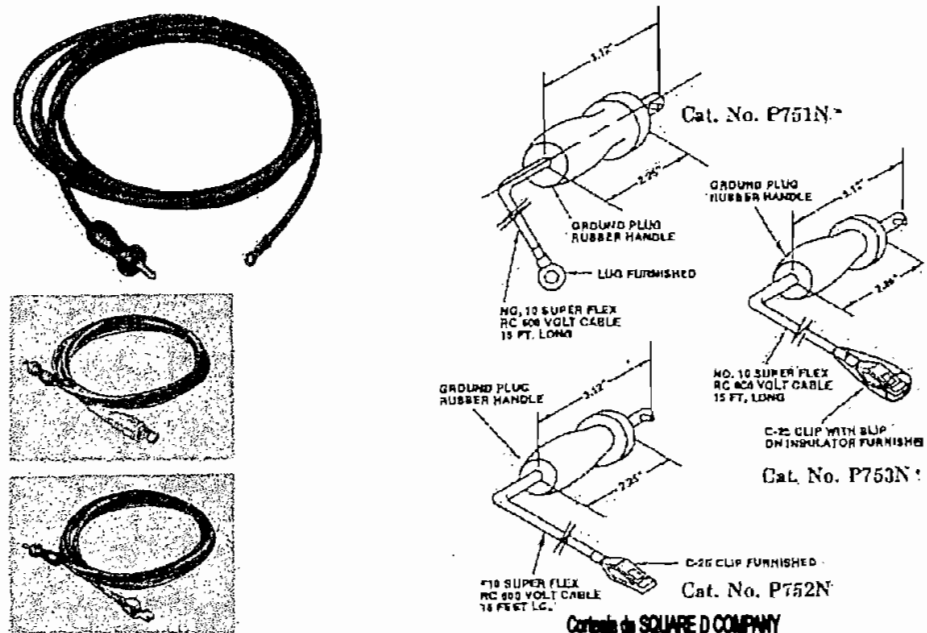


Figura 2.1.1.h. Tipos de cables de tierra para tableros de figura anterior.

Para la alimentación eléctrica del equipo de Rayos X móvil, o del Equipo de Rayos X con intensificador de imagen de Arco en C (ítem 20), es necesario un tablero independiente de distribución eléctrica, el que se encuentra en la Figura 2.1.1.i.

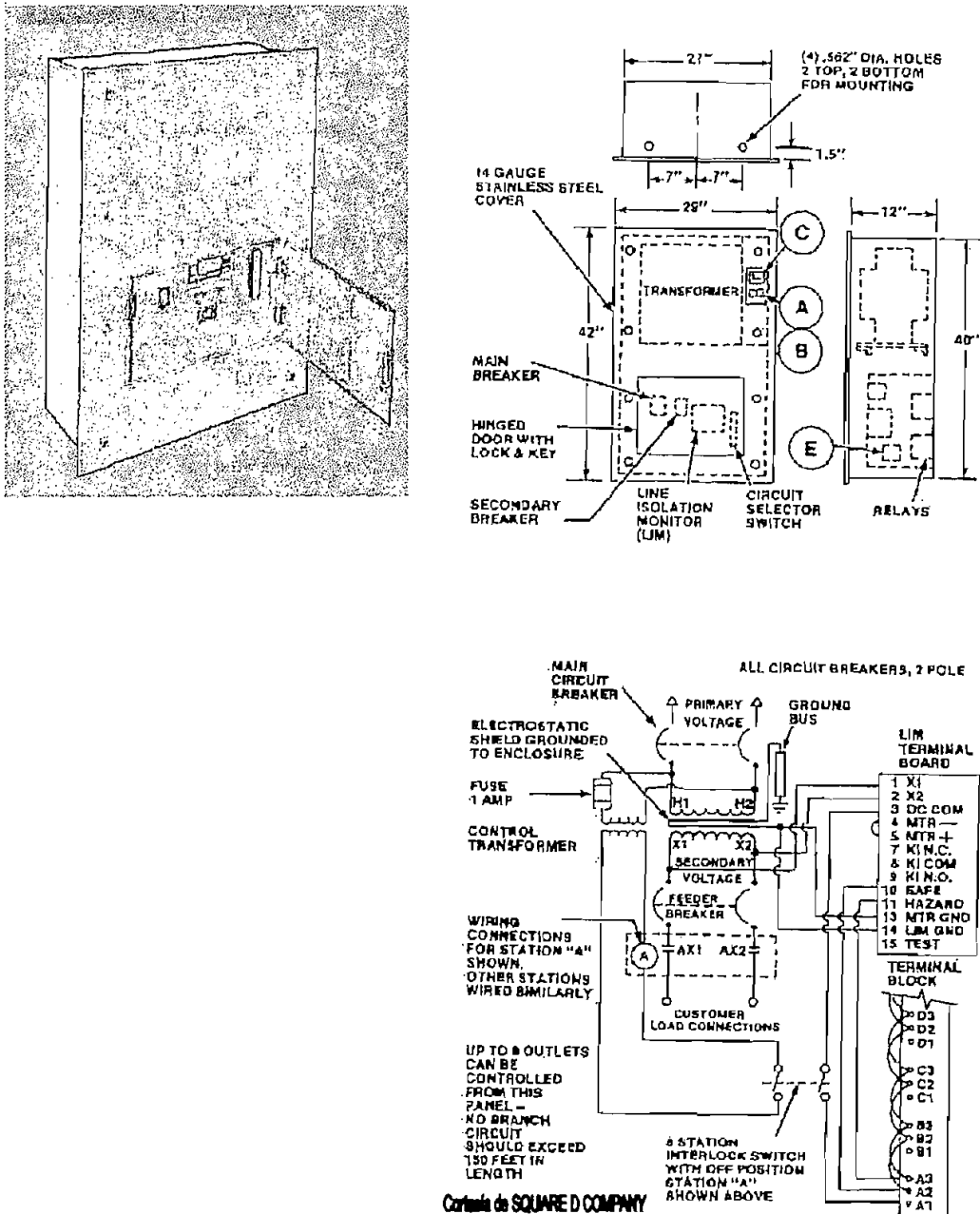


Figura 2.1.1.i. Tablero aislado de distribución eléctrica para el Equipo de Rayos X, alternativa de ítem 20.



El equipo de Rayos X móvil (cualquier alternativa escogida), se deberá conectar en el tablero indicado anteriormente. La Figura 2.1.1.j. muestra el detalle de la toma rápida de pared en donde irá conectado este equipo.

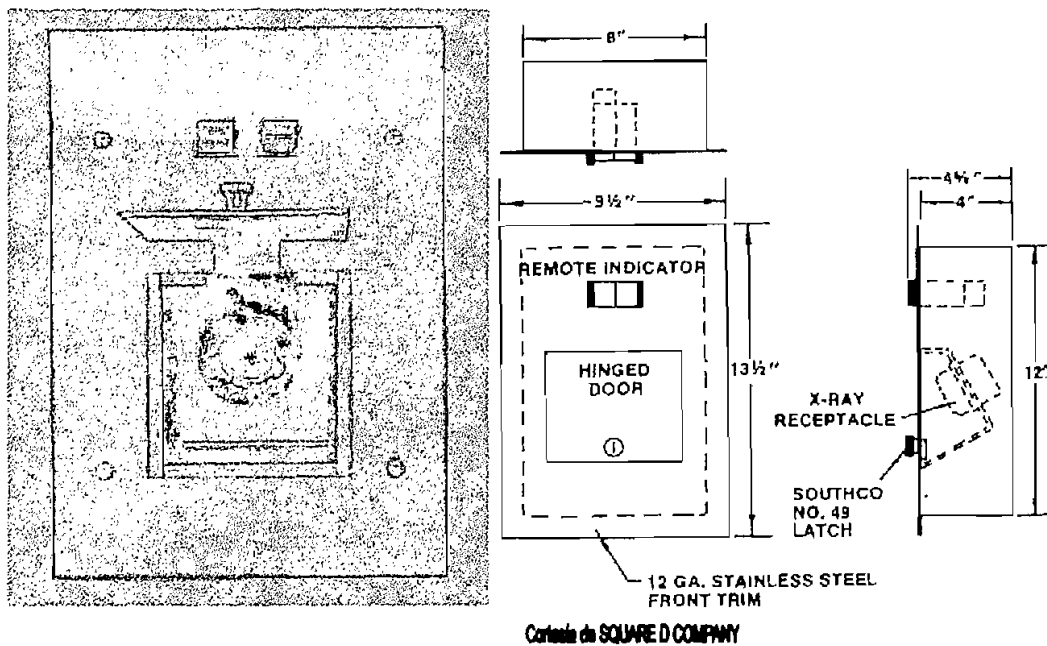


Figura 2.1.1.j. Detalle de toma rápida para el Equipo de Rayos X (ítem 23).

### 2.1.2. Recursos de equipamiento médico.

A parte del equipo médico que habitualmente se utiliza en unidades de hospitalización con ciertas variaciones que se describirán a continuación, el equipamiento mínimo para una Unidad de Terapia Intensiva se divide en tres grupos:

- \* Equipo monitor
  - \* Monitor de parámetros vitales
  - \* Unidad central de monitoreo

☀ Equipo de sustentación de vida y reanimación

- \* Respirador de presión positiva tipo electrónico
- \* Monitor móvil con electrocardiografía, registro en papel y desfibrilador/cardioversor
- \* Electrocardiógrafo de 1 o 3 canales
- \* Marcapaso de batería
- \* Equipo de masaje externo cardíaco
- \* Carro de urgencias

☀ Equipo de apoyo

- \* Gasómetro
- \* Respirador de presión positiva tipo mecánico
- \* Bomba portátil de succión de presión variable
- \* Bomba de infusión
- \* Unidad de hipo-hiper termia
- \* Bandejas estériles con insumos médicos
- \* Bandejas con instrumental
- \* Instrumental para: traqueotomía, toracotomía, disección y adicional.

Si bien puede utilizarse la cama corriente de hospital con varias posiciones, se aconseja una cama similar a las camas-camilla utilizadas en la Unidad de Recuperación post-anestésica, que no tiene barandilla en la cabecera, facilitándose así la ejecución de muchos procedimientos. Además debe contar con barandales móviles que son fundamentales en el manejo del paciente inconsciente o excitado. La cama que se seleccione debe ser de varias posiciones y accionada por medios mecánicos o hidráulicos. El uso de una cama eléctrica debe considerarse con mucho cuidado por los riesgos mayores sobre el paciente y personal que lo atiende, debido a

toques o choques eléctricos, excepto en el caso en que la Unidad de Terapia Intensiva cuente con un tablero y transformador de aislamiento, con las condiciones ya especificadas en el Capítulo I referente a las normas de seguridad eléctrica.

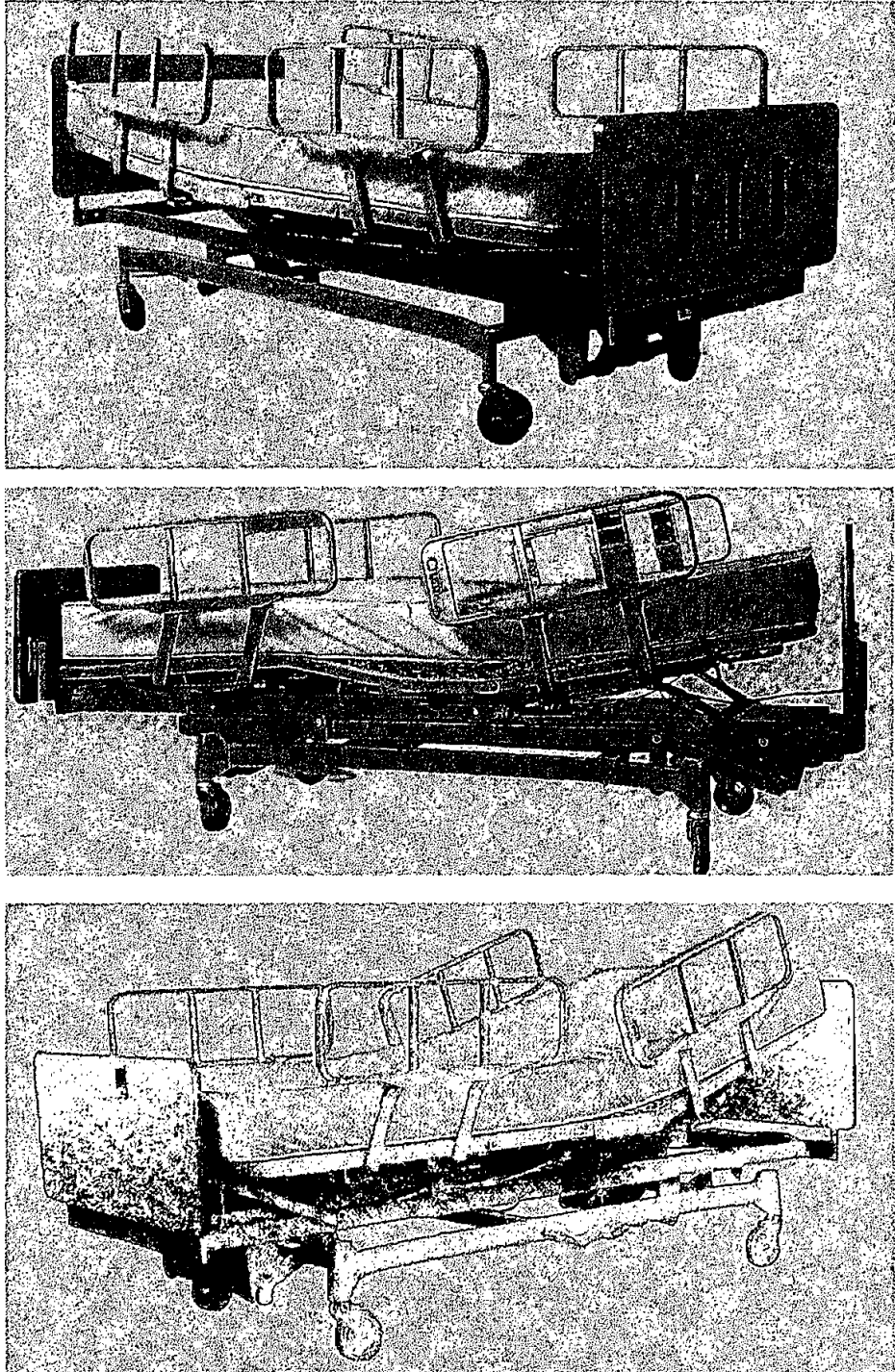


Figura 2.1.2.a. Tipos de cama-camilla eléctricas y manuales para U.T.I.

Podrá utilizarse cualquier tipo de esfigmomanómetro, pero el más aconsejable es el de columna de mercurio, para fijar a la pared (éste no ocupa espacio alrededor de él) como los tipos mostrados en la Figura 2.1.2.b.

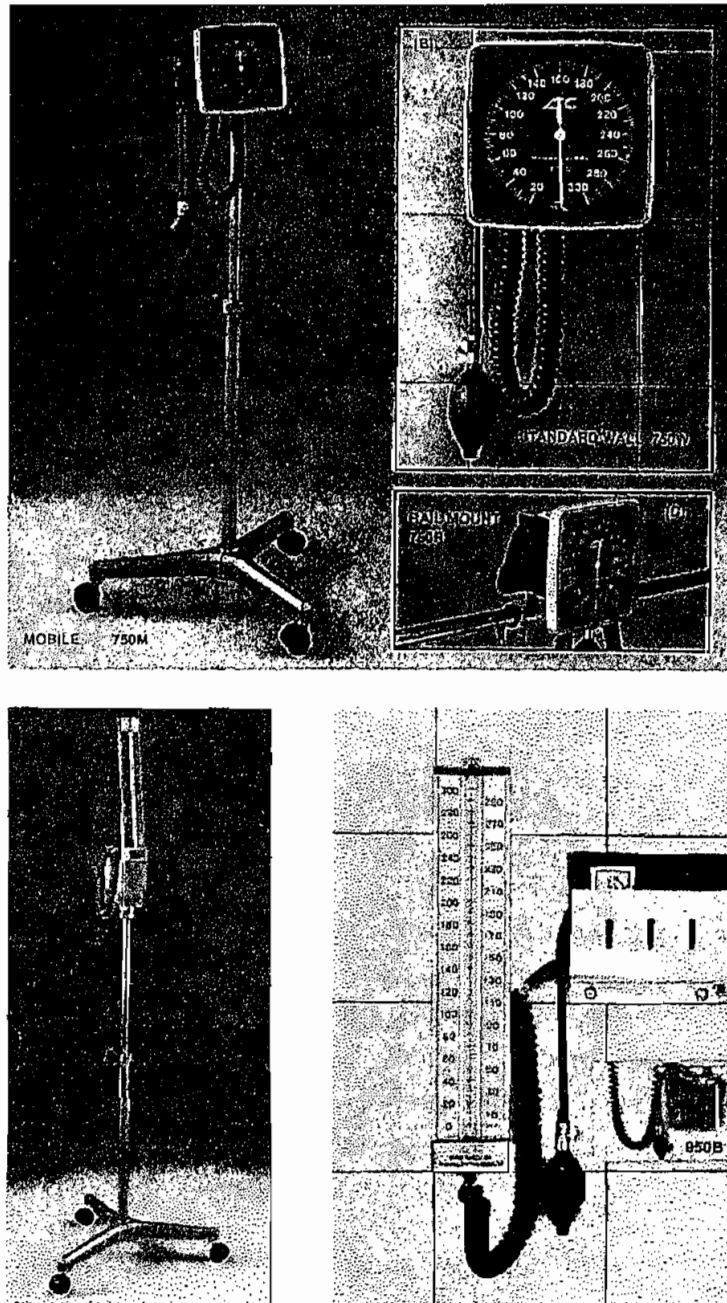


Figura 2.1.2.b. Tipos de esfigmomanómetros de manómetro de presión o de columna de mercurio para U.T.I.

parámetros: Electrocardiografía (ECG), Respiración, Temperatura y Presión Arterial Invasiva (IBP). La comunicación entre el monitor del paciente y la central puede hacerse por cables o por radio (telemetría). El sistema debe tener una señal de alarma auditiva y luminosa que sea fácilmente perceptible por médicos y enfermeras y que pase inadvertida para los pacientes conscientes. Si se desea monitorizar más parámetros vitales se sugiere los siguientes: Presión Arterial No Invasiva (NIBP), Oximetría de pulso, Caphnografía y Gasto Cardíaco.

La selección del equipo monitor deberá basarse en los criterios descritos en el párrafo anterior y por la disponibilidad real de servicios de calibración y mantenimiento que ofrezcan las firmas responsables del suministro, instalación, capacitación al personal de operación y mantenimiento del equipo y por los requerimientos mínimos que se indican a continuación.

*Se deberá planificar un monitor por cada cama implementada.*

Deberá cumplir los siguientes requerimientos mínimos:

<b>EQUIPO MONITOR</b>	
Medición de parámetros:	ECG. Con selección de derivaciones: I, II, III, AVR, AVL, AVF y C. Onda y valor digital (solamente de la derivación seleccionada). NIBP. Con selección de valores: Sistólica, Diastólica, Media y Pulso Onda y valor digital (solamente del Parámetro seleccionado). SPO <sub>2</sub> . Con selección de valores: Valor %O <sub>2</sub> y pulso. Onda y valor digital. Temperatura 1 y 2. Valor digital. Respiración. Onda y valor digital. Presiones invasivas (IBP) 1 y 2. Con selección de valores: Sistólica, Diastólica, Media, Sistólica/Diastólica alternada. Onda y valor digital.
Señales visibles de parámetros:	Al menos 4 señales simultáneas en pantalla.
Valores digitales de señales:	Al menos 4 displays de valores digitales en la parte frontal del equipo.
Alarmas:	Audible y visual. Definición de límites superiores e inferiores individualmente para cada parámetro monitorizado.
Memoria:	Almacenamiento de datos de parámetros para consulta posterior en trend o lista de documentación.

Conectabilidad:	Posibilidad de conectarse a una unidad central de monitoreo para la vigilancia de parámetros y/o conectarse mediante módem a monitor remoto. Posibilidad de transferir control de un monitor a otro, o desde un monitor los parámetros de otro.
<b>Especificaciones módulo de ECG</b>	
Aislamiento	Menor de $10\mu\text{A}$ con $120\text{ V}_{\text{AC}}$ rms, 60 Hz aplicados entre el conector del cable de paciente y el chasis. Típicamente fugas menores a $0.04\mu\text{A/V}$
Rango efectivo de aislamiento	Los circuitos aislados responderán a 10 KVdc aplicados entre los leads de entrada y el chasis durante 10 segundos sin ruptura o interrupción del aislamiento.
Respuesta de frecuencia	0.05 a 100Hz (3dB) para modo de Diagnóstico 1 a 35Hz (3dB) para modos Monitor/Standby.
Ruido	$< 15\text{mVp-p}$ @ x1000 de ganancia con cada lead conectado a tierra mediante una resistencia apantallada de $25\text{K}\Omega$ .
Impedancia de entrada	$> 20\text{M}\Omega$ diferenciales a 10 Hz $> 50\text{M}\Omega$ diferenciales a 50 Hz
Modo de rechazo común	$> 112\text{dB}$ a 60 Hz (80dB aterrizado)
Rango dinámico de entrada sin recortes	$40\text{mVp-p}$ con 1500 mV diferenciales dc
Rango de salida sin recortes	$20\text{ Vp-p}$
Impedancia de salida	$< 0.1\Omega$
Offset de salida	$< 75\text{mV}$ en estado estable @ ganancia nominal de x1000. Máxima variación offset sobre una variación de ganancia 20:1 es $\pm 100\text{mV}$
Ganancia	Variable desde x200 a x4000
Tiempo de recuperación del amplificador (desde el pulso del desfibrilador o voltaje de electrobisturí)	5 segundos máximo para modo Diagnóstico 1 segundo máximo para modos Monitor/Standby
Señal de calibración	$1\text{mV} \pm 10\%$
Detección de falla de leads	Detecta la condición de falla de lead cuando la impedancia del electrodo supere $2.2\text{M}\Omega \pm 0.3\text{M}\Omega$
Rango de detección de latidos (beats)	20 a 250 beats por minuto (BPM)
Límite seleccionable de alarma baja	De 30 a 120 BPM
Límite seleccionable de alarma alta	De 50 a 250 BPM
<b>Especificaciones de módulo de BLOOD PRESSURE</b>	
Aislamiento	Menor de $10\mu\text{A}$ con $120\text{ V}_{\text{AC}}$ rms, 60 Hz aplicados entre el conector del cable de paciente y el chasis. Típicamente fugas menores a $0.04\mu\text{A/V}$
Rango efectivo de aislamiento	Los circuitos aislados responderán a 5 KVdc aplicados entre el conector de entrada y el chasis durante 10 segundos sin ruptura o interrupción del aislamiento.
Transductores	Tipo Strain Gauge (presión calibrada)
Señal de excitación del transductor	Amplitud: $5\text{Vrms} \pm 2\%$ (onda senoidal) Frecuencia: $3.58\text{ KHz} \pm 5\%$ Simetría: $50\% \pm 2\%$
Sensibilidad de entrada	$50\mu\text{V/V/cmHg}$ (ajustable $\pm 20\%$ )
Respuesta de frecuencia	Desde dc a 50 Hz (3dB) Opcional: dc a 100 Hz (3dB)
Modo de rechazo común	$> 80\text{dB}$ (referido a chasis @ 60Hz)

Rango de medición	-50 a +300 mmHg (rangos seleccionables)
Precisión de rangos	< 1% a fondo de escala
Linealidad	< 1% a fondo de escala
Impedancia de salida	< 0.1 $\Omega$
Niveles de salida	Forma de onda de presión: $\pm$ 2V fondo escala Sistólica, Diastólica, Media: 2V fondo escala Medidor digital: proporcional a la presión
Tiempo de respuesta	Para cambio de 0 a 90%: Sistólica: Incrementando: 30mseg. Decrementando: 4 seg. Diastólica: Incrementando: 4 seg. Decrementando: 30mseg. Media: < 5 seg.
Ruido	< 20mVp-p
Señal de calibración	1 Hz $\pm$ 5% onda cuadrada
Nivel de salida de calibración	2 V $\pm$ 3%
Resolución de display de calibración	$\pm$ 3% en fondo de escala
Circuito de auto cero	Tiempo de enceramiento: máximo 4seg. (proporcional al offset del transductor que utilice). Retención de cero: 10seg. de mantención si la energía se interrumpe. Rango: $\pm$ 200 mmHg Resolución: $\pm$ 1/2 mmHg en el peor de los casos en el rango de 255 mmHg.
Límite seleccionable de alarma baja	De 5 a 180 mmHg
Límite seleccionable de alarma alta	De 10 a 300 mmHg
<b>Especificaciones de módulo TEMPERATURA</b>	
Rango de medición	15 a 45°C
Precisión (excluyendo la sonda)	$\pm$ 0.1 °C desde 20°C a 42°C $\pm$ 0.4 °C desde 15°C a 20°C y 42°C a 45°C
Estabilidad (excluyendo la sonda)	$\pm$ 0.1 °C en 8 horas luego del período de estabilización de 10 minutos.
Compatibilidad de la sonda	Del tipo piel, rectal o esofágica
Actualización de medida	Cada 2 segundos
Calibración	Botón de calibración para 30°C, $\pm$ 0.1 °C. Las resistencias internas de precisión proveen este punto de calibración para obtener los resultados esperados.
Límites seleccionables de alarma baja	De 16 a 36°C
Límites seleccionables de alarma alta	De 20 a 42°C
<b>UNIDAD CENTRAL DE MONITOREO</b>	
Concentración de periféricos:	En módulos de hasta 8 monitores periféricos
Capacidad de pantalla:	Deberá mostrar los valores de los parámetros vitales de hasta 8 pacientes en forma simultánea o en su defecto seleccionable.
Tipo de registro:	ECG y presión seleccionada en papel, de paciente seleccionado en modo manual desde la central o desde un monitor, o en modo automático cuando se ha violado algún límite de alarma, marcando los datos de fecha, hora e identificación de paciente. Memorización de hasta 7 alarmas en caso de registro ocupado, para que no se pierdan las alarmas de los otros pacientes.

Unidad central deberá posibilitar:	<p>Conexión LAN de hasta 16 monitores y/o ventiladores de presión positiva tipo electrónico, para vigilancia centralizada de parámetros.</p> <p>Conexión mediante módem hacia monitor remoto para ser atendido por Jefe Médico de Unidad en el lugar que se encuentre.</p> <p>Intercomunicación entre monitores y central.</p> <p>Por paciente mostrará señal de ECG y un parámetro a elección, por ejemplo SaO<sub>2</sub> o presión sistólica/diastólica, tanto en forma de onda como en valor digital.</p>
Alarmas:	Audible y visual. Definición de límites superiores e inferiores para cada parámetro monitorizado en forma individual.
<b>REQUERIMIENTOS ELÉCTRICOS PARA MONITORES Y UNIDAD CENTRAL</b>	
Tensión y frecuencia nominales	110V/120V – 60Hz En caso de falla, deberá disponer de baterías recargables para suministro de energía de por lo menos 1 hora.
Tolerancia en tensión	± 10 %
Temperatura de operación	0 a 52°C (32 a 125°F)
Temperatura de almacenamiento	-18 a 66°C (0 a 150°F)
Humedad del ambiente	Hasta 95%
Altitud	Hasta 4570 metros (15000 pies)
Tipo de protección contra descargas eléctricas	Tipo I <sup>4</sup>
Grado de protección contra descargas eléctricas	Grado BF <sup>5</sup>
<b>REQUERIMIENTOS DE INSTALACIÓN PARA MONITORES Y UNIDAD CENTRAL</b>	
<p>Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado BF, se deberá instalar al panel de distribución de energía en el tomacorriente que tenga el sistema de alimentación eléctrico aislado con buena instalación de tierra.</p> <p>También se deberá prever el cableado de datos entre los monitores de cada cubículo hacia la unidad central de monitoreo. Si está planificado por telemetría ya no es imprescindible.</p> <p>Para la unidad central de monitoreo, se deberá planificar la instalación de un módem (28,880 bps) para la comunicación con el monitor remoto mencionado. Si no está planificada su instalación (del monitor remoto), no es necesaria esta recomendación.</p>	

<sup>4</sup> Tipo de protección mencionado en Capítulo I, sección de Seguridad Eléctrica.

<sup>5</sup> Grado de protección mencionado en Capítulo I, sección de Seguridad Eléctrica.



En la Figura 2.1.2.c. se presentan los requerimientos indicados en la tabla anterior, en lo que respecta al Monitor de parámetros vitales.

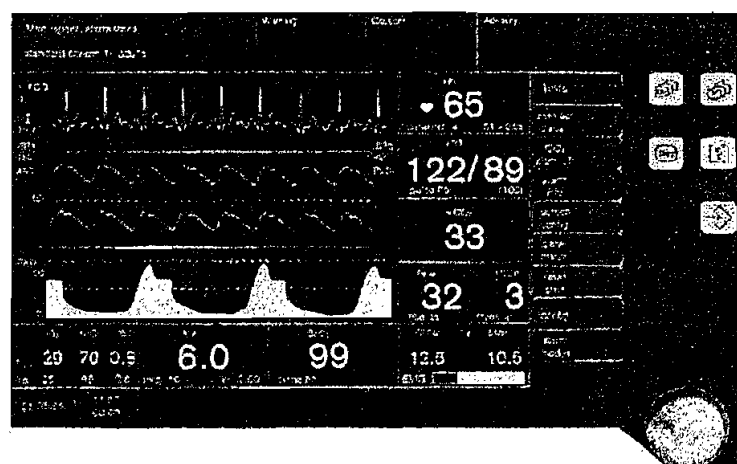
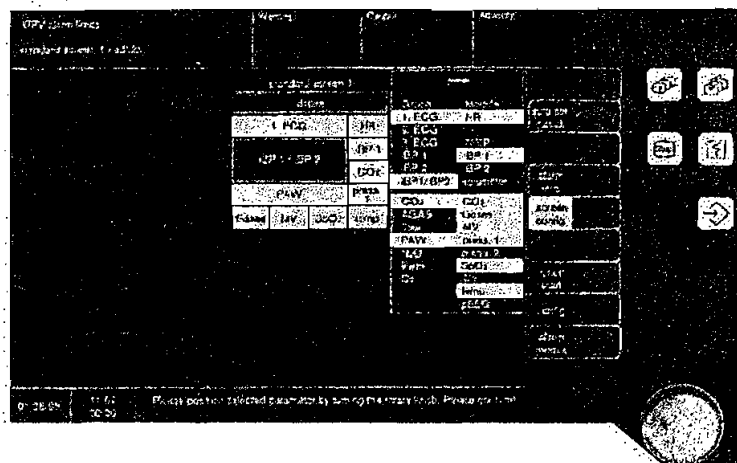


Figura 2.1.2.c. Monitor de parámetros vitales con todas las opciones para suplir las necesidades de una U.T.I.

En la Figura 2.1.2.d. se indica una Unidad Central de Monitoreo típica.

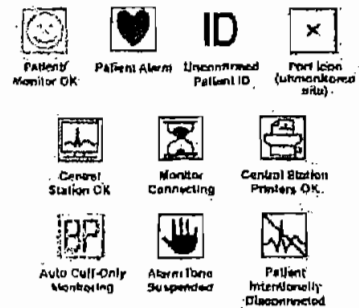
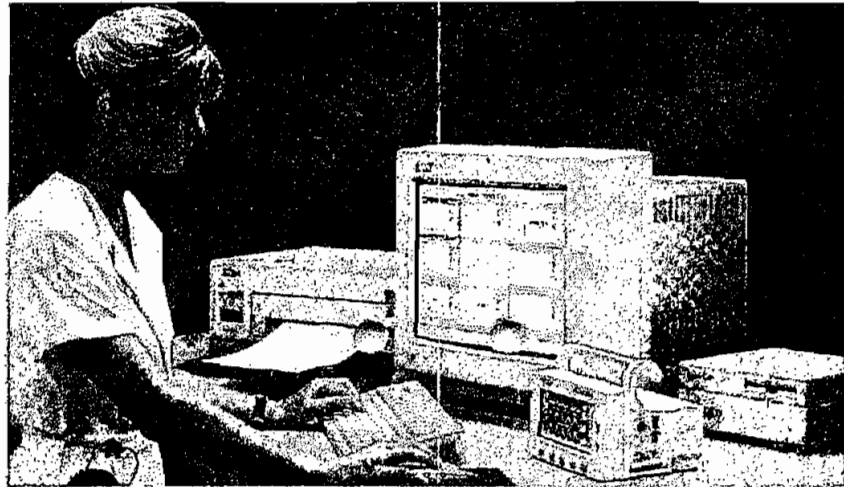
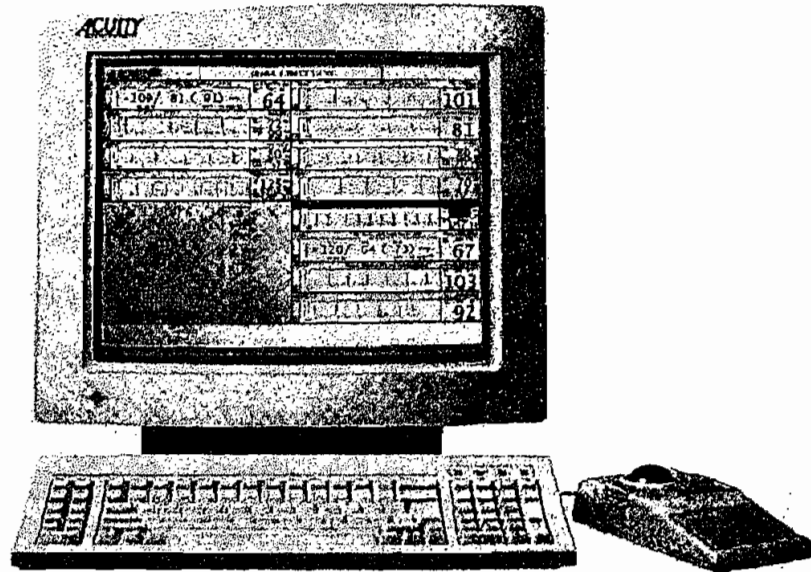


Figura 2.1.2.d. Unidad Central de Monitoreo típica.

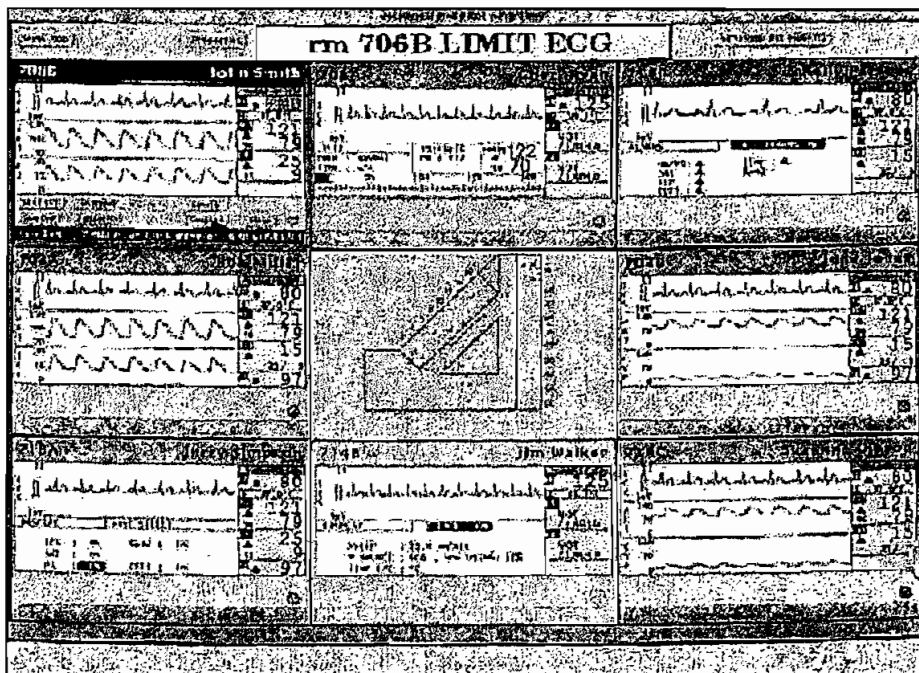
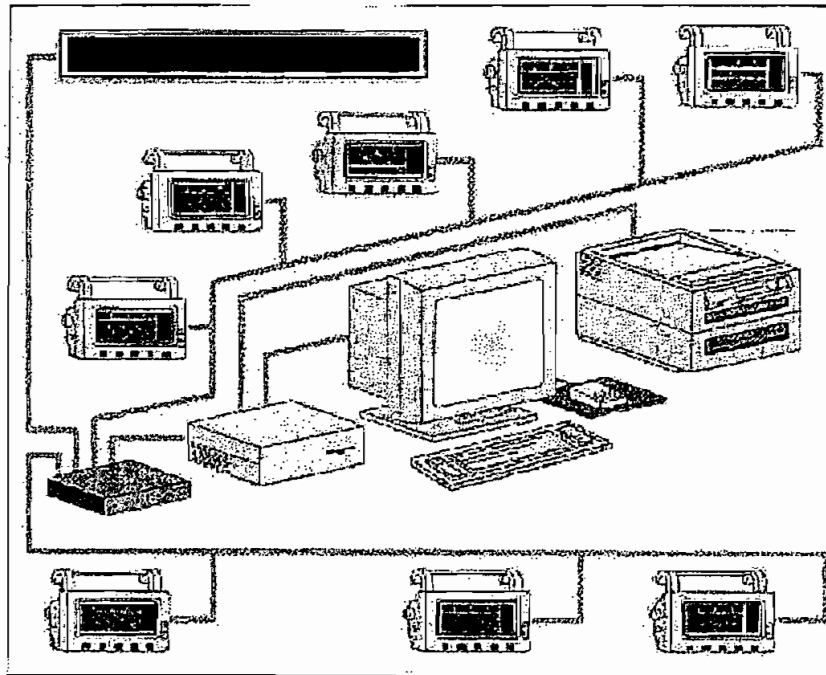


Figura 2.1.2.e. Conexión de la Unidad Central de Monitoreo (U.C.M.) con monitores de cada cubículo de paciente.

*Equipo de sustentación de vida y reanimación:*

Este grupo está formado por los siguientes equipos:

- \* Respirador de presión positiva tipo electrónico (Ventilador volumétrico, de presión y flujo).

Este equipo permitirá la sustentación de vida del paciente, por lo cual se deberá tener cuidado en sus requerimientos de alimentación tanto eléctrica como de gases (oxígeno y aire comprimido), así como en su uso, razones por las que su aplicación en el paciente está restringida para el médico intensivista que será el especialista competente en su operación.

*Se deberá planificar un Ventilador por cada cama implementada.*

Requerimientos mínimos:

Operativos:	
Modos de ventilación	Controlada Asistida/Controlada Controlada + suspiro Asistida/Controlada + suspiro SIMV CPAP IPPV ASB BIPAP Combinación de estos modos con Autoflow.
Volumen tidal	Adultos: 200 a 1500 ml Niños: 50 a 250 ml
Presión de seguridad	10 a 120 cm H <sub>2</sub> O
Máxima presión de trabajo	120 cm H <sub>2</sub> O
Variación de % de oxígeno	21 a 100%
Frecuencia de respiraciones	Adultos: 1 a 60 BPM Niños: hasta 120 BPM
Monitorización	PARÁMETROS PROGRAMABLES: O <sub>2</sub> (%) Volumen tidal T inspiración Frecuencia Forma y valor de pausa inspiratoria PEEP PASB Modo de ventilación I:E T espiración Flujo P máxima PARAMETROS MEDIDOS: MV VT espirado P media

	P pico FORMAS DE ONDA: Flujo Presión Trends Monitorización simultánea de CO <sub>2</sub>
Control de flujo	Autoflow. Control inteligente del flujo del gas respiratorio en aplicaciones de volumen constante.
Parámetros de ventilación sugeridos	Sugerencias de parámetros de ventilación así como límites de alarma de inicio de acuerdo a peso de paciente.
Alarmas:	Audible y visual Definición de límites superiores e inferiores para cada parámetro monitorizado.
Pantalla de curvas y parámetros	Tipo touch sensitive screen (sensibilidad ajustable)
Conectabilidad	Posibilidad de conectarse a una unidad central de monitoreo para la vigilancia de parámetros y/o conectarse mediante módem a monitor remoto.
<b>Eléctricos</b>	
Tensión y frecuencia nominales	110V/120V – 60Hz En caso de falla, deberá disponer de baterías recargables para suministro de energía de por lo menos 1 hora.
Tolerancia en tensión	± 10 %
Tipo de protección contra descargas eléctricas	Tipo I
Grado de protección contra descargas eléctricas	Grado B
<b>Neumáticos</b>	
Presiones de entrada máxima/mínima	80 / 35 PSI
Flujo instantáneo máximo	65 l/m
Flujo medio máximo	40 l/m
Punto de rocío aire y O <sub>2</sub>	< 5°C
Filtros bactericidas	
Mecanismos de seguridad	
Protección ordinaria contra penetración de líquidos	
Modo de funcionamiento	Continuo
<p>Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado B, se deberá instalar al panel de distribución de energía en el tomacorriente que tenga el sistema de alimentación eléctrico no aislado con buena instalación de tierra.</p> <p>Se necesita de 2 tomas rápidas de pared para el funcionamiento de este equipo, una para el oxígeno y la otra para el aire comprimido a 50 PSI de presión cada una<sup>6</sup>.</p> <p>También se deberá prever el cableado de datos entre los ventiladores de cada cubículo hacia la unidad central de monitoreo. Si está planificado por telemetría ya no es imprescindible.</p>	

<sup>6</sup> Para las especificaciones de los gases, deberá remitirse al subcapítulo 2.1.3. de instalaciones centralizadas.

En la Figura 2.1.2.f. se muestra una ubicación de un respirador volumétrico conectado al paciente y asistido por un Médico Intensivista. Se pueden observar los componentes indicados en los requerimientos.

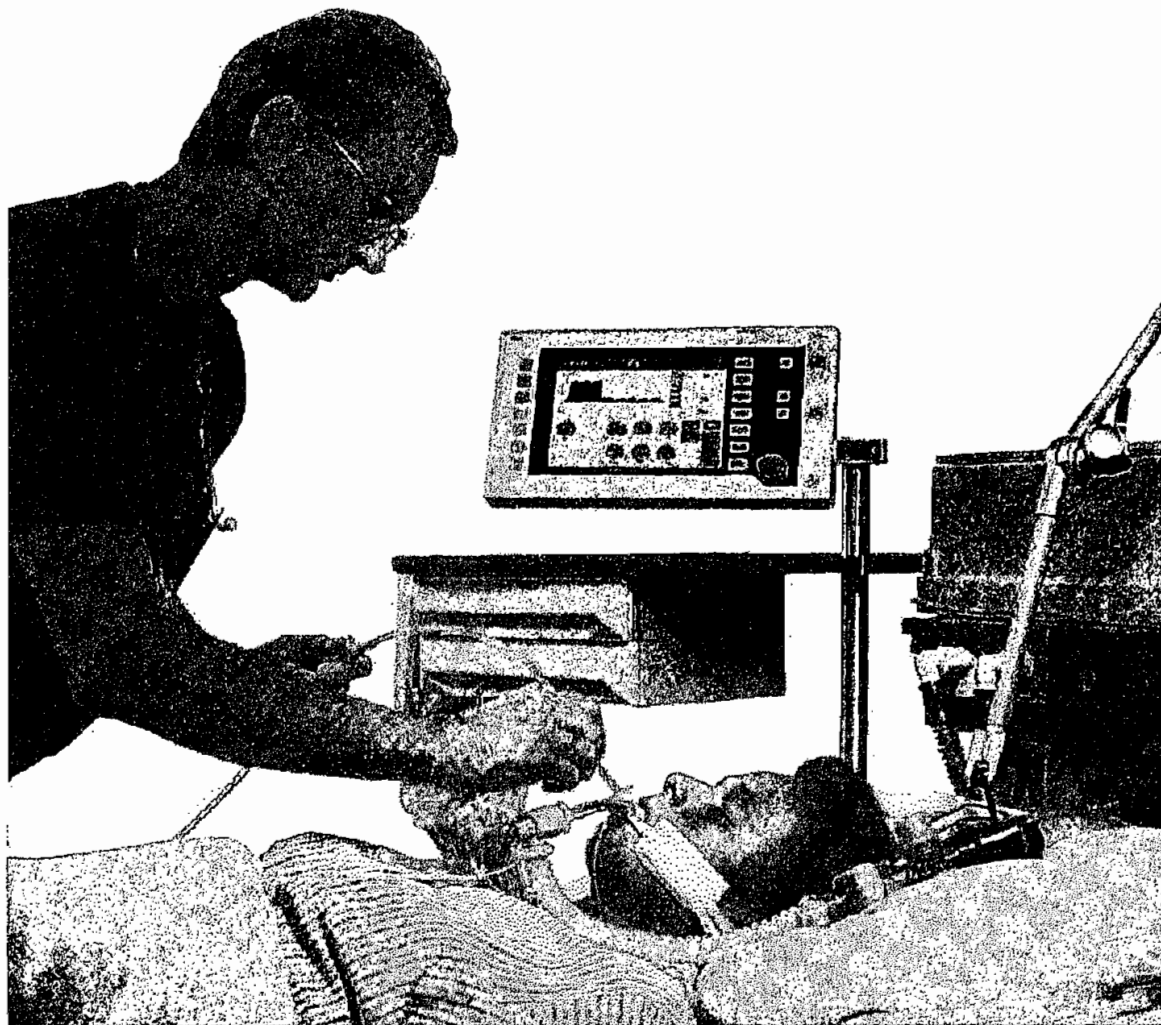


Figura 2.1.2.f. Ubicación en cubículo de paciente de respirador de presión positiva tipo electrónico.

- \* Monitor móvil con electrocardiografía, registro en papel (electrocardiograma) y desfibrilador/cardioversor.

*Se deberá planificar un monitor móvil por cada 3 camas implementadas.*

Requerimientos mínimos:

<b>MODULO MONITOR:</b>	
Medición de parámetros:	ECG. Con selección de derivaciones: I, II, III, aVR, aVL, aVF y C. Onda y valor digital. Respiración. Onda y valor digital. Presión invasiva (IBP). Con selección de valores: Sistólica, Diastólica, Media, Sistólica/Diastólica alternada. Onda y valor digital.
Señales visibles de parámetros:	Al menos 2 señales simultáneamente
Valores digitales de señales:	Al menos 2 displays de valores digitales
Alarmas:	Audible y visual Definición de límites superiores e inferiores para cada parámetro monitorizado.
Memoria:	Almacenamiento de datos de parámetros para consulta posterior en trend o lista de documentación.
<b>MODULO DE REGISTRO EN PAPEL:</b>	
Tipo de papel:	De uno o de tres canales. Con un canal es suficiente. Debe indicarse especificaciones de paciente, fecha y hora de registro.
Tipo de registro en papel:	Puede ser por pluma y papel termosensible o mediante matriz en papel termosensible.
Tipo de registro:	ECG y presión seleccionada en papel, de paciente seleccionado en modo manual desde el monitor, o en modo automático cuando se ha violado algún límite de alarma, marcando los datos de fecha, hora. Memorización de hasta 7 alarmas en caso de registro ocupado.
<b>MODULO DESFIBRILADOR/CARDIOVERSOR:</b>	
Pulso:	Monofásico, 3.2 ms de ancho a 50% de amplitud sobre una carga de 50Ω a 360 Joules.
Energía de salida:	0 - 400 Joules variables en pasos de 5, para paletas externas reusables o electrodos descartables adhesivos. 0 - 50 Joules para electrodos internos.
Tiempo de carga:	Energía máxima en 10seg.
Aplicación mediante:	Paletas redondas para adultos y para niños, externas reusables o electrodos descartables adhesivos. Electrodos internos. Paletas deben ser sensibles para captar el complejo QRS cardíaco del paciente.
Modos de operación:	Manual y automática sincronizado el disparo con la onda R.

Descarga:	Si no se usa la energía cargada debe descargarse mediante un circuito de descarga interna del equipo.
Alarmas:	Audible y visual Definición de límites superiores e inferiores para cada parámetro monitorizado.
Temperatura de operación:	0 a 40°C
<b>REQUERIMIENTOS ELÉCTRICOS PARA MODULOS INDICADOS:</b>	
Tensión y frecuencia nominales	110V/120V – 60Hz En caso de falla, deberá disponer de baterías recargables para suministro de energía de por lo menos 1 hora.
Tolerancia en tensión	± 10 %
Tipo de protección contra descargas eléctricas	Tipo I
Grado de protección contra descargas eléctricas	Grado CF
<b>REQUERIMIENTOS DE INSTALACION:</b> Ver detalle de ítem 9 Figura 2.1.1.f	
Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado CF, se deberá instalar al panel de distribución de energía en el tomacorriente que tenga el sistema de alimentación eléctrico aislado con buena instalación de tierra. Si dentro de lo planificado, se establece que estos monitores móviles pueden conectarse a la unidad central de monitoreo, se deberá prever el cableado de datos hacia ésta. No es recomendable tener esta conexión por el hecho de que estos monitores son móviles, y pueden utilizarse en cualquier cubículo en cualquier momento. Si está planificado por telemetría ya no es imprescindible.	

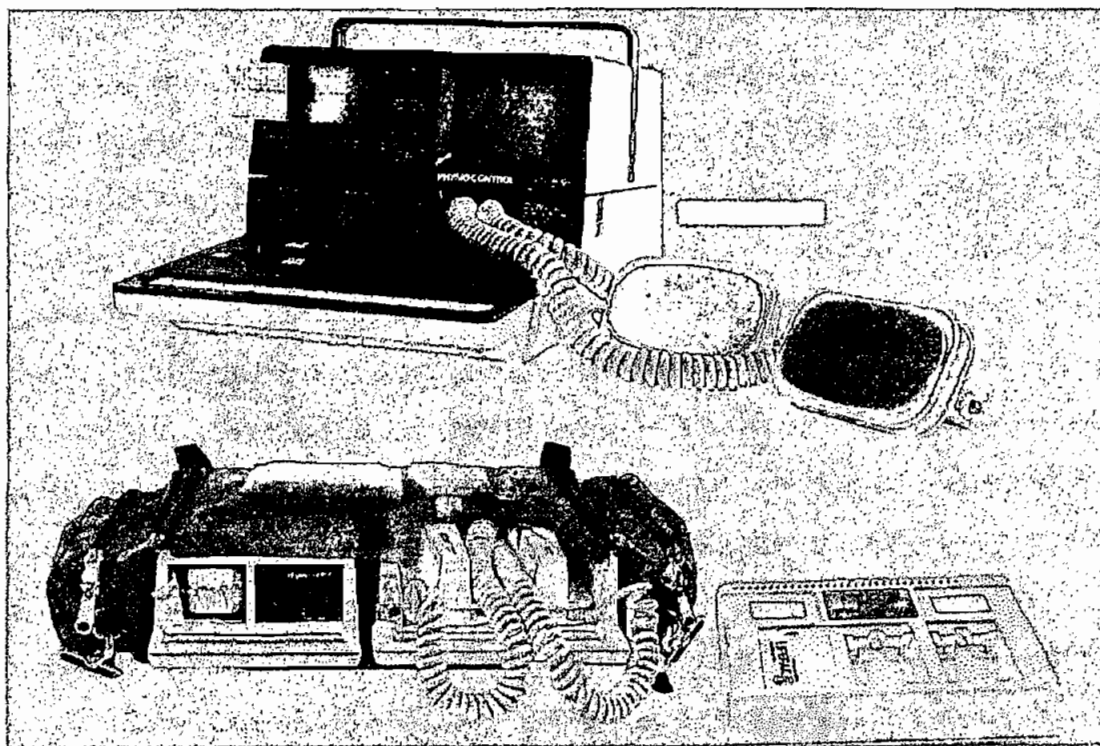


Figura 2.1.2.g. Monitores desfibriladores para una U.T.I.



- \* Electrocardiógrafo de 1 o 3 canales (a elección según necesidades)

Este equipo permitirá analizar los biopotenciales cardíacos del paciente, obteniéndose su forma de onda del complejo QRS indicado anteriormente en el Capítulo I en la Figura 1.3.1.c.; de esta manera se puede conocer el estado de funcionamiento de su corazón y diagnosticar y/o implementar cualquier tratamiento.

*Se deberá planificar un electrocardiógrafo por cada 4 camas implementadas.*

Requerimientos mínimos:

ELECTROCARDIOGRAFO DE 1 o 3 CANALES:	
Registro de beep cardíaco	0 a 300 bpm
Número de derivaciones seleccionables en forma automática o manual.	12. I, II, III, aVR, aVL, aVF, V1, V2, V3, V4, V5, V6.
Sensibilidad de entrada	½ - 1 - 2 mm/mV seleccionable
Pulso de calibración (estandarización)	1 mV
Linealidad	±1%
Registro	Papel termo sensible, con identificación del paciente, fecha y hora de evento registrado.
Velocidad del papel	25 y 50 mm/s seleccionable
Condiciones de transporte	Portátil
Electrodos cutáneos	6 copas metálicas con ventosa tipo pera. 4 placas metálicas para extremidades con bandas de goma.
Temperatura de trabajo	-10 a 60 °C
Condiciones adicionales	Protección para sobrecarga causada por desfibrilador. Ajuste de sensibilidad. Salida para grabación externa. Entrada para reproducción de señales externas. Almacenamiento de forma de onda en memoria. Marcas indicativas para cambio de derivación y en caso de un evento.
REQUERIMIENTOS ELÉCTRICOS:	
Amplificador de entrada	Diferencial
Bandas de frecuencia: Diagnóstico	0.05 a 100 Hz
Filtro	0.05 a 60 Hz
CMRR a 60 Hz	500,000 : 1
Salida auxiliar	1 V/mV
Entrada auxiliar	50 mV/cm
Fluctuación de línea base: Entre 25 y 55 °C	< 4 mm

Con variación de red AC de $\pm 10\%$	< 1 mm
Impedancia de entrada para derivaciones standard (I, II, III)	> 5 M $\Omega$
Impedancia de entrada para derivaciones unipolares (aVR, aVL, aVF)	> 600 K $\Omega$
Impedancia de aislamiento entre paciente y chasis	> 30 M $\Omega$
Corriente de fuga entre chasis y tierra	< 100 mA
Corriente de fuga en cada terminal en contacto con el paciente	< 10 mA
Tensión y frecuencia nominales	110V/120V – 60Hz En caso de falla, deberá disponer de baterías recargables para suministro de energía de por lo menos 1 hora.
Tolerancia en tensión	$\pm 10\%$
Tipo de protección contra descargas eléctricas	Tipo I
Grado de protección contra descargas eléctricas	Grado CF

**REQUERIMIENTOS DE INSTALACION: Ver detalle de ítem 9 Figura 2.1.11.**

Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado CF, se deberá instalar al panel de distribución de energía en el tomacorriente que tenga el sistema de alimentación eléctrico aislado con buena instalación de tierra.



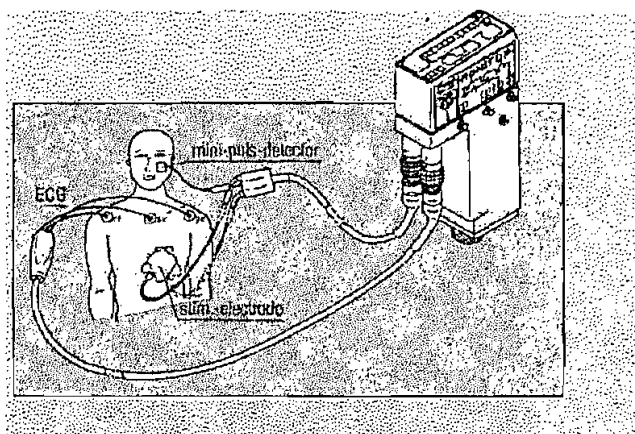
**Figura 2.1.2.h. Electrocardiógrafo de 1 canal para una Unidad de Terapia Intensiva.**

## \* Marcapaso de batería.

*Se deberá planificar un marcapaso por cada 3 camas implementadas.*

Requerimientos mínimos:

MARCAPASO DE BATERÍA	
Tipos de estimulación	Fijo, demanda, overdrive. Con electrodos descartables, de gel, área activa 81 cm <sup>2</sup> .
Valores de estimulación	50/min. a 150/min Con overdrive: 50/min. a 300/min. Pulsos de 23mseg.
Intensidad de corriente de estimulación:	0 a 150 mA en pasos de 10 mA.
Alarmas:	Alarma de pulso fuera de rango, de estimulación fallida, de baja batería, falla en electrodos ECG.
Tipo de alimentación	A baterías de 9V secas, recargables de duración de 2 a 20 horas.
Alarma de estimulación:	Impedancia de paciente mínima: 130Ω Impedancia máxima de paciente: dependiente de la intensidad en el momento del corto circuito o interrupción.
Activación de alarma de electrodos ECG:	Después de 4 ondas R con una frecuencia de al menos 20/min.
Rutina de test de alarmas de electrodos ECG	Intervalo entre 2 ondas R, > 2 seg.
Entrada de ECG y salida de marcapasos:	Para partes de aplicación: Tipo BF. Protegido para desfibrilación.
Temperatura de operación:	-5°C a 50°C.
Especificación:	IEC 601-1
Tipo de protección contra descargas eléctricas	Tipo I
Grado de protección contra descargas eléctricas	Tipo BC
REQUERIMIENTOS DE INSTALACION	
Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado BC, no se deberá contemplar ninguna instalación eléctrica especial, pues opera a baterías.	



**Figura 2.1.2.i. Esquema de conexión de Marcapaso de batería.**

En la Figura 2.1.2.j. se muestra la aplicación física de un marcapasos de batería en un paciente. Nótese que la aplicación es, obviamente, cercana o en las inmediaciones del corazón.

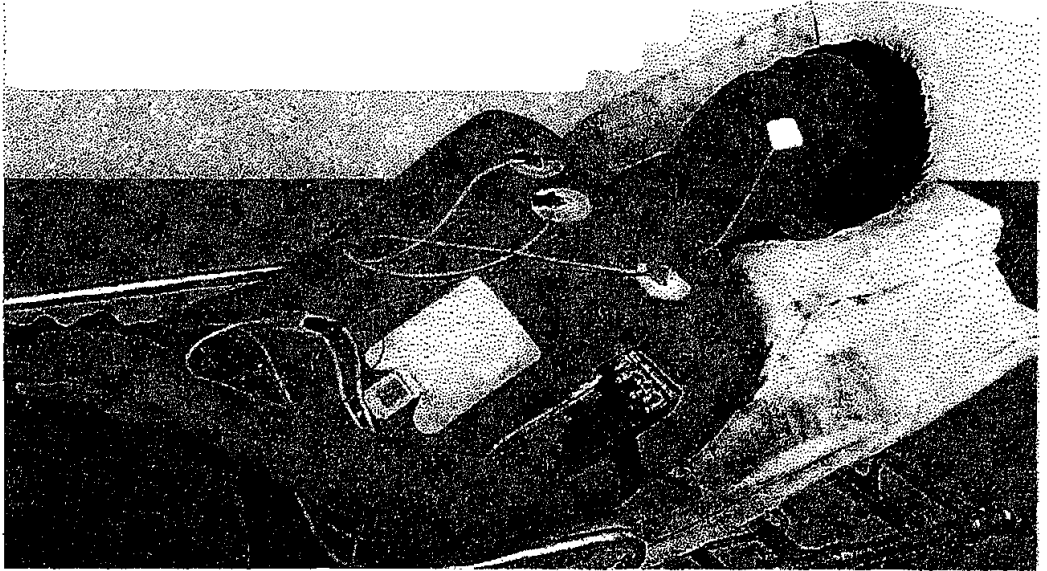


Figura 2.1.2.j. Aplicación física de un marcapasos de batería.

- \* Equipo de masaje externo cardíaco (opcional).

*Se deberá planificar un equipo para toda la Unidad.*

Requerimientos mínimos:

EQUIPO DE MASAJE EXTERNO CARDIACO	
Tipo de operación:	Mecánico
Tipo de alimentación:	Oxígeno o aire comprimido medicinal.
Adicionales:	Mascarilla para oxígeno.
Aplicación:	Golpes de presión en el tórax en la sección lo más cercana al corazón. Debe ser regulable de acuerdo a la contextura, peso y capacidad torácica del paciente. La mascarilla es imprescindible para el suministro de oxígeno durante su aplicación.
REQUERIMIENTOS DE INSTALACION	
Toma rápida de pared para oxígeno medicinal.	

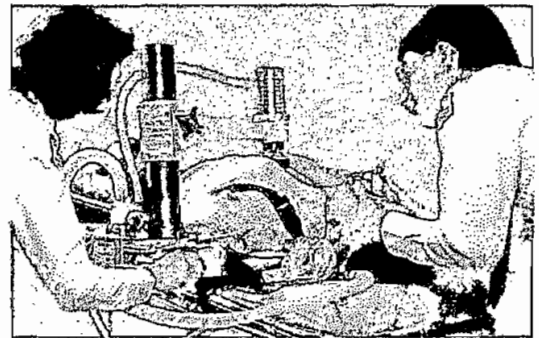
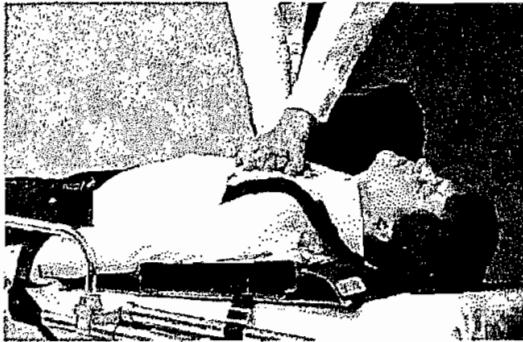
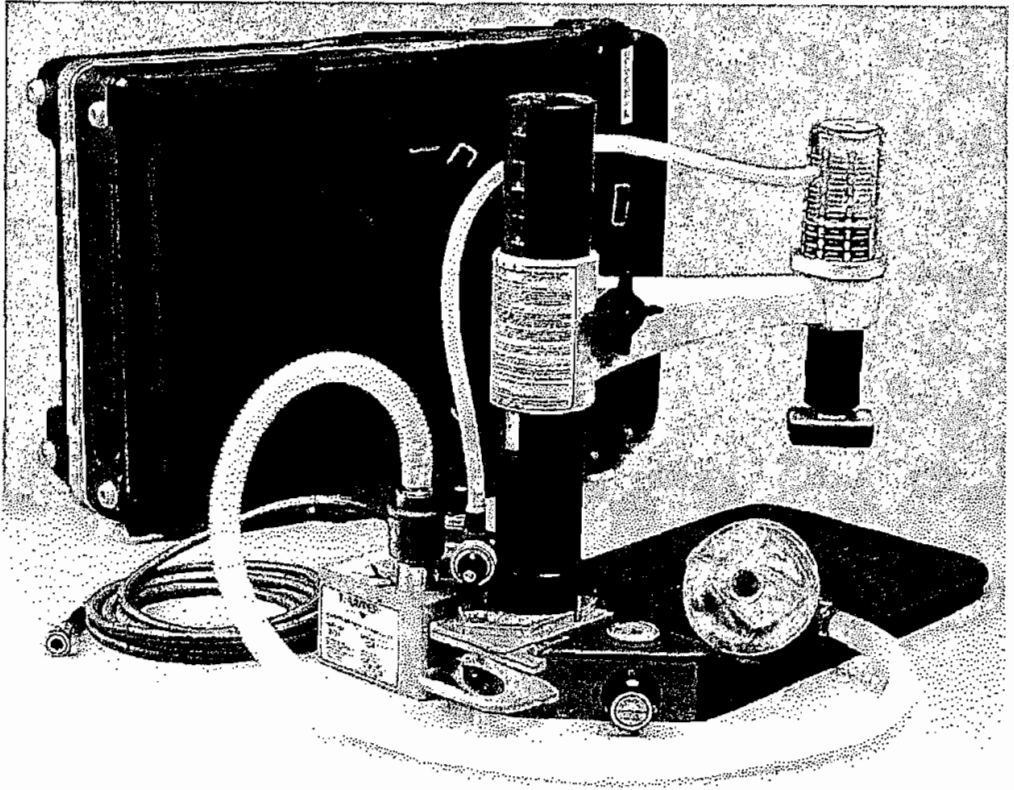


Figura 2.1.2.k. Aplicación física de un equipo de masaje cardíaco.

- \* Un carro de urgencias que contenga los medicamentos de urgencia y equipos para traqueotomía, tubos y sondas endotraqueales, laringoscopios, etc., elementos que deberán ser seleccionados por el personal médico y auxiliar de enfermería.

*Se deberá planificar un carro para toda la Unidad.*

#### *Equipo de apoyo:*

- \* Gasómetro

Este equipo permitirá saber el estado químico de la sangre del paciente que está en la U.T.I., y por ende del estado del funcionamiento de su organismo. La muestra de sangre que es obtenida del paciente, inmediatamente es analizada por el gasómetro, obteniéndose resultados de su cantidad de CO<sub>2</sub>, Cloro, Potasio, Sodio, etc., para que así, también de inmediato, el médico intensivista pueda tomar las medidas correctivas en cuanto a su programa ventilatorio, fármacos a administrar o disminuir o en caso crítico tomar medidas extremas, como el caso de una cirugía.

*Se deberá planificar un gasómetro para toda la Unidad.*

#### Requerimientos mínimos:

Operativos:	
Método de detección:	Método electroquímico convencional
Tiempo de análisis:	Máximo 90 seg. luego de la inyección de la muestra.
Valores medidos:	Cartucho de gas en sangre: pH, pCO <sub>2</sub> , pO <sub>2</sub> Cartucho de hematocrito (Hct) + Lytes: Hct, Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , iCa <sup>++</sup>
Valores calculados:	Cartucho de gas en sangre: HCO <sub>3</sub> , TCO <sub>2</sub> , Beeb, Beecf, O <sub>2</sub> SAT Cartucho de hematocrito (Hct) + Lytes: tHb
Temperatura de las medidas:	Muestra de gas en sangre a 37°C
Condiciones de almacenamiento y operación:	Analizador y cartuchos: Temperatura: 15-30°C Humedad relativa: 0-80%
Presión barométrica de operación:	350-900 mmHg, 46.6-120.0 kPa

Mínima cantidad de la muestra de sangre:	0.125ml con dispositivo especial del equipo. 0.2ml desde jeringa.
Máxima cantidad de la muestra de sangre:	3.0ml
Rangos de medición:	Medidos: pH: 6.0-8.0 unidades pH pCO <sub>2</sub> : 4-200mmHg 0.5-26.6kPa pO <sub>2</sub> : 20-700mmHg 2.7-93.1kPa Na <sup>+</sup> : 80-200mM 80-200mEq/L K <sup>+</sup> : 1.0-20.0mM 1.0-20mEq/L iCa <sup>++</sup> : 0.20-5.0mM 0.40-10.0mEq/L 0.80-20.0mg/dL Hct: 10.0-80.0% Calculados: HCO <sub>3</sub> : 0.0-99.9mM TCO <sub>2</sub> : 0.0-99.9mM Beb: +/- 99.9mM BEecf: +/- 99.9mM O <sub>2</sub> SAT: 0.0-100.0% tHb: 3.4-27.2g/dL 2.1-17.0mM
Salida:	Puerto señal RS232C
<b>REQUERIMIENTOS ELÉCTRICOS</b>	
Tensión y frecuencia nominales	110V/120V – 60Hz
Tolerancia en tensión	± 10 %
Requerimientos de potencia:	Analizador: Batería recargable de 7.2V 1 <sup>a</sup> Debe incluir cargador de batería.
Tipo de protección contra descargas eléctricas	Tipo I
Grado de protección contra descargas eléctricas	Grado B
<b>REQUERIMIENTOS DE INSTALACION: Ver detalle de ítem 10 Figura 2.1.1.1</b>	
Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado B, se deberá instalar al panel de distribución de energía en el tomacorriente que tenga el sistema de alimentación eléctrico no aislado con buena instalación de tierra.	

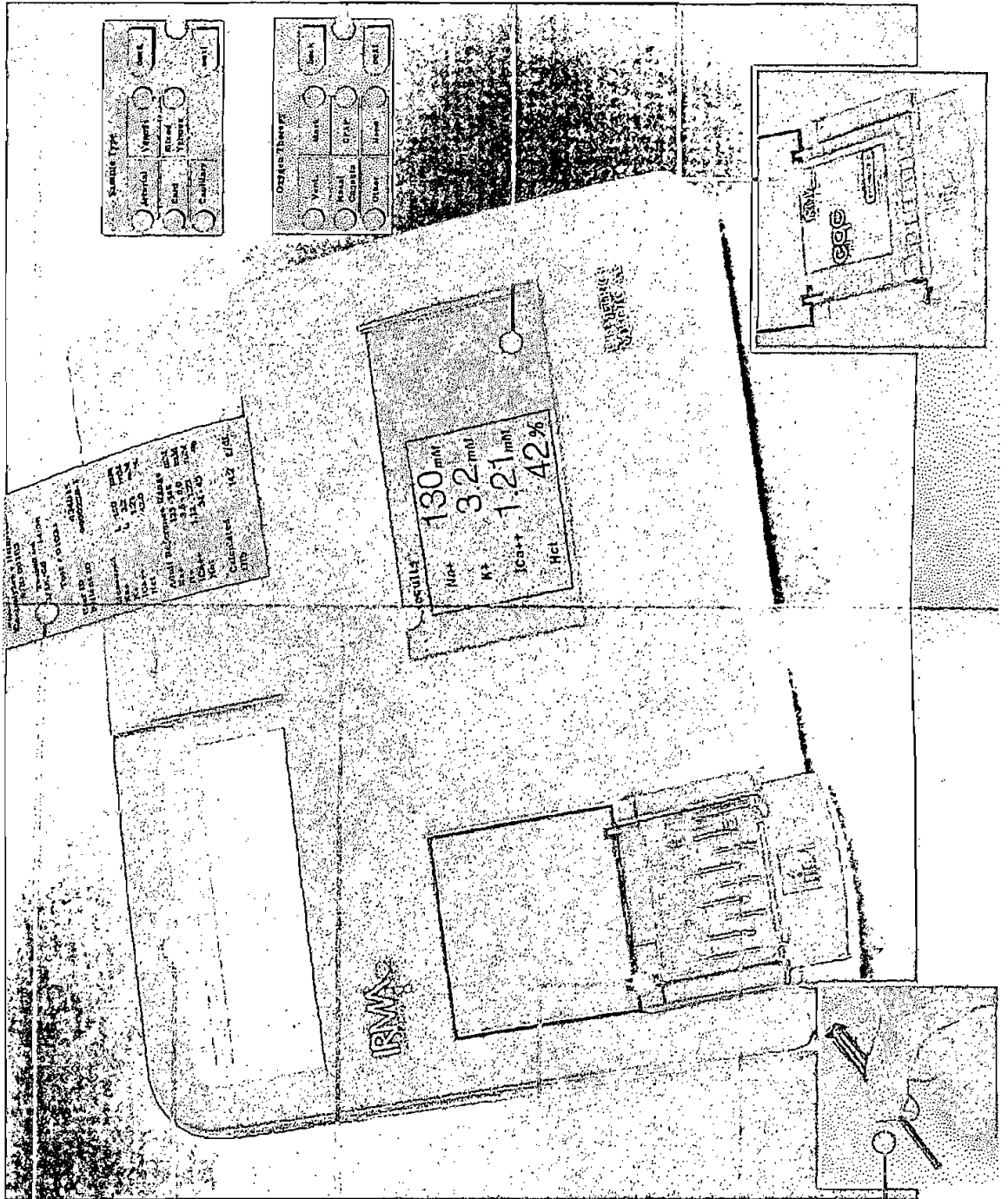


Figura 2.1.2.I. Gasómetro para uso en una Unidad de Terapia Intensiva.

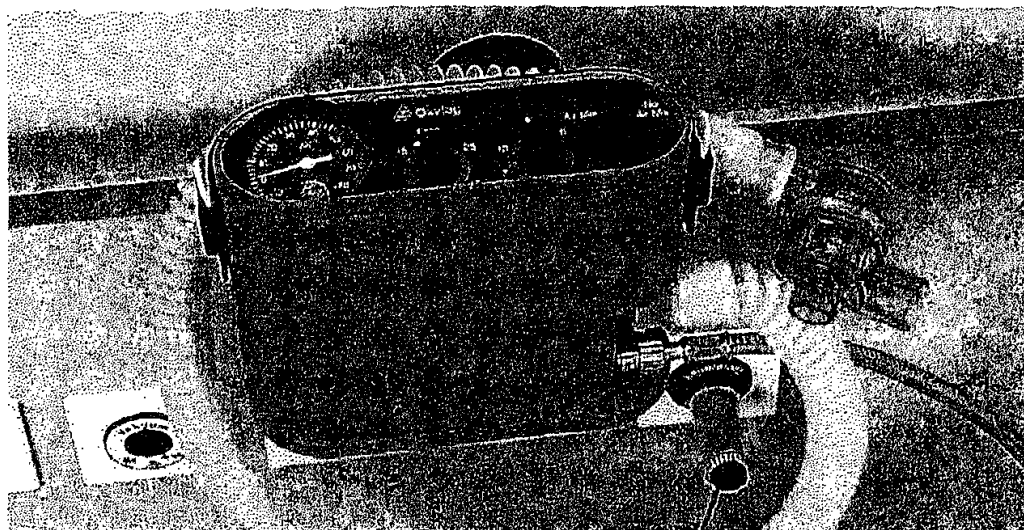


- \* Respirador de presión positiva tipo mecánico portátil (Ventilador de presión).

*Se deberá planificar un respirador por cada 4 camas implementadas.*

Requerimientos mínimos:

Operativos	
Modos de ventilación	Controlada Asistida/Controlada CPAP
Definición de parámetros:	Mediante controles de flujo y frecuencia de respiraciones. Se deberá poder definir la variación de oxígeno.
Presión de seguridad	10 a 80 cm H <sub>2</sub> O
Máxima presión de trabajo	80 cm H <sub>2</sub> O
Variación de % de oxígeno	21 a 100%
Frecuencia de respiraciones	Adultos: 1 a 60 BPM
Control de flujo	Control manual de flujo hasta 15 lpm.
Neumáticos	
Presiones de entrada máxima/mínima	80 / 35 PSI
Flujo instantáneo máximo	15 l/m
Varios:	Filtros bactericidas. Mecanismos de seguridad. Protección ordinaria contra penetración de líquidos.
Modo de funcionamiento	Continuo
REQUERIMIENTOS DE INSTALACION	
Toma rápida de pared para oxígeno medicinal.	



**Figura 2.1.2.m. Respirador de presión positiva tipo mecánico (portátil).**

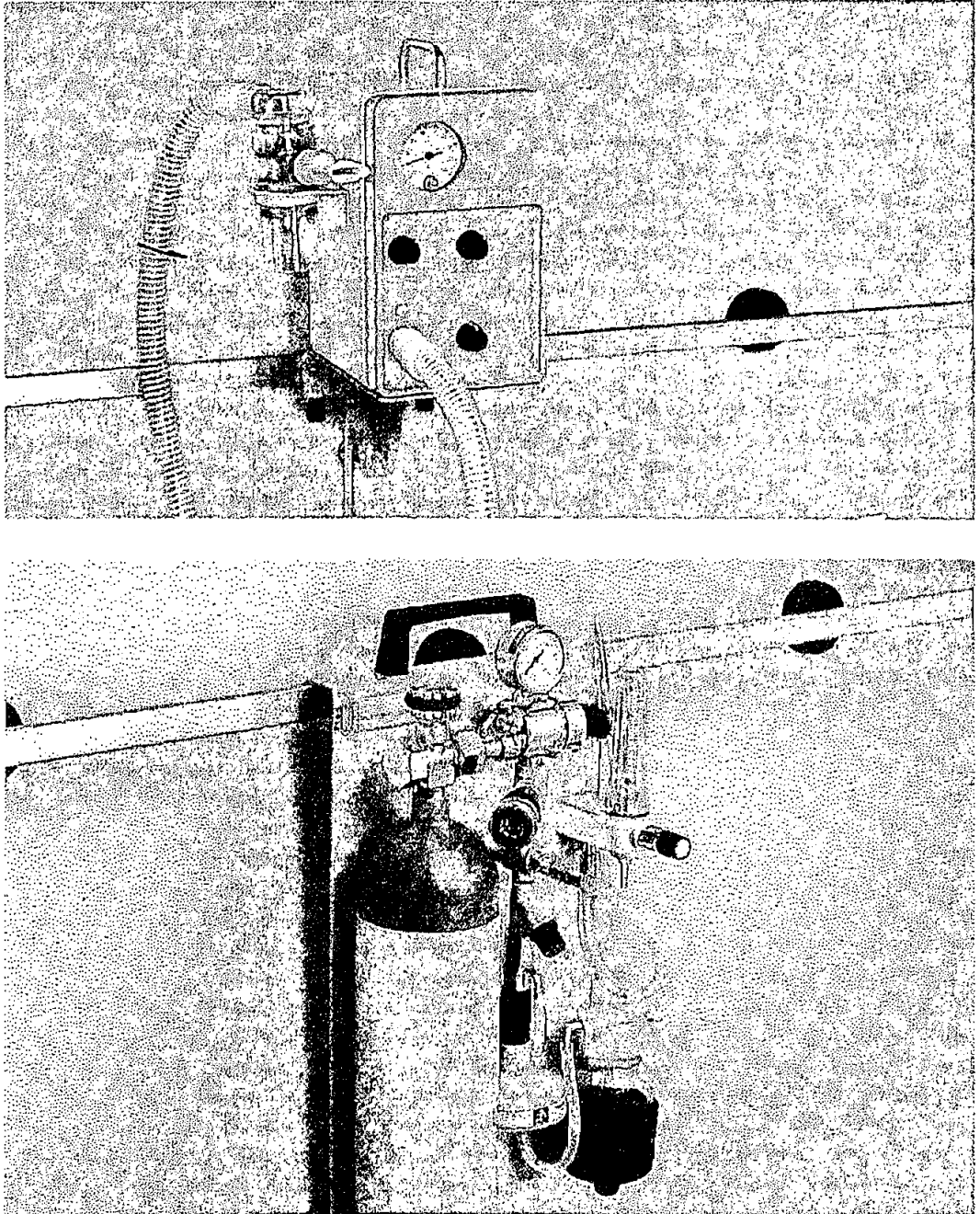


Figura 2.1.2.n. Alternativas de Respiradores de presión positiva tipo mecánico (portátil).

- \* Bomba portátil de succión de presión variable.

*Se deberá planificar 1 bomba de succión continua (succionador continuo) por cada cama implementada y 1 bomba de succión intermitente (tipo termótico) por cada 3 camas implementadas.*

Requerimientos mínimos:

Operativos:	
Modo de trabajo	Succión continua variable.
Regulación de presiones	Entre 0 a 750 mmHg.
Almacenamiento de líquido succionado	2 botellas de 4 litros tipo irrompible
Modo de trabajo	Termótica intermitente.
Regulación de presiones	Conmutación entre 0 - 90 y 120 mmHg.
Almacenamiento de líquido succionado	Botella de 4 litros tipo irrompible
Eléctricos para los dos tipos de succiones:	
Tensión y frecuencia nominales	110V/120V – 60Hz
Tolerancia en tensión	± 10 %
Tipo de protección contra descargas eléctricas	Tipo I
Grado de protección contra descargas eléctricas	Grado B
REQUERIMIENTOS DE INSTALACION. Ver detalle de ítem 10 Figura 2.1.1.f.	
Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado B, se deberá instalar al panel de distribución de energía en el tomacorriente que tenga el sistema de alimentación eléctrico no aislado con buena instalación de tierra.	

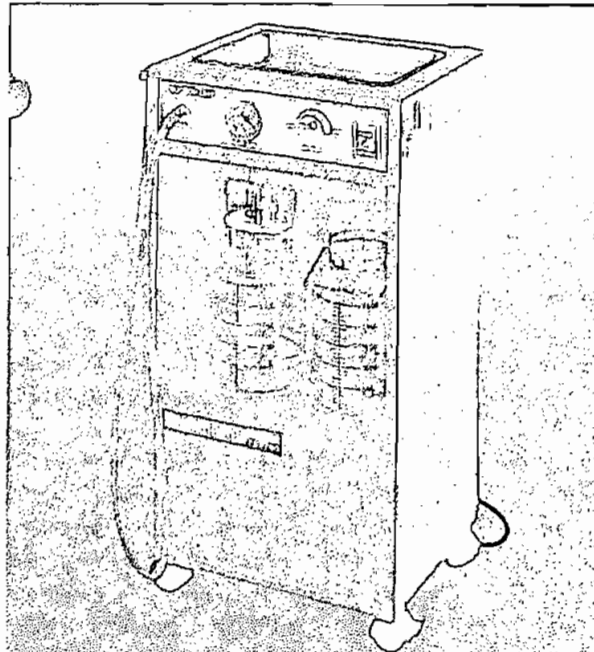
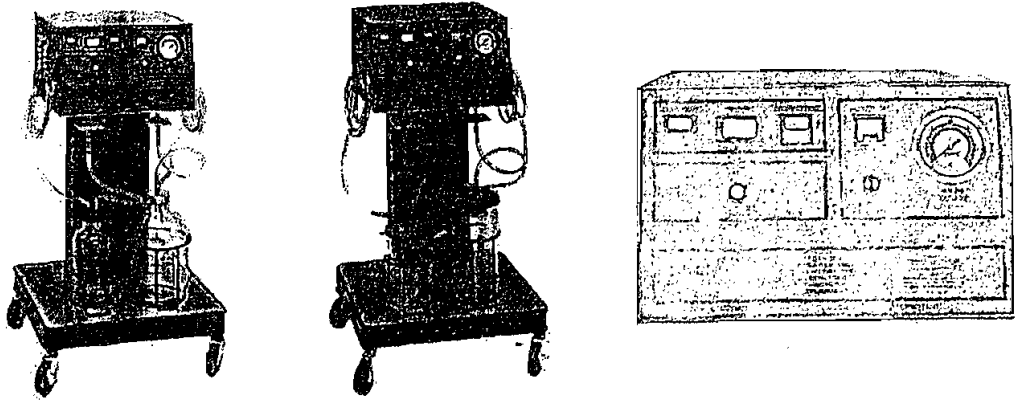


Figura 2.1.2.o.1. Bomba móvil de succión de presión variable.



**Figura 2.1.2.o.2. Bomba móvil de succión tipo termótica.**

\* Bomba de infusión.

La bomba de infusión es un equipo que permitirá suministrar fármacos y alimentación parenteral a los pacientes que están en una U.T.I.. Este equipo debe permitir dosificaciones exactas de ciertos medicamentos críticos, como heparina o tranquilizantes que deben mantener al paciente en su estado tranquilo de recuperación. Además permitirá suministrarlo de el único alimento que puede mantenerlo con vida, ya que su estado crítico no le permite alimentarse por la boca, y es posible que esté entubado (traqueotomía) para el uso del ventilador electrónico, o hasta esté en un estado inconsciente o hasta en coma. Se deberá notar el uso importante de este equipo.

*Se deberá planificar al menos 2 bombas de infusión por cada cama implementada.*

Requerimientos mínimos:

Operativos:	
Modos de operación:	Automática y manual para casos eventuales.
Volumen de suministro controlado:	0 a 1999 ml en pasos de 1 ml.
Tiempo de suministro:	1 minuto a 60 horas en pasos de 1 minuto.
Valores digitales:	Volumen a administrar

	Tiempo a administrar Velocidad de administración Volumen faltante Tiempo faltante
Alarmas:	Audible y visual Burbuja en la línea Puerta abierta (si la tiene) Operación solo con batería Falla de sistema Diferencia de flujo administrado y medido.
<b>Eléctricos:</b>	
Tensión y frecuencia nominales	110V/120V – 60Hz Baterías de 12 V – 2 Ah (típicamente)
Tolerancia en tensión	± 10 %
Tipo de protección contra descargas eléctricas	Tipo I
Grado de protección contra descargas eléctricas	Grado B
<b>REQUERIMIENTOS DE INSTALACION. Ver detalle de ítem 10, Figura 2.1.1f.</b>	
Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado B, se deberá instalar al panel de distribución de energía en el tomacorriente que tenga el sistema de alimentación eléctrico no aislado con buena instalación de tierra.	

A continuación, en la Figura 2.1.2.p. se muestra un ejemplo del tipo de equipo mencionado.

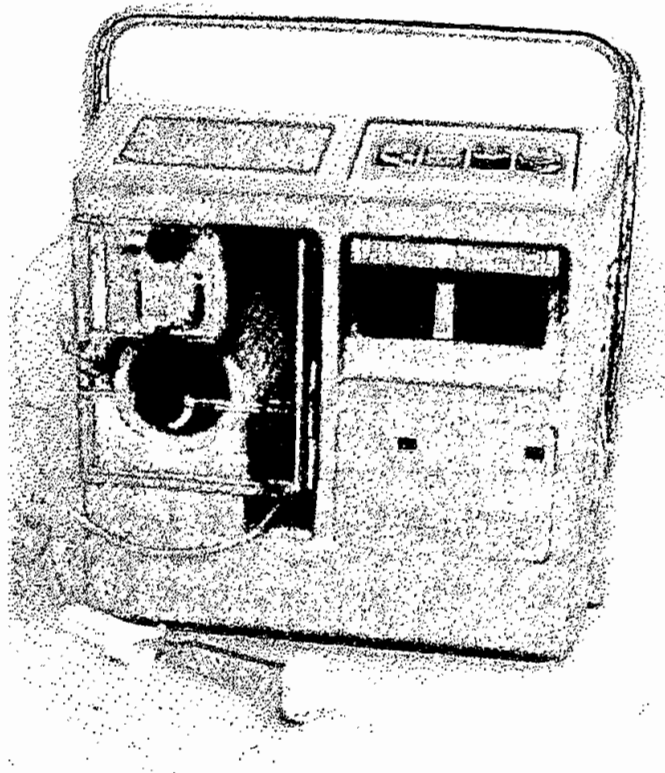


Figura 2.1.2.p. Bomba de infusión para el uso en U.T.I.

- \* Unidades de hipo-hiper termia (Mantas térmicas).

*Se deberá planificar 1 unidad de hipo-hiper termia por cada 4 camas implementadas.*

Requerimientos mínimos:

Operativos:	
Modos de operación:	Automática y manual para casos eventuales.
Tipos de operación:	Calentamiento Enfriamiento
Temperaturas de operación:	Calentamiento: desde temperatura ambiente hasta 55 °C. Enfriamiento: desde temperatura ambiente hasta -10 °C.
Modo de actuación:	Circulación de agua caliente o fría según sea el caso mediante mangueras hacia manta posicionada en el paciente para transmitir su temperatura.
Controles:	Selección de enfriamiento o calentamiento. Apertura de llaves de circulación de agua por mantas. Selección y conexión de al menos dos mantas simultáneas para el mismo paciente. Apertura de llave para dar presión controlada al agua que circulará por la manta al paciente. La temperatura que se induce en el paciente es sólo por transferencia de superficies, el paciente no tiene contacto directo con el agua fría o caliente.
Eléctricos:	
Tensión y frecuencia nominales	110V/120V – 60Hz
Tolerancia en tensión	± 10 %
Tipo de protección contra descargas eléctricas	Tipo I
Grado de protección contra descargas eléctricas	Grado B
REQUERIMIENTOS DE INSTALACION Ver detalle de ítem 10 Figura 2.1.1f	
Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado B, se deberá instalar al panel de distribución de energía en el tomacorriente que tenga el sistema de alimentación eléctrico no aislado con buena instalación de tierra.	

- \* Bandejas estériles con elementos para terapia parenteral, jeringas, agujas, soluciones y drogas usualmente utilizadas para el tratamiento de choque, paros respiratorios o cardíacos.

*Se deberá planificar 1 bandeja por cada 2 camas implementadas.*

- \* Bandejas con instrumental de cateterización y elementos adicionales.

*Se deberá planificar 1 bandeja por cada 2 camas implementadas.*

Los paquetes de instrumental que a continuación se indican, son imprescindibles para el funcionamiento de la U.T.I.; sin embargo, no se detallará el contenido de cada paquete, en virtud del amplio espacio que ocuparía en el presente trabajo. Si el lector está interesado en saber su contenido, se recomienda consultarlo en los manuales de instrumental, en donde encontrará hasta la forma y tamaño del componente de cada paquete.

- \* Instrumental de traqueotomía.

*Se deberá planificar 1 paquete de instrumental por cada 4 camas implementadas.*

- \* Instrumental de toracocentesis.

*Se deberá planificar 1 paquete de instrumental por cada 4 camas implementadas.*

- \* Instrumental de disección.

*Se deberá planificar 1 paquete de instrumental por cada 4 camas implementadas.*

- \* Instrumental y equipo adicional que sea necesario según el criterio del personal médico y enfermeras.

*Se deberá planificar 1 paquete de instrumental por cada 4 camas implementadas.*

### 2.1.3. Instalaciones centralizadas.

Se refieren a las instalaciones que se deben realizar para la distribución controlada de los diferentes gases que se requieren en una U.T.I., ya sea para el cuidado del paciente, sustentación de vida y como suministros denominados centralizados necesarios para el funcionamiento de varios equipos médicos. Estos deben cumplir ciertos requisitos estrictos para cada gas; sin embargo para el suministro de todos ellos se deberá proveer de paneles que den indicación permanente del estado de presión de los gases y activen las señales correspondientes en caso de falla por exceso o defecto de presión, permitiendo también sectorizar la alimentación de los gases a la Unidad mediante llaves de paso. La tubería de distribución debe ser de cobre con sellos perfectos en las uniones y derivaciones que se realicen en la línea de suministro para evitar fugas del gas enviado y tener pérdidas innecesarias de un gas (oxígeno, vacío o aire comprimido) que puede ser costoso; a la vez que puede ser peligroso como en el caso del oxígeno.

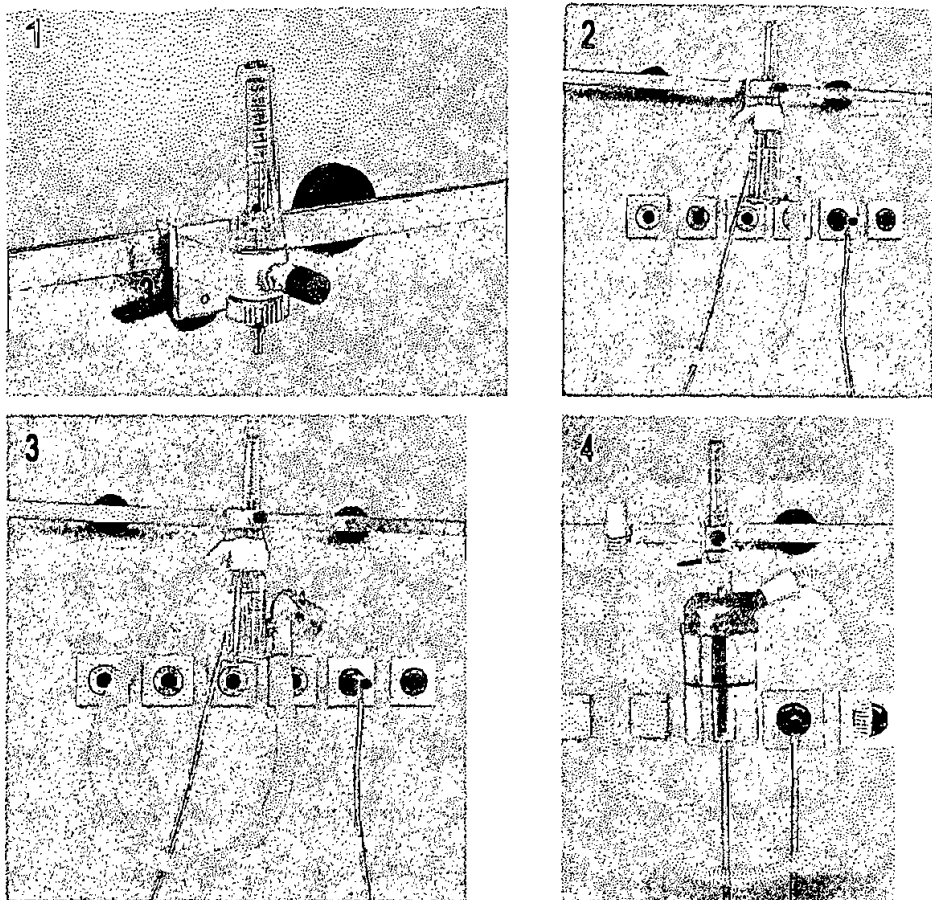
#### *Oxígeno central:*

La instalación de oxígeno centralizada y con salida a cada una de las camas de la unidad se considera una necesidad fundamental. Es aconsejable que el sistema de oxígeno sea considerado, en lo posible,



separadamente para la unidad del resto del hospital, en tal forma de asegurar permanentemente su perfecto funcionamiento.

Se deberá asegurar la provisión de oxígeno mediante tomas rápidas de pared, las mismas que deberán estar a 1.60 metros de altura desde el piso. Estas tomas rápidas deberán proveer oxígeno medicinal 100% puro, presión de 50 PSI para que puedan conectarse directamente los equipos médicos, o mediante flujómetros reductores de presión (como el indicado en la Figura 2.1.3.a.1.) y controladores de flujo con humidificadores graduables o fijos (como el indicado en la Figura 2.1.3.a.2. y 2.1.3.a.4.), el paciente para su provisión regulada de oxígeno a mascarillas o bigoterías (como la indicada en la Figura 2.1.3.a.3).



**Figura 2.1.3.a. Conexiones a las tomas rápidas de oxígeno en una U.T.I.**

Cada cama contará con dos tomas rápidas de pared para provisión de oxígeno para cada paciente, una para el funcionamiento de un ventilador volumétrico o mecánico y la otra para el uso directo al paciente con los flujómetros supracitados.

A pesar de las tomas rápidas de pared de oxígeno central, deberá disponerse de botellas de oxígeno de reserva para el caso de falla del sistema central.

#### *Sistema de vacío o succión central:*

Dentro de lo posible, este sistema debe considerarse como importante pero no fundamental, pues aún existiendo el sistema, debe disponerse de bombas móviles de succión en número que se considere necesario, en caso de que se presente una falla en el sistema central. Los sistemas de aire comprimido (de presión negativa, es decir vacío) con válvulas especiales producen succión a diversas presiones; es un sistema muy económico en su operación.

Presión negativa (vacío) variable entre: 0 – 750 mmHg.

Se deberá planificar una toma tipo manguera de vacío para cada cama.

Las bombas de succión tipo termótico deben ser de dos presiones fijas: 90 y 120 mmHg como las que se describió en los equipos de apoyo.

#### *Sistema de Aire Comprimido:*

La instalación de aire comprimido centralizado y con salida a cada una de las camas de la unidad se considera una necesidad fundamental. Es aconsejable que el sistema de aire comprimido sea considerado, en lo

posible, separadamente para la unidad del resto del hospital, en tal forma de asegurar permanentemente su perfecto funcionamiento.

Se deberá asegurar la provisión de aire comprimido mediante tomas rápidas de pared, las mismas que deberán estar a 1.60 metros de altura desde el piso<sup>7</sup>. Estas tomas rápidas deberán proveer aire comprimido medicinal 98% puro, seco<sup>8</sup>, filtrado (0,1 $\mu$ ), limpio de aceite y polvo y libre de agente patógenos, presión de 50 PSI para que puedan conectarse directamente los equipos médicos.

Cada cama contará con una toma rápida de pared para provisión de aire comprimido para cada paciente, para el uso con un ventilador volumétrico.

A pesar de las tomas rápidas de pared de aire comprimido, deberá disponerse de botellas de aire comprimido de reserva para el caso de falla del sistema central.

La distribución de los gases mediante sistemas centralizados, se lo realiza desde una estación central, del tipo indicado en la Figura 2.1.3.b.

Las tomas rápidas de pared para todos los gases de alimentación de este sistema son como los indicados en la Figura 2.1.3.c.

Es posible que, debido a la falta disponibilidad de espacio en los ductos de alimentación de un hospital, no se pueda enviar por este medio las redes de los gases de suministro central, es posible realizar instalaciones denominadas vistas, con las tomas rápidas de pared, de acuerdo a las alternativas planteadas en la Figura 2.1.3.d.

---

<sup>7</sup> A la misma altura que las tomas para oxígeno.

<sup>8</sup> Aire comprimido medicinal seco con un punto de rocío de  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  a presión ambiente.

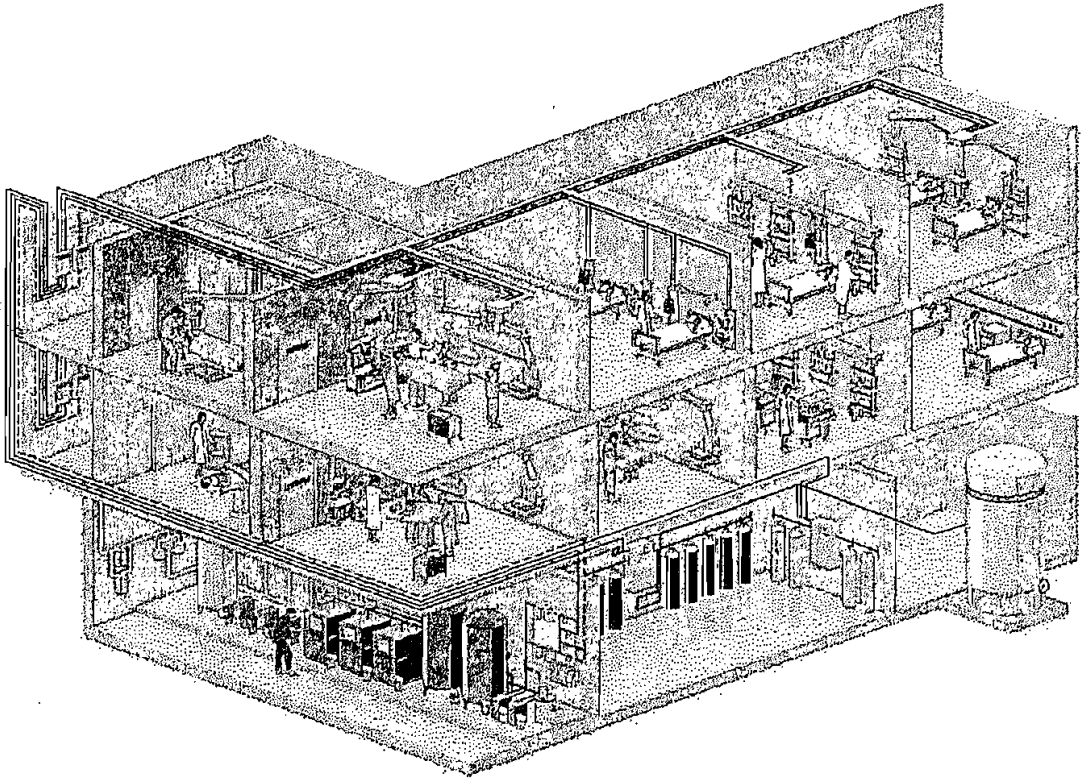


Figura 2.1.3.b. Distribución de gases a varios ambientes en un Hospital.

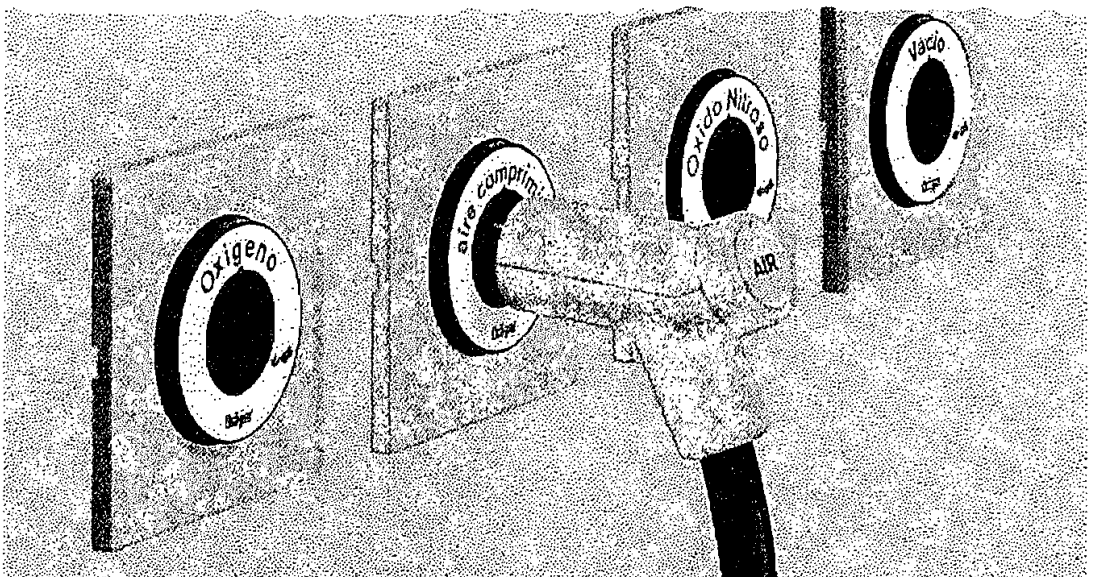


Figura 2.1.3.c. Tomas rápidas de pared para los diferentes gases.

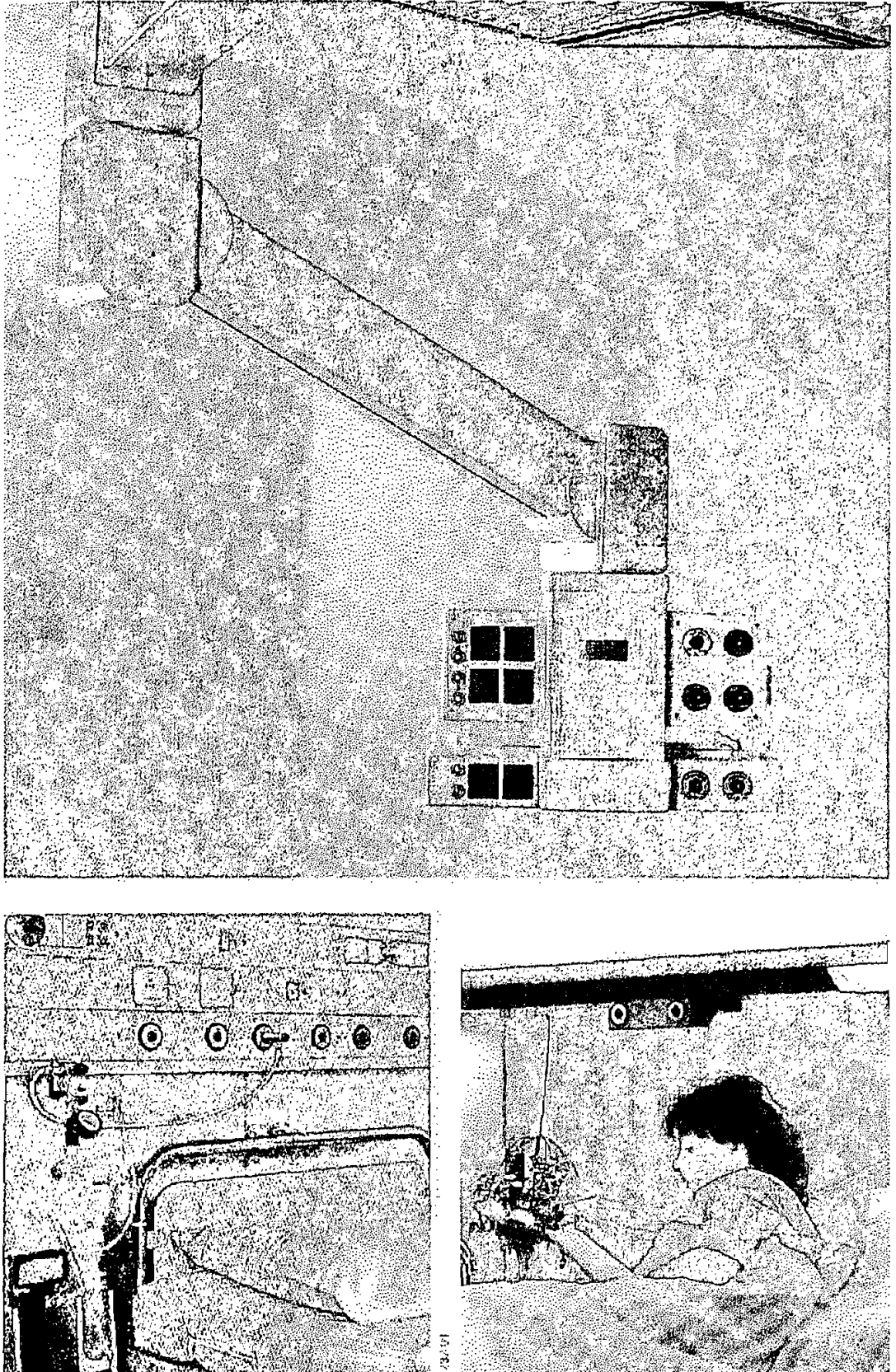
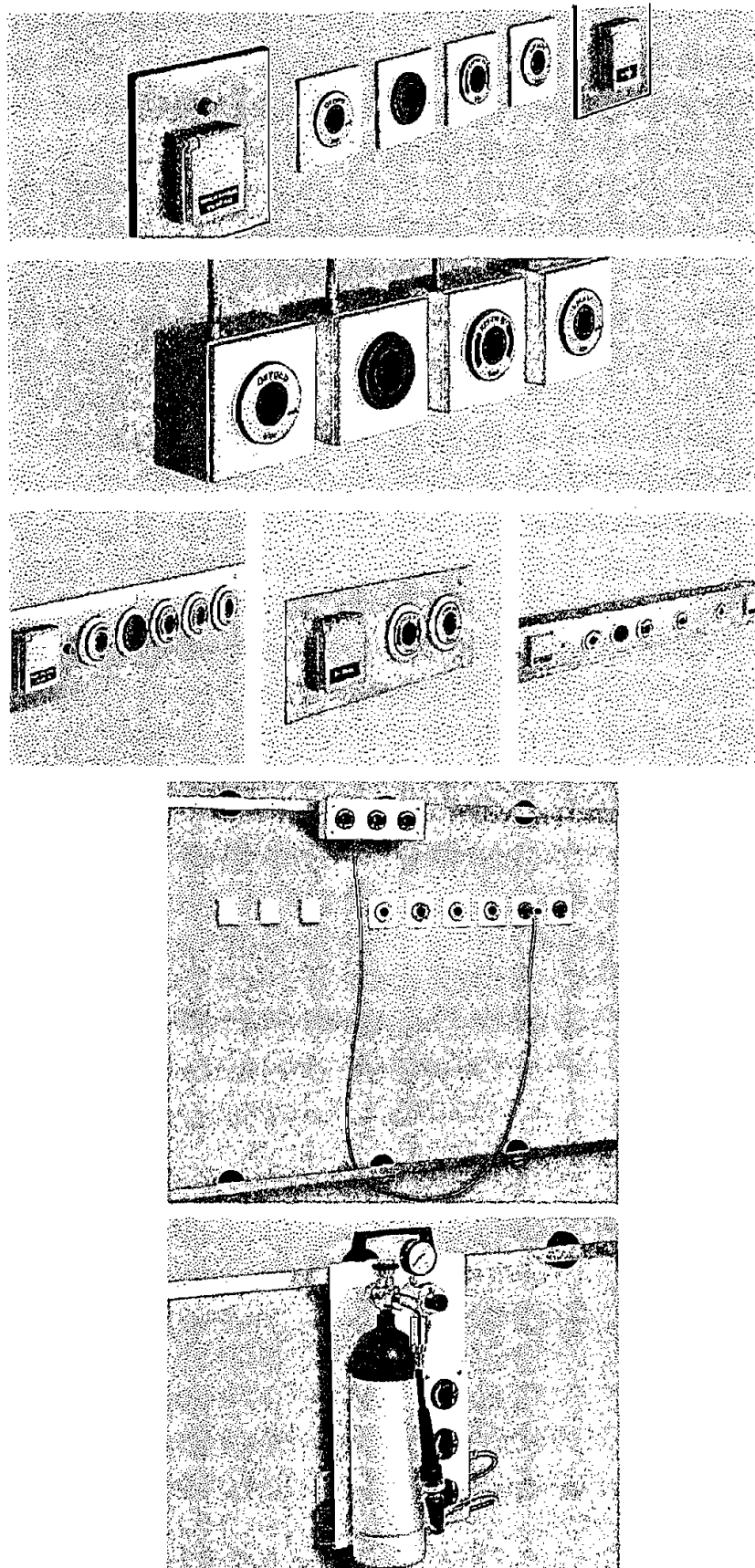


Figura 2.1.3.d. Alternativas de tomas rápidas de pared para los gases de alimentación.



**Figura 2.1.3.e. Alternativas de instalaciones vistas con tomas rápidas de pared y extensiones para los gases de suministro.**

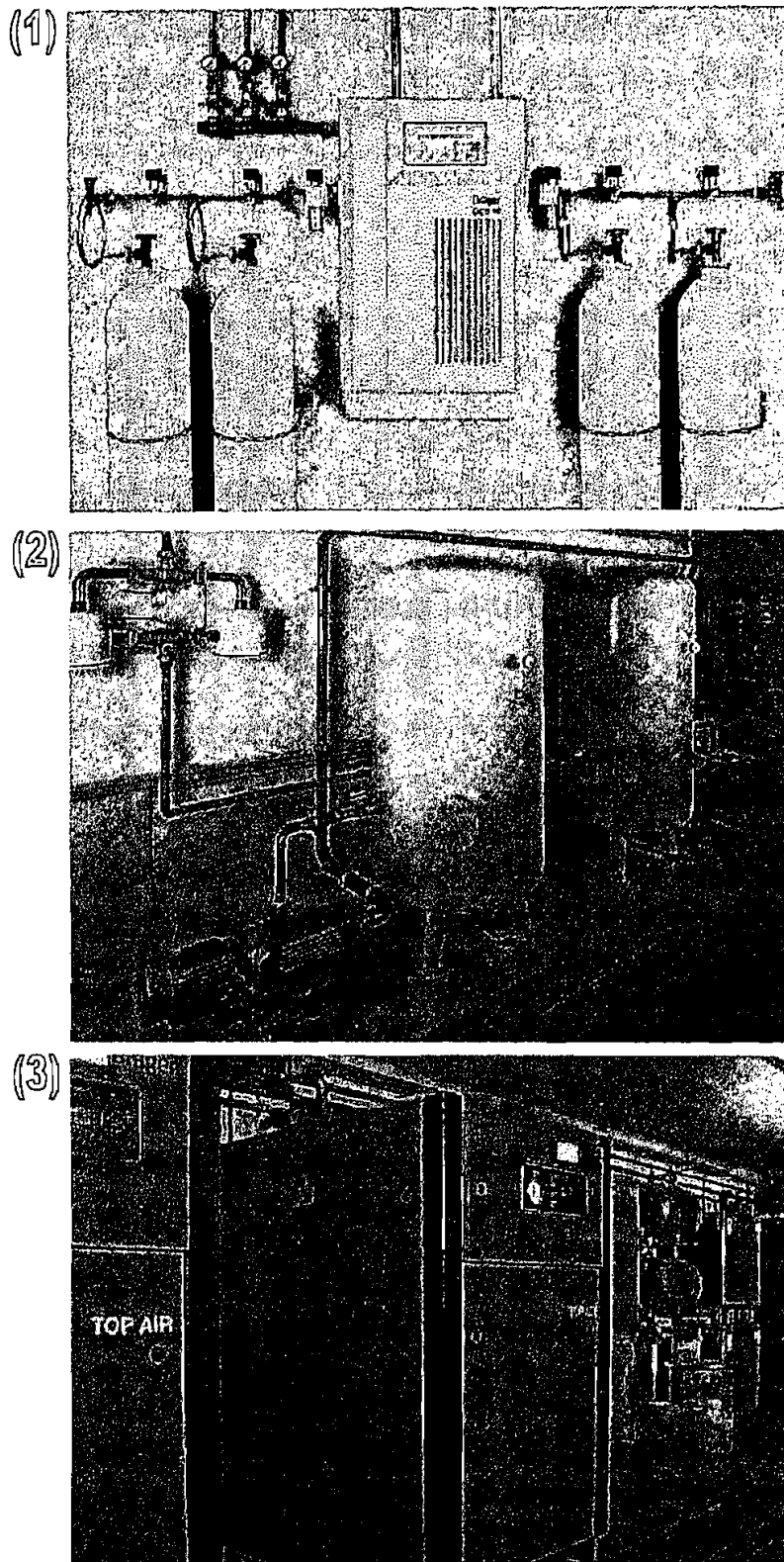
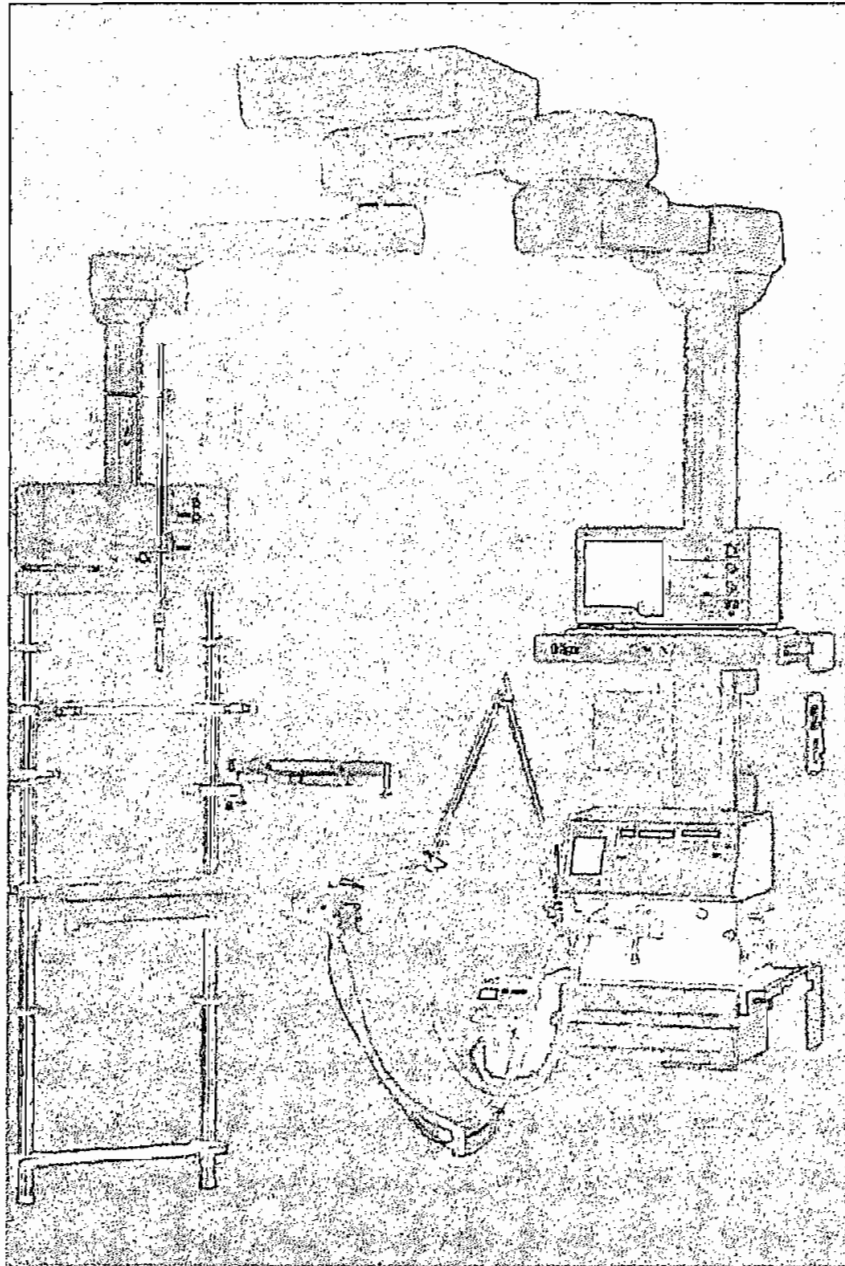


Figura 2.1.3.f. Centrales de suministro de gases para Oxígeno controlado con manifold microprocesado (1), Vacío (2) y Aire Comprimido (3).



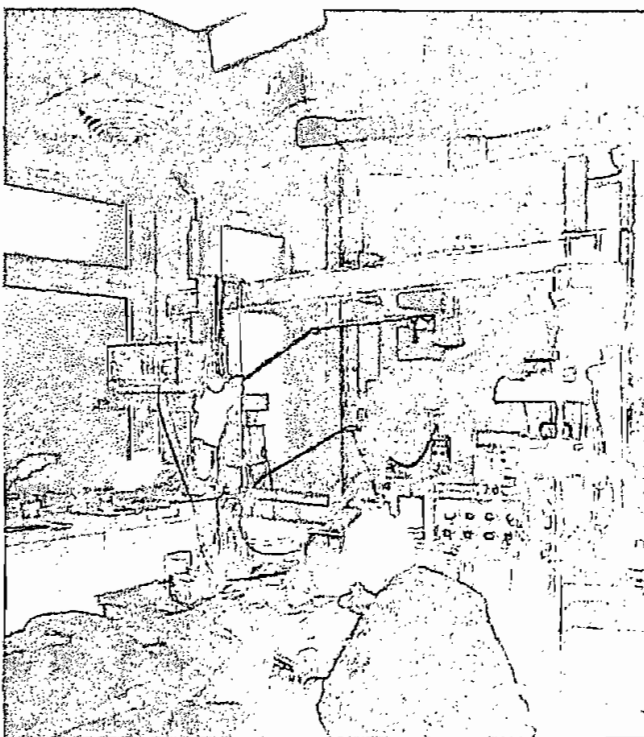
Como se mencionó al principio de la propuesta de la U.T.I. Tipo, una estación de trabajo modularizada para optimizar espacio y organizar el entorno del paciente de una manera eficiente ayudaría grandemente a cumplir las condiciones de planificación, en lo que respecta a accesibilidad y observabilidad. En la Figura 2.1.3.g. se presenta una estación de trabajo eficiente.



**Figura 2.1.3.g. Estación de trabajo eficiente para un cubículo de paciente de una U.T.I.**



Es importante tener la visualización completa de un cubículo de paciente con los equipos que se pueden implementar. En la Figura 2.1.3.h. se presenta lo indicado.



**Figura 2.1.3.h. Areas de trabajo típicas con equipamiento y alimentaciones centralizadas incorporadas de U.T.I.**

*Instalaciones eléctricas:*

La red eléctrica debe planificarse con especial cuidado pues constituye el origen de muchos riesgos para los pacientes así como para el personal médico que trabaja en la Unidad de Terapia Intensiva. El lector deberá referirse a las normas citadas en el Capítulo I en la sección de Seguridad Eléctrica para ampliar la información que se mencionará a continuación. Los problemas que pueden presentarse en esta área se dividen en tres categorías: falta de una adecuada conexión a tierra, problemas de despolarización y los que atañen a fugas eléctricas de la red y especialmente del equipo conectado a ésta.

La falta de una adecuada conexión a tierra convierte al paciente o al personal que lo cuida en un conductor potencial, causando lesiones que pueden ir desde la simple quemadura superficial hasta la fibrilación ventricular, particularmente cuando el paciente está conectado con electrodos, ya sean éstos intracardíacos o cutáneos.

La despolarización sucede cuando se conecta la salida positiva (o fase) con el electrodo negativo (o neutro) del equipo monitor, lo cual produce no solamente daño al equipo, sino que aumenta los riesgos de electrocución del paciente. Para vigilar este tipo de problemas, existen unos dispositivos pequeños para que al ser conectados en una toma polarizada de alimentación de 110V se encienden las señalizaciones respectivas de:

- ☼ Polaridad invertida (fase con neutro).
- ☼ Intercambio de neutro con tierra.
- ☼ Intercambio de fase con tierra.

✱ Fallas de fase, neutro o tierra.

La utilización de este tipo de dispositivos permitirá la adecuada supervigilancia de este factor y al ser eliminado de inmediato se elimina también esta fuente de fallas. Este procedimiento de vigilancia de despolarización, deberá realizarse antes de conectar cualquier equipo médico a las tomas de alimentación de red.

Los problemas de fugas de corrientes son causados por el aumento de la resistencia en cables y conexiones, y por cambios de voltaje en el circuito correspondiente. Se ha comprobado que estas fugas, al no tomarse los cuidados necesarios en la instalación, pueden producir las mismas lesiones indicadas en el Capítulo I en la sección de Seguridad Eléctrica.

Para evitar estos problemas se recomienda la instalación de los transformadores especiales de aislamiento<sup>9</sup>, que eviten las fugas de corriente cuando ocurran cambios de voltaje en el circuito respectivo.

La red eléctrica debe considerar la instalación de varios circuitos de tal forma que de las seis salidas de 110 Voltios que se aconsejan para cada cama, tres queden conectadas a un circuito y el resto a otro (referirse a Figura 2.1.1.f.). Se debe disponer por lo menos de una salida para 220 Voltios, para ser utilizada para equipos móviles de Rayos X (ver Figuras 2.1.1.i. y 2.1.1.j.) y otro tipo de equipo que requiera alto voltaje. Las salidas deben estar por lo menos a un metro de altura sobre el suelo y cada cama debe tener orificios para los polos positivo, negativo y neutro; o fase, neutro y tierra. Los enchufes deben manejarse con cuidado para evitar la desconexión de alguno de los tres cables.

---

<sup>9</sup> Analizados en la sección relativa a Seguridad Eléctrica del Capítulo I.

La red eléctrica de la Unidad debe estar conectada con el generador eléctrico de emergencia (ítem 4 de Figura 2.1.1.f.) de la Casa de Máquinas y de arranque automático (Tablero de transferencia automática de la Casa de Máquinas) para evitar el desabastecimiento cuando se presente una interrupción de energía eléctrica normal de la red pública.

*Sistema de iluminación:*

El sistema de iluminación en la Unidad constituye una condición importante pues, de todos los servicios del Hospital, la Unidad de Terapia Intensiva es un servicio en el que habrá actividad permanente 24 horas al día. Deben preverse instalaciones de iluminación de tipo incandescente y de dos intensidades: una para poder efectuar exámenes y procedimientos en cualquier momento, por parte del médico intensivista o el personal auxiliar, y otra de menos intensidad para que no interfiera con el reposo que el paciente debe gozar, pero que permita su observación.

*Sistema de comunicación:*

Las comunicaciones dentro de la unidad, de la unidad con el resto del hospital y fuera de éste son vitales. Deben establecerse comunicaciones entre el paciente y la estación de enfermería; entre esta última, los cuartos de médicos de guardia y la oficina de coordinación de la unidad; y entre la oficina de coordinación de la unidad y el exterior. Debe suministrarse, al menos, una línea telefónica externa exclusiva para el uso de la Unidad, y dos líneas internas para comunicación dentro del Hospital.

#### 2.1.4. Sistemas contra incendios.

Como medida precautelatoria del paciente y personal médico que labora en esta Unidad, es necesario tomar en cuenta estos sistemas, debido a que todas las recomendaciones que pueden seguirse con respecto a seguridad, confiabilidad, etc., no tendrían total efecto si son destruidos por el fuego. Existen algunos factores que son importantes de considerar en el diseño de estos sistemas:

- ☀ Características generales del sector:
  - \* Poca carga de fuego, es decir, no tiene grandes almacenes de material combustible que alimente a éste.
  - \* La principal peligrosidad de incendio corresponde a la ocasionada por los numerosos equipos eléctricos y electrónicos que utiliza la unidad.
  - \* Los pacientes de la Unidad de Terapia Intensiva se deben considerar como no evacuables.
  - \* Es una unidad permanentemente atendida con numeroso personal médico y auxiliar del hospital.
- ☀ Evacuación:
  - \* Pacientes: aunque en la práctica no se puedan evacuar, debe disponer además de la entrada normal a la unidad, una salida de emergencia.
  - \* Personal: además de las salidas para pacientes, pueden utilizar la salida al pasillo de la entrada normal.
- ☀ Detección:
  - \* Detectores de humo repartidos uniformemente por la unidad.

- \* Indicadores de actuación en las dependencias cerradas, como almacén y cuarto de material sucio, visibles desde el puesto de la central de enfermería.
- ☀ Extinción:
  - \* Extinguidores portátiles manuales en el puesto de la central de enfermería.
  - \* La detección y la alarma, deberán complementarse por instalaciones de extinción automática, o por lo menos, por cortinas de agua pulverizada delante de los ventanales, evitando así que estallen bajo el efecto del calor. Del mismo modo, la electricidad debe suspenderse automáticamente en el compartimento siniestrado. Los sistemas centralizados, especialmente de oxígeno deberán también ser interrumpidos bajo estas circunstancias.
  - \* Armarios de equipos de manguera junto a la entrada normal a la unidad y junto a la salida de emergencia.
- ☀ Plan de alarma:
  - \* Pulsadores de alarma en la central de enfermería.
  - \* Intercomunicador en la central de enfermería conectado al control general de la planta baja y central de servicio de extinción de incendios propio del edificio.
- ☀ Evacuación de humos:
  - \* La extracción de humo debe realizarse, de forma particular para esta unidad, a través del almacén y del cuarto de material sucio.

## 2.2. Definición de una Unidad de Terapia Intensiva Básica.

Las limitaciones de espacio físico o de tipo económico pueden exigir la disminución del tamaño, número o especificaciones de las áreas y/o equipos que se han propuesto para conformar la U.T.I. Tipo. Frente a tales exigencias, la gran pregunta a contestar es ¿Hasta dónde y a qué se pueden realizar cortes, sin que la U.T.I. pierda sus características correctas de funcionalidad o no cumplan normas que la descalifiquen y deje de ser considerada como tal, poniendo al ingeniero diseñador y al Hospital donde se realiza la instalación, vulnerable a acciones legales por violación a normas de procedimientos y/o de seguridad?. En este acápite se propone lo que el autor considera como mínimo para que una U.T.I. pueda ser considerada como tal.

Se debe recordar la definición funcional de Unidad de Terapia Intensiva Tipo mencionada en el Capítulo I:

*"La Unidad de Terapia Intensiva (U.T.I.) es un servicio para concentración de enfermos en estado crítico, potencialmente reversibles, que cuenta con personal médico y paramédico adiestrado en el manejo de equipos electromédicos para apoyo orgánico-funcional y vigilancia continua de variables vitales. Está organizado de modo que integra la atención médica temporal de esta área con los servicios de cuidados intermedios de la propia unidad o con los que se proporcionan en el resto del Hospital"*<sup>10</sup>.

Todo esto, se mantiene para una Unidad de Terapia Intensiva Básica (U.T.I. Básica), la finalidad, los objetivos y forma de cumplir estos objetivos, ya que una UTI Básica debe cumplir la misma concepción que una UTI Tipo, con las únicas diferencias que se proponen a continuación y que, la

---

<sup>10</sup> DIAZ DE LEON Manuel; *Medicina Crítica*; Ed. LIMUSA1993; México; p. 18

mayoría, tienen que ver con la disponibilidad del recurso económico y políticas sociales:

- Considerando el recurso económico del que se dispone, es posible que la capacidad de la Unidad, espacio físico para cada cubículo, área para la estación de enfermería y áreas adicionales sean ajustados.
- Debido al recurso económico del que se dispone, los requerimientos de equipamiento médico pueden relajarse en cuanto a opciones y número, las instalaciones centralizadas pueden no existir, especialmente en referencia a la central de oxígeno, succión central y aire comprimido, las instalaciones eléctricas pueden tener menos protecciones; y los sistemas de comunicación y de iluminación se pueden hacer menos óptimos.

### 2.3. Propuesta de una Unidad de Terapia Intensiva Básica.

¿Hasta qué punto se puede reducir las especificaciones y requerimientos sin que la U.T.I. deje de ser considerada como tal, de acuerdo a las recomendaciones internacionales existentes?. A continuación se discutirá y analizará esta interrogante, sin embargo es necesario indicar que las reducciones en cuanto a capacidad física, equipamiento médico e instalaciones centralizadas, se las realizará sobre la base de las recomendaciones internacionales indicadas anteriormente, de las recomendaciones de personal médico íntimamente ligado a estas áreas críticas, y del fruto de la experiencia adquirida a través de los años de trabajo realizado en estas áreas críticas por parte del autor de esta tesis, lo que ha posibilitado crear la siguiente propuesta de diseño para la Unidad de Terapia Intensiva Básica.



### 2.3.1. Recursos físicos.

*Planta física:* debe estar ubicada donde se encuentran los servicios de urgencia del Hospital como: Admisión Hospitalaria, Quirófanos, Terapia Intermedia, Respiratoria, Recuperación, Imagenología y Laboratorio Especializado; es decir, con respecto a su ubicación no hay alternativas.

Por efectos económicos, si bien se ha considerado que una unidad con seis camas-camilla sería el tamaño mínimo económicamente eficiente, pues se requiere el mismo personal para unidades de menor tamaño, se puede considerar que cuatro camas sería el mínimo justificable para una Unidad.

El espacio mínimo para 6 camas debe ser de 150 metros cuadrados, manteniéndose que el área para cada cama requiere un promedio de 12 metros cuadrados con dimensiones no menores a 3.3 x 3.6 metros, de tal forma que se disponga de 1.20 metros a los lados y en un extremo de la cama. Ajustando estas dimensiones para 4 camas quedaría que este espacio mínimo debe ser de 100 m<sup>2</sup>, manteniéndose el área para cada cama; es decir, es preferible reducir el número de camas antes que mantener su número a costa de reducir el área de cada cubículo.

También, debe asignarse área suficiente para una estación de enfermería central que permita la observación directa a todos los pacientes.

El área para depósito de material, equipos, medicamentos, ropería, servicios sanitarios y cuarto de aseo se lo puede ubicar en una sola sección dividida en dos ambientes.

En la Figura 2.3.1.a. se presenta un esquema de la planta física de una U.T.I. Básica para 6 camas con su distribución de requerimientos mínimos.

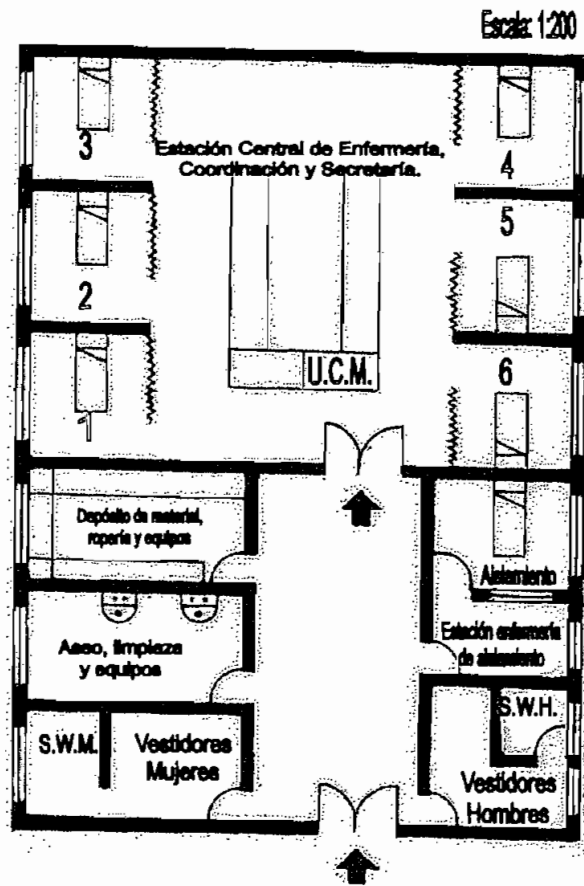


Figura 2.3.1.a. Esquema de la planta física de una U.T.I. Básica para 6 camas.

Sobre el esquema de la planta física de una U.T.I. Básica de la figura anterior, es necesario realizar las siguientes acotaciones.

La salida de emergencia, prevista para la U.T.I. Tipo, no existe debido a que ésta requiere de una infraestructura adicional con escaleras, lo que implicaría más espacio. La salida de emergencia se la realiza por el mismo acceso principal.

La propuesta de la capacidad para esta U.T.I. Básica se la ha realizado pensando en 6 cubículos, a pesar del planteamiento de que el mínimo es 4,

debido a que los cambios que se pueden realizar para lograr este objetivo son mínimos, como se verá a continuación.

Si se desea reducir la capacidad a 4 cubículos, se deberá recorrer la pared posterior (de los cubículos 3 y 4) hasta las paredes divisorias de los mismos. Las paredes de separación de los cubículos que están propuestos, se pueden cambiar a cortinas corredizas, implicando por tanto que los accesorios que estaban empotrados en la pared tras del paciente, se deberán reubicar en la pared lateral (ítems 9, 17, 18 y 24), así como también en la pared frontal al paciente (ítems 22 y 26).

Se deberá tomar en cuenta que el ítem 18 es el tablero con el transformador de aislamiento, lo que lleva a considerar que la reubicación de éste implica una extensión de las longitudes de los cables de alimentación eléctrica hacia el tablero.

Como se estableció anteriormente que el cuarto de aislamiento puede eliminarse, si el factor económico lo obliga, este espacio podrá ser ocupado por los vestidores de hombres y mujeres de forma colindante, reduciéndose aún más el espacio ocupado por toda la Unidad.

El cuarto séptico (aislamiento), será opcional pero si son críticas las condiciones económicas, puede descartarse. El espacio para oficinas de coordinación médica y personal de secretaría serán compartido con la estación de enfermería.

El diseño ideal de la Unidad en cuanto a accesibilidad, observabilidad, comodidad y privacidad para los pacientes, puede ser sacrificado

principalmente en la privacidad. Es posible establecer un solo ambiente con separación de cortinas para cada cama, si el factor económico obliga a no tener paredes de separación entre cubículos.

Se debe considerar el hecho de que, el listado de equipamiento para la U.T.I. Tipo indicado anteriormente, se lo ha dejado con todos los ítems numerados para establecer la diferencia con la U.T.I. Básica, realizando las correcciones necesarias para marcar su variación.

En la Figura 2.3.1.b. se indica la distribución de uno de los cubículos de la U.T.I. Básica, en donde están ubicados físicamente, tanto los equipos, sistemas de alimentación de gases alternativos, es decir los tanques de los diferentes gases, como el mobiliario imprescindible y suficiente, numerados de acuerdo a la siguiente lista:

Ítem	Descripción del ítem
1	Alimentación general o línea de distribución del edificio.
2	Distribución en la planta o derivación individual.
3	Tablero de distribución en la Unidad de Terapia Intensiva.
4	Suministro complementario desde generadores de emergencia.
5	Transformador de aislamiento tipo médico.
6	Dispositivo de vigilancia de aislamiento y/o monitor de detección de fugas.
7	Radiador de calefacción central.
8	Marco metálico de ventanas.
9	Monitor de parámetros vitales. Tipo de conexión para ítem 21 y Electrocardiógrafo.
10	Respirador de presión positiva tipo electrónico. Tipo de conexión para ítems 13, 14, 15 y Gasómetro.
11	NO EXISTE
12	Cuadro de alarmas del dispositivo de vigilancia de aislamiento.
13	NO EXISTE
14	Bomba móvil de succión de presión variable.
15	Bombas de infusión.
16	Cama-camilla mecánica.
17	Lámpara de examen.
18	Tablero de distribución de energía para equipos médicos.
19	Equipo de Rayos X móvil y/o Equipo de Rayos X de Arco en C.
20	Interruptor de protección diferencial para toma de Equipo de Rayos X.
21	Monitor de electrocardiografía, registro en papel y desfibrilador/cardioversor.
22	Negatoscopio de pared.
23	Toma de pared para equipo de Rayos X.
24	Esfigmomanómetro o tensiómetro de mercurio de pared.
25	Mesa de medicamentos, auxiliar o de comida.
26	Estantería metálica para medicamentos y/o accesorios.

Detalle de tablero de aislamiento  
en la Figura 2.1.1.c.

Escala: 1:20

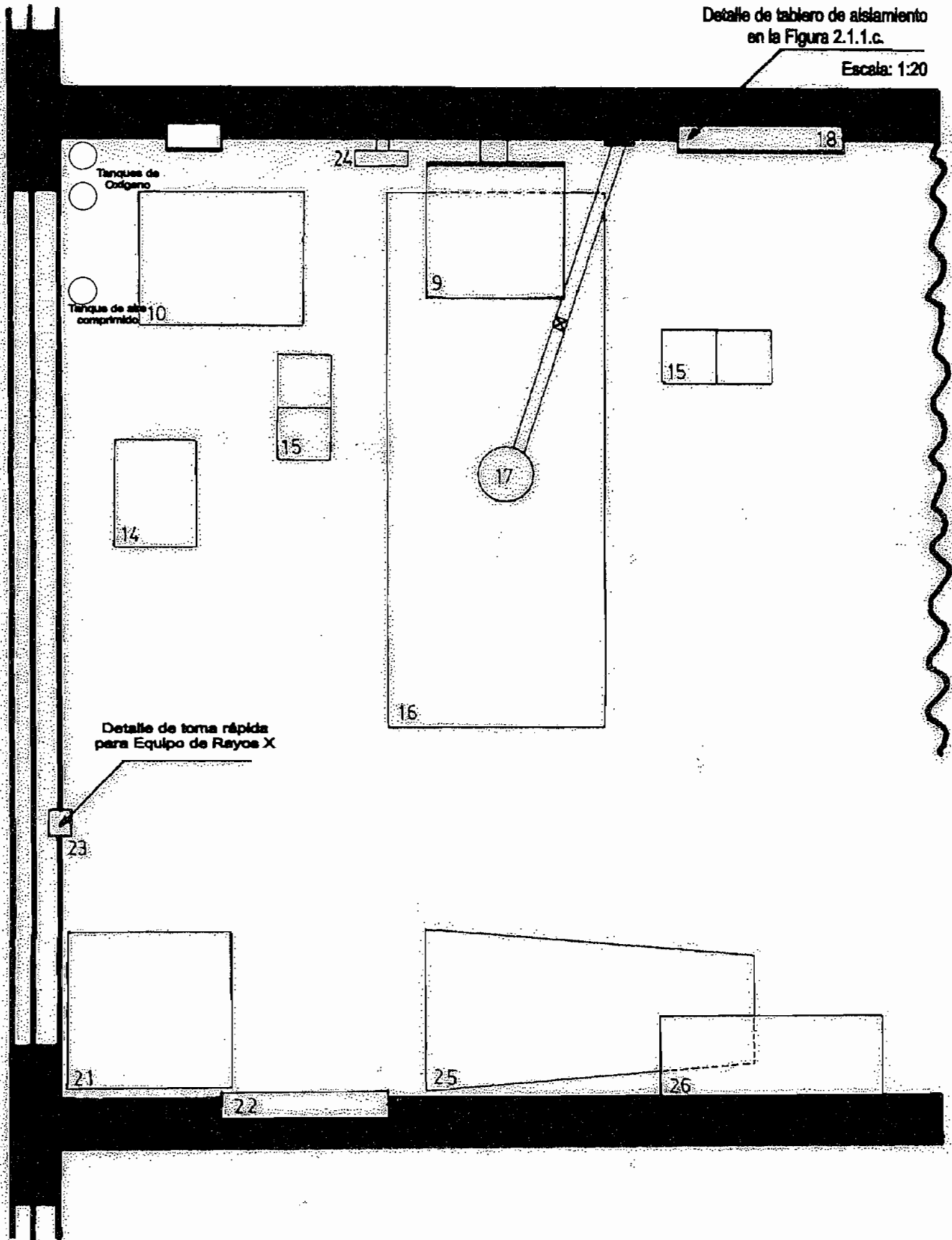


Figura 2.3.1.b. Esquema de distribución de un cubículo de paciente para una U.T.I. Básica.

La especificación del transformador de aislamiento (ítem 18) para una U.T.I. Básica debe ser igual para la U.T.I. Tipo. No se debería aceptar ninguna variación de diseño, aunque posiblemente en su capacidad si, pues se debe recordar que se estarán utilizando menos equipos médicos en cada cubículo. Se sugiere, de acuerdo a la carga de los equipos, que se pueda utilizar un transformador de 7.5 KVA o de hasta 5 KVA. En cuanto a los sistemas de vigilancia (indicadores remotos o incorporados de alarma Figura 2.1.1.d.) y monitor de aislamiento (Figura 2.1.1.e.), asociados al tablero de aislamiento, tampoco existe variación. Por esto, para cualquier consulta deberá referirse a la Figura 2.1.1.c. del subcapítulo anterior, en donde está indicado el detalle de instalación y distribución para el tablero mencionado.

Para el caso de la U.T.I. Básica, tanto los tipos de tomas especiales de alimentación eléctrica aislada (Figura 2.1.1.g.), como los tipos de cables de tierra (Figura 2.1.1.h.), que pueden utilizarse, serán de las mismas especificaciones que para el caso de la U.T.I. Tipo.

Para la alimentación eléctrica del Equipo de Rayos X Móvil, o del Equipo de Rayos X de Arco en C (ítem 20), el tablero independiente de distribución eléctrica (Figura 2.1.1.i.) y su toma rápida (Figura 2.1.1.j.) tendrán las mismas exigencias que para el caso de la U.T.I. Tipo.

La reubicación propuesta para los ítems 9, 17, 18, 22, 24 y 26, cuando no se tienen paredes en las divisiones de los cubículos, deberá realizarse pensando en la configuración final más óptima, sin embargo, para el caso de los 4 cubículos, se deberá contar con el hecho de que las paredes que limitan a los cubículos (no entre ellos) pueden albergar estos ítems, obteniéndose así una buena alternativa para instalarlos. Recordar que el

monitor de parámetros vitales (ítem 9) es pesado, por lo que se deberá pensar en una sustentación a la pared (instalación original) o, mediante una estructura, al techo.

En la Figura 2.3.1.c. se encuentra el detalle de la distribución eléctrica para un cubículo de paciente de una U.T.I. Tipo.

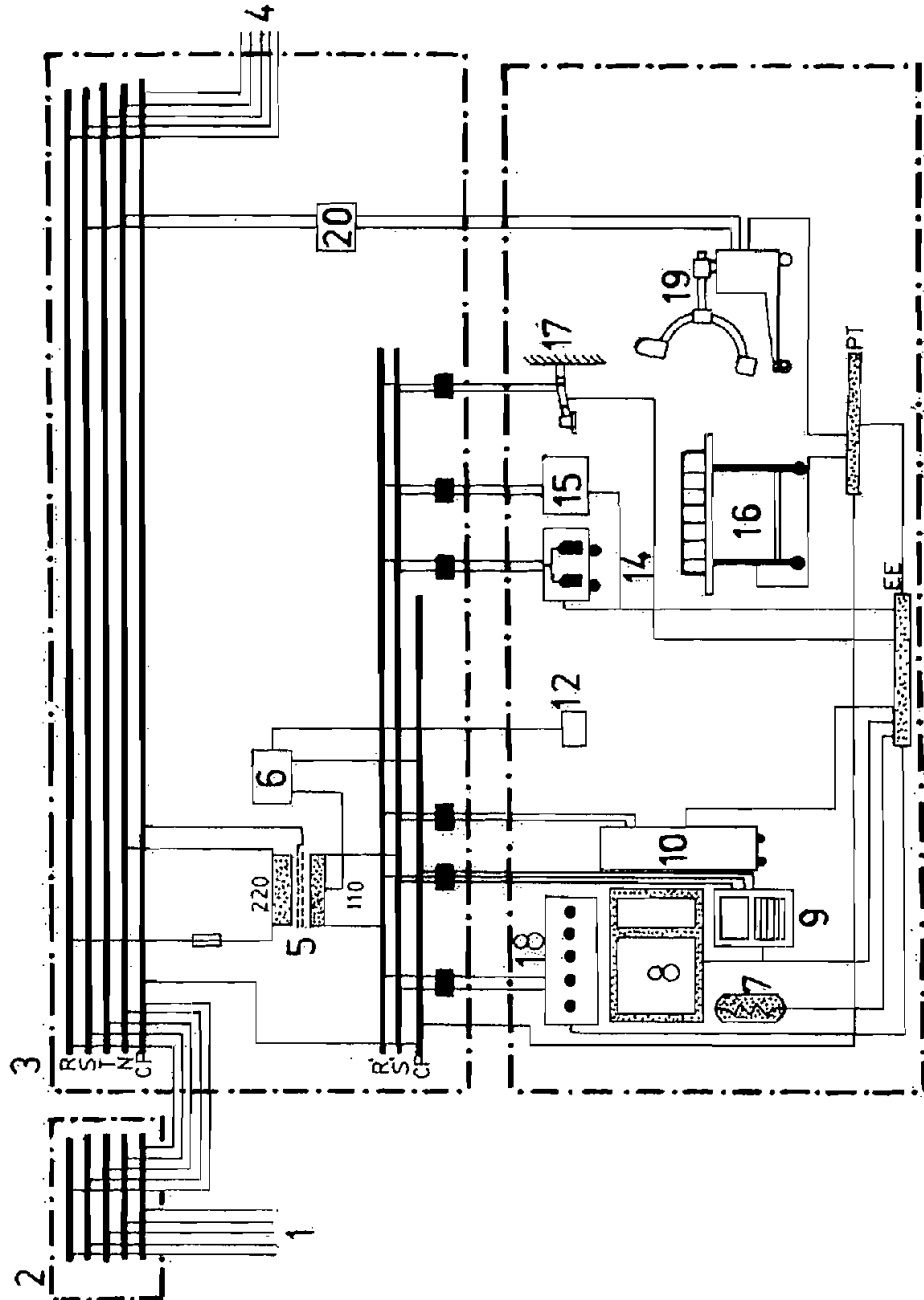


Figura 2.3.1.c. Distribución eléctrica para un cubículo de un paciente en la U.T.I. Básica.

### 2.3.2. Recursos de equipamiento médico.

Las propuestas que se hacen a continuación, se basan en el análisis estadístico de las patologías de los pacientes que se tratan más frecuentemente en una U.T.I., lo que ha permitido, a través de la experiencia alcanzada en la ejecución de las labores técnicas en estas áreas críticas, reducir los requerimientos para obtener una reducción de costos, sin perder la calidad y confiabilidad de atención a los pacientes.

El equipamiento mínimo y sus requerimientos para la Unidad de Terapia Intensiva Básica será el que se indica a continuación:

- ☀ Equipo monitor
  - \* Monitor de parámetros vitales
  - \* Unidad central de monitoreo
- ☀ Equipo de sustentación de vida y reanimación
  - \* Respirador de presión positiva tipo electrónico
  - \* Monitor móvil con electrocardiografía, registro en papel y desfibrilador/cardioversor
  - \* Electrocardiógrafo de 1 o 3 canales
  - \* Marcapaso de batería
  - \* Equipo de masaje externo cardíaco
  - \* Carro de urgencias
- ☀ Equipo de apoyo
  - \* Respirador de presión positiva tipo mecánico
  - \* Bomba portátil de succión de presión variable
  - \* Bomba de infusión
  - \* Unidades de hipo-hiper termia (opcional)



- \* Bandejas estériles con insumos médicos
- \* Bandejas con instrumental
- \* Instrumental para: traqueotomía, toracotomía, disección, adicional

Las camas-camilla utilizadas, esfigmomanómetro, soportes de venoclisis, mobiliario, serán las mismas de la UTI Tipo, con todas las recomendaciones y sugerencias descritas.

A continuación se describirán las necesidades y requerimientos mínimos de los equipos electromédicos imprescindibles en una U.T.I. Básica.

#### *Equipo Monitor:*

Se deberá utilizar el mismo tipo de monitor descrito para la UTI Tipo, con las siguientes posibles variaciones:

- Se aconseja iniciar con un sistema de monitores: simple para dos o cuatro camas y con módulos para vigilar tres o cuatro parámetros: Electrocardiografía, Respiración, Temperatura y Presión Arterial Invasiva (IBP).
- La comunicación entre el monitor del paciente y la central puede hacerse por cables. Por telemetría podría resultar más costoso en cuanto a los requerimientos de los equipos, pues éstos deberían tener la posibilidad de transmisión y recepción de datos.
- La monitorización de más parámetros vitales pueden ser: Presión Arterial No Invasiva (NIBP) y Oximetría de pulso, que son más económicos que la monitorización de los otros parámetros que pueden implementarse.

Se deberá planificar un monitor por cada cama implementada.

Requerimientos mínimos:

<b>EQUIPO MONITOR:</b>	
Medición de parámetros:	<p>ECG. Con selección de derivaciones: I, II, III, aVR, aVL, aVF y C. Onda y valor digital (solamente de la derivación seleccionada).</p> <p>NIBP. Con selección de valores: Sistólica, Diastólica, Media y pulso Onda y valor digital (solamente del parámetro seleccionado).</p> <p>SPO<sub>2</sub>. Con selección de valores: Valor de %O<sub>2</sub>, y pulso. Onda y valor digital.</p> <p>Temperatura. Valor digital.</p> <p>Respiración. Onda y valor digital.</p> <p>Presión invasiva (IBP). Con selección de valores: Sistólica, Diastólica, Media, Sistólica/Diastólica alternada. Onda y valor digital.</p>
Señales visibles de parámetros:	Al menos 2 señales simultáneamente en pantalla.
Valores digitales de señales:	Al menos 2 displays de valores digitales en la parte frontal del equipo.
Alarmas:	Audible y visual Definición de límites superiores e inferiores para cada parámetro monitorizado.
Memoria:	Almacenamiento de datos de parámetros para consulta posterior en trend o lista de documentación.
Conectabilidad:	Posibilidad de conectarse a una unidad central de monitoreo y ser controlada desde allí.
<b>UNIDAD CENTRAL DE MONITOREO (OPCIONAL – Posibilidad de eliminar)</b>	
Concentración de periféricos:	En módulos de hasta 4 monitores periféricos.
Capacidad de pantalla:	Mostrará parámetros de 4 pacientes simultáneamente.
Tipo de registro:	ECG y presión seleccionada en papel, de paciente seleccionado en modo manual desde la central o desde un monitor, o en modo automático cuando se ha violado algún límite de alarma, marcando los datos de fecha, hora e identificación de paciente.
Unidad central deberá posibilitar:	Por paciente mostrará señal de ECG y un parámetro a elección, por ejemplo SaO <sub>2</sub> o presión sistólica/diastólica.
Alarmas:	Audible y visual Definición de límites superiores e inferiores para cada parámetro monitorizado.
<b>REQUERIMIENTOS ELÉCTRICOS PARA MONITORES Y UNIDAD CENTRAL:</b>	
Tensión y frecuencia nominales	110V/120V – 60Hz En caso de falla, deberá disponer de baterías recargables para suministro de energía de por lo menos 1 hora.
Tolerancia en tensión	± 10 %
Tipo de protección contra descargas eléctricas	Tipo I

Grado de protección contra descargas eléctricas	Grado BF
<b>REQUERIMIENTOS DE INSTALACION:</b> Ver detalle de ítem 9 de Figura 2.3.1.c	
Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado BF, se deberá instalar al panel de distribución de energía en el tomacorriente que tenga el sistema de alimentación eléctrico aislado con buena instalación de tierra. También se deberá prever el cableado de datos entre los monitores de cada cubículo hacia la unidad central de monitoreo.	

*Equipo de sustentación de vida y reanimación:*

Este grupo está formado por los siguientes equipos:

- Respirador de presión positiva tipo electrónico (Ventilador volumétrico, de presión y flujo).

*Se deberá planificar un respirador por cada cama implementada.*

Requerimientos mínimos:

Operativos:	
Modos de ventilación	Controlada Asistida/Controlada Controlada + suspiro Asistida/Controlada + suspiro SIMV CPAP
Volumen tidal	Adultos: 200 a 1500 ml Niños: 50 a 250 ml
Presión de seguridad	10 a 120 cm H <sub>2</sub> O
Máxima presión de trabajo	120 cm H <sub>2</sub> O
Variación de % de oxígeno	21 a 100%
Frecuencia de respiraciones	Adultos: 1 a 60 BPM Niños: hasta 120 BPM
Monitorización	PARÁMETROS PROGRAMABLES: O <sub>2</sub> (%) Volumen tidal T inspiración Frecuencia Forma y valor de pausa inspiratoria PEEP Modo de ventilación I:E T espiración Flujo P máxima PARAMETROS MEDIDOS: MV VT espirado P media P pico FORMAS DE ONDA: Flujo Presión Trends
Control de flujo	Control automático del flujo del gas respiratorio en aplicaciones de volumen

	constante.
Parámetros de ventilación sugeridos	Sugerencias de parámetros de ventilación así como límites de alarma de inicio de acuerdo a peso de paciente, para que sena las condiciones predefinidas de arranque del equipo.
Alarmas:	Audible y visual Definición de límites superiores e inferiores para cada parámetro monitorizado.
Pantalla de curvas y parámetros	Tipo general para mostrar valores calculados y curvas.
<b>Eléctricos:</b>	
Tensión y frecuencia nominales	110V/120V – 60Hz En caso de falla, deberá disponer de baterías recargables para suministro de energía de por lo menos 1 hora.
Tolerancia en tensión	± 10 %
Tipo de protección contra descargas eléctricas	Tipo I
Grado de protección contra descargas eléctricas	Grado B
<b>Neumáticos:</b>	
Presiones de entrada máxima/mínima	80 / 35 PSI
Flujo instantáneo máximo	65 l/m
Flujo medio máximo	40 l/m
Punto de rocío aire y O <sub>2</sub>	< 5°C
Varios:	Filtros bactericidas. Mecanismos de seguridad. Protección ordinaria contra penetración de líquidos.
Modo de funcionamiento	Continuo
<b>REQUERIMIENTOS DE INSTALACION</b> Ver detalle de ítem 10 de Figura 2.3.1.c	
Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado B, se deberá instalar al panel de distribución de energía en el tomacorriente que tenga el sistema de alimentación eléctrico no aislado con buena instalación de tierra. Se necesita de 2 tomas con conectores a manorreductores de tanque para el funcionamiento de este equipo, una para el oxígeno y la otra para el aire comprimido a 50 PSI de presión cada una <sup>11</sup> .	

- Monitor móvil con electrocardiografía, registro en papel (electrocardiograma) y desfibrilador/cardioversor.

*Se deberá planificar un monitor móvil para toda la Unidad.*

Requerimientos mínimos:

<b>MODULO MONITOR</b>	
Medición de parámetros:	ECG. Con selección de derivaciones: I, II, III, AVR, AVL, AVF y C. Onda y valor digital. Respiración. Onda y valor digital. Presión invasiva (IBP). Con selección de valores:

<sup>11</sup> Para las especificaciones de los gases, deberá remitirse al subcapítulo 2.3.3. de instalaciones centralizadas.

	Sistólica, Diastólica, Media, Sistólica/Diastólica alternada. Onda y valor digital.
Señales visibles de parámetros:	Al menos 2 señales simultáneamente
Valores digitales de señales:	Al menos 2 displays de valores digitales
Alarmas:	Audible y visual Definición de límites superiores e inferiores para cada parámetro monitorizado.
Memoria:	Almacenamiento de datos de parámetros para consulta posterior en trend o lista de documentación.
<b>MODULO DE REGISTRO EN PAPEL:</b>	
Tipo de papel:	De un canal.
Tipo de registro en papel:	Puede ser por pluma y papel termosensible
Tipo de registro:	ECG y presión seleccionada en papel, de paciente seleccionado en modo manual desde el monitor, o en modo automático cuando se ha violado algún límite de alarma, marcando los datos de fecha, hora.
<b>MODULO DESFIBRILADOR/CARDIOVERSOR:</b>	
Pulso:	Monofásico, 3.2 ms de ancho a 50% de amplitud sobre una carga de 50Ω a 360 J.
Tiempo de carga:	Energía máxima en 10 seg.
Energía de salida:	0-400 Joules variables en pasos de 5.
Aplicación mediante:	Paletas redondas para adultos y para niños. Paletas deben ser sensibles para captar el complejo QRS cardíaco del paciente.
Modos de operación:	Manual y automática sincronizado el disparo con la onda R.
Descarga:	Sí no se usa la energía cargada debe descargarse mediante un circuito de descarga interna del equipo.
Alarmas:	Audible y visual. Definición de límites superiores e inferiores para cada parámetro monitorizado.
Temperatura de operación:	0 a 40°C
<b>REQUERIMIENTOS ELÉCTRICOS PARA MODULOS INDICADOS:</b>	
Tensión y frecuencia nominales	110V/120V – 60Hz En caso de falla, deberá disponer de baterías recargables para suministro de energía de por lo menos 1 hora.
Tolerancia en tensión	± 10 %
Tipo de protección contra descargas eléctricas	Tipo I
Grado de protección contra descargas eléctricas	Grado CF
<b>REQUERIMIENTOS DE INSTALACION Ver detalle de ítem 9, Figura 2-3-1 c)</b>	
Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado CF, se deberá instalar al panel de distribución de energía en el tomacorriente que tenga el sistema de alimentación eléctrico aislado con buena instalación de tierra.	

- Electrocardiógrafo de 1 o 3 canales (a elección según necesidades)

*Se deberá planificar un electrocardiógrafo por toda la Unidad.*

Requerimientos mínimos:

ELECTROCARDIOGRAFO DE 1 o 3 CANALES	
Registro de beep cardíaco	0 a 300 bpm
Número de derivaciones seleccionables en forma automática o manual.	12. I, II, III, aVR, aVL, aVF, V1, V2, V3, V4, V5, V6.
Sensibilidad de entrada	½ - 1 - 2 mm/mV seleccionable
Pulso de calibración	1 mV
Linealidad	±1%
Registro	Papel termo sensible, con identificación del paciente
Velocidad del papel	25 y 50 mm/s seleccionable
Condiciones de transporte	Portátil
Electrodos cutáneos	6 copas metálicas con ventosa tipo pera. 4 placas metálicas para extremidades con bandas de goma.
Temperatura de trabajo	-10 a 60 °C
Condiciones adicionales	Protección para sobrecarga causada por desfibrilador. Ajuste de sensibilidad. Salida para grabación externa. Entrada para reproducción de señales externas. Almacenamiento de forma de onda en memoria. Marcas indicativas para cambio de derivación y en caso de un evento.
REQUERIMIENTOS ELÉCTRICOS:	
Amplificador de entrada	Diferencial
Bandas de frecuencia: Diagnóstico	0.05 a 100 Hz
Filtro	0.05 a 60 Hz
CMRR a 60 Hz	500,000 : 1
Salida auxiliar	1 V/mV
Entrada auxiliar	50 mV/cm
Fluctuación de línea base: Entre 25 y 55 °C	< 4 mm
Con variación de red AC de ±10%	< 1 mm
Impedancia de entrada para derivaciones standard (I, II, III)	> 5 MΩ
Impedancia de entrada para derivaciones unipolares (aVR, aVL, aVF)	> 600 KΩ
Impedancia de aislamiento paciente y chasis	> 30 MΩ
Corriente de fuga entre chasis y tierra	< 100 mA
Corriente de fuga en cada terminal en contacto con el paciente	< 10 mA
Tensión y frecuencia nominales	110V/120V – 60Hz. En caso de falla, deberá disponer de baterías recargables para suministro de energía de por lo menos 1 hora.

Tolerancia en tensión	± 10 %
Tipo de protección contra descargas eléctricas	Tipo I
Grado de protección contra descargas eléctricas	Grado CF
<b>REQUERIMIENTOS DE INSTALACION:</b> Ver detalle de ítem 9-Figura 2.3.1.c.	
Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado BF, se deberá instalar al panel de distribución de energía en el tomacorriente que tenga el sistema de alimentación eléctrico aislado con buena instalación de tierra.	

● Marcapaso de batería.

*Se deberá planificar un marcapaso para toda la Unidad y tener uno de reserva.*

Requerimientos mínimos:

<b>MARCAPASO DE BATERIA.</b>	
Tipos de estimulación	Fijo, demanda, overdrive. Con electrodos descartables, de gel, área activa 81 cm <sup>2</sup> .
Valores de estimulación	50/min. a 150/min Con overdrive: 50/min. a 300/min. Pulsos de 23mseg.
Intensidad de corriente de estimulación:	0 a 150 mA en pasos de 10 mA.
Alarmas:	Alarma de pulso fuera de rango, de estimulación fallida, de baja batería, falla en electrodos ECG.
Tipo de alimentación	A baterías de 9V secas, recargables de duración de 2 a 20 horas.
Alarma de estimulación:	Impedancia mínima de paciente: 130Ω Impedancia máxima de paciente: dependiente de la intensidad en el momento del corto circuito o interrupción.
Activación de alarma de electrodos ECG:	Después de 4 ondas R de al menos 20/min.
Rutina de test de alarmas de electrodos ECG	Intervalo entre 2 ondas R, > 2 seg.
Entrada de ECG y salida de marcapasos:	Para partes de aplicación: Tipo BF.
Temperatura de operación:	-5°C a 50°C.
Especificación:	IEC 601-1. Protegido para desfibrilación.
Tipo de protección contra descargas eléctricas	Tipo I
Grado de protección contra descargas eléctricas	Tipo BC
<b>REQUERIMIENTOS DE INSTALACION:</b>	
Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado BC, no se deberá contemplar ninguna instalación eléctrica especial, pues opera a baterías.	

- Un carro de urgencias que contenga los medicamentos de urgencia y equipos para traqueotomía, tubos y sondas endotraqueales, laringoscopios, etc., elementos que deberán ser seleccionados por el personal médico y enfermeras.

*Se deberá planificar un carro para toda la Unidad.*

#### *Equipos de apoyo:*

- Gasómetro

*Se deberá planificar un gasómetro para toda la Unidad.*

#### Requerimientos mínimos:

Operativos:	
Método de detección:	Método electroquímico convencional
Tiempo de análisis:	Máximo 90 seg. luego de la inyección de la muestra.
Valores medidos:	Cartucho de gas en sangre: pH, pCO <sub>2</sub> , pO <sub>2</sub> Cartucho de hematocrito (Hct) + Lytes: Hct, Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , iCa <sup>++</sup>
Valores calculados:	Cartucho de gas en sangre: HCO <sub>3</sub> , TCO <sub>2</sub> , Beb, BEecf, O <sub>2</sub> SAT Cartucho de hematocrito (Hct) + Lytes: tHb
Temperatura de las medidas:	Muestra de gas en sangre a 37°C
Condiciones de almacenamiento y operación:	Analizador y cartuchos: Temperatura: 15-30°C Humedad relativa: 0-80%
Presión barométrica de operación:	350-900 mmHg, 46.6-120.0 kPa
Mínima cantidad de la muestra de sangre:	0.125ml con dispositivo especial del equipo. 0.2ml desde jeringa.
Máxima cantidad de la muestra de sangre:	3.0ml
Rangos de medición:	Medidos: pH: 6.0-8.0 unidades pH pCO <sub>2</sub> : 4-200mmHg 0.5-26.6kPa pO <sub>2</sub> : 20-700mmHg 2.7-93.1kPa Na <sup>+</sup> : 80-200mM 80-200mEq/L K <sup>+</sup> : 1.0-20.0mM 1.0-20mEq/L iCa <sup>++</sup> : 0.20-5.0mM 0.40-10.0mEq/L 0.80-20.0mg/dL Hct: 10.0-80.0% Calculados: HCO <sub>3</sub> : 0.0-99.9mM TCO <sub>2</sub> : 0.0-99.9mM Beb: +/- 99.9mM BEecf: +/- 99.9mM



	O2SAT: 0.0-100.0% tHb: 3.4-27.2g/dL 2.1-17.0mM
Salida:	Puerto serial RS232C
<b>REQUERIMIENTOS ELECTRICOS</b>	
Tensión y frecuencia nominales	110V/120V – 60Hz
Tolerancia en tensión	± 10 %
Requerimientos de potencia:	Analizador; Batería recargable de 7.2V 1ª Debe incluir cargador de batería.
Tipo de protección contra descargas eléctricas	Tipo I
Grado de protección contra descargas eléctricas	Grado B
<b>REQUERIMIENTOS DE INSTALACION. Ver detalle de ítem 4.0. Figura 2.3.1.c.</b>	
Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado B, se deberá instalar al panel de distribución de energía en el tomacorriente que tenga el sistema de alimentación eléctrico no aislado con buena instalación de tierra.	

- Respirador de presión positiva tipo mecánico portátil (Ventilador de presión).

*Se deberá planificar un respirador portátil para toda la Unidad.*

Requerimientos mínimos:

<b>Operativos:</b>	
Modos de ventilación	Controlada Asistida/Controlada CPAP Respiración manual mediante pulsador neumático.
Definición de parámetros:	Mediante controles de flujo, frecuencia de respiraciones.
Presión de seguridad	10 a 80 cm H <sub>2</sub> O
Máxima presión de trabajo	80 cm H <sub>2</sub> O
Variación de % de oxígeno	21 a 100%
Frecuencia de respiraciones	Adultos: 1 a 60 BPM
Control de flujo	Control manual de flujo hasta 15 lpm, mediante flujómetro calibrado.
<b>Neumáticos:</b>	
Presiones de entrada máxima/mínima	80 / 35 PSI
Flujo instantáneo máximo	15 l/m
Filtros bactericidas	
Mecanismos de seguridad	
Protección ordinaria contra penetración de líquidos	
Modo de funcionamiento	Continuo
<b>REQUERIMIENTOS DE INSTALACION</b>	
Toma rápida de pared para oxígeno medicinal.	

- Bomba portátil de succión de presión variable.

*Se deberá planificar 1 bomba de succión continua (succionador continuo) por cada cama implementada y 1 bomba de succión intermitente (tipo termótico) para toda la Unidad.*

Requerimientos mínimos:

Operativos	
Modo de trabajo	Succión continua variable
Regulación de presiones	Entre 0 a 750 mmHg.
Almacenamiento de líquido succionado	Botellas de 4 litros tipo irrompible
Modo de trabajo	Termótica intermitente.
Regulación de presiones	Conmutación entre 0, 90 y 120 mmHg.
Almacenamiento de líquido succionado	Botellas de 4 litros tipo irrompible
Eléctricos para los dos tipos de succiones	
Tensión y frecuencia nominales	110V/120V – 60Hz
Tolerancia en tensión	± 10 %
Tipo de protección contra descargas eléctricas	Tipo I
Grado de protección contra descargas eléctricas	Grado B
REQUERIMIENTOS DE INSTALACIÓN: Ver detalle de ítem 10 Figura 2.3.1.c.	
Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado B, se deberá instalar al panel de distribución de energía en el tomacorriente que tenga el sistema de alimentación eléctrico no aislado con buena instalación de tierra.	

- Bomba de infusión.

*Se deberá planificar al menos 2 bombas de infusión por cada cama implementada.*

Requerimientos mínimos:

Operativos	
Modos de operación:	Automática y manual para casos eventuales.
Volumen de suministro controlado:	0 a 1999 ml en pasos de 1 ml.
Tiempo de suministro:	1 minuto a 60 horas en pasos de 1 minuto.
Valores digitales:	Volumen a administrar Tiempo a administrar Velocidad de administración Volumen faltante Tiempo faltante
Alarmas:	Audible y visual Burbuja en la línea Puerta abierta (si la tiene)

	Operación solo con batería Falla de sistema No corresponde lo administrado con el flujo medido.
<b>Eléctricos:</b>	
Tensión y frecuencia nominales	110V/120V – 60Hz Baterías de 12 V – 2 Ah (típicamente)
Tolerancia en tensión	± 10 %
Tipo de protección contra descargas eléctricas	Tipo I
Grado de protección contra descargas eléctricas	Grado B
<b>REQUERIMIENTOS DE INSTALACION Ver detalle de ítem 10: Figura 2.3.1.c.</b>	
Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado B, se deberá instalar al panel de distribución de energía en el tomacorriente que tenga el sistema de alimentación eléctrico no aislado con buena instalación de tierra.	

- ✱ Bandejas estériles con elementos para terapia parenteral, jeringas, agujas, soluciones y drogas usualmente utilizadas para el tratamiento de choque, paros respiratorios o cardíacos.

*Se deberá planificar 1 bandeja para toda la Unidad.*

- ✱ Bandejas con instrumental de cateterización y elementos adicionales.

*Se deberá planificar 1 bandeja para toda la Unidad.*

- ✱ Instrumental de traqueotomía.

*Se deberá planificar 1 paquete de instrumental para toda la Unidad.*

- ✱ Instrumental de toracocentesis.

*Se deberá planificar 1 paquete de instrumental para toda la Unidad.*

- ✱ Instrumental de disección.

*Se deberá planificar 1 paquete de instrumental para toda la Unidad.*

- ✱ Instrumental y equipo adicional que sea necesario según el criterio del personal médico y enfermeras.

*Se deberá planificar 1 paquete de instrumental para toda la Unidad.*

### 2.3.3. Instalaciones centralizadas.

Las instalaciones centralizadas, por su costo, serán reemplazadas por sistemas de suministros localizados en cada paciente, pudiendo ser, minicentrales contiguas a las Unidades que utilizan tanques de suministro de gas concentrados con manifold distribuidor, o tanques del gas a suministrar localizados en el cubículo del paciente. Así, a continuación, se describen los suministros de los gases necesarios para una U.T.I. Básica, con las mismas especificaciones en cuanto a su calidad, dadas para la U.T.I. Tipo.

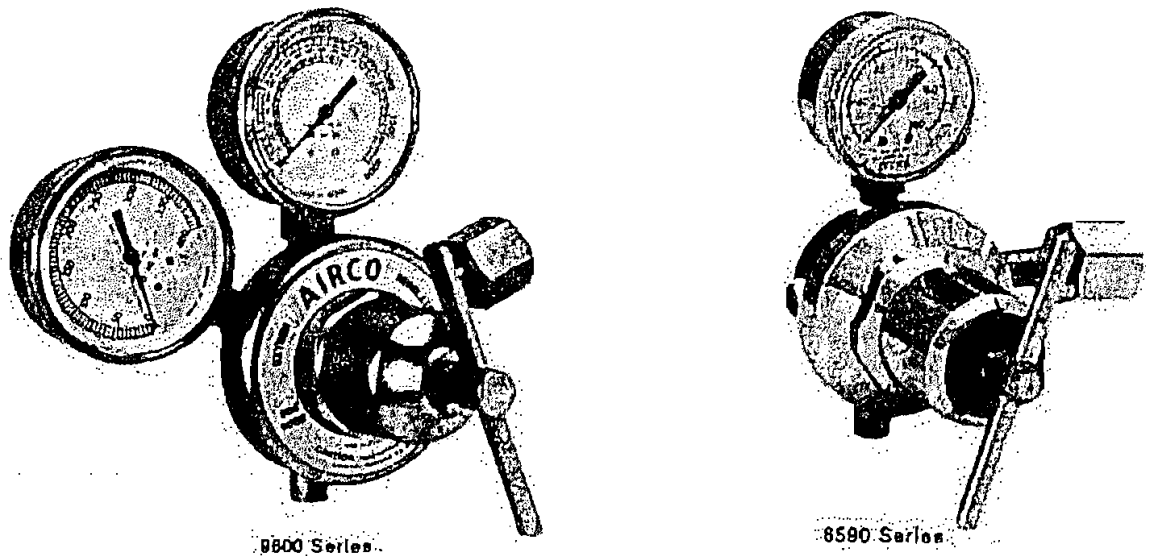
#### *Oxígeno:*

Se deberá asegurar la provisión de oxígeno mediante botellas de 12 m<sup>3</sup> de capacidad con mano-reductores de presión, que proveerán oxígeno medicinal 100% puro y presión de 50 PSI, para que puedan conectarse directamente los equipos médicos, o mediante flujómetros reductores de presión y controladores de flujo con humidificadores graduables o fijos, al paciente para su provisión regulada de oxígeno a mascarillas o bigoterías, según sea el caso.

Cada cama contará con dos botellas de oxígeno para provisión de oxígeno para cada paciente, una para el funcionamiento de un ventilador volumétrico o mecánico y la otra para el uso directo al paciente con los flujómetros supracitados.

Se deberá prever una reserva de varias botellas de oxígeno, para el caso de que se agote la de alimentación normal.

En la Figura 2.3.3.a. se muestran los mano-reductores de presión utilizados en las botellas de O<sub>2</sub>.



**Figura 2.3.3.a. Mano-reductor de presión para botella de oxígeno.**

*Vacío o succión:*

El suministro de vacío o succión debe realizarse mediante bombas móviles de succión (succionadores portátiles) en número que se considere necesario, los que deben poseer la facultad de también variar el nivel de presión negativa (vacío). Las especificaciones técnicas de estas succiones son las mismas que para las ya especificadas en la U.T.I. Tipo.

Presión negativa (vacío) variable entre: 0 – 750 mmHg.

Las bombas de succión tipo termótico deben ser de dos presiones fijas: 90 y 120 mmHg como las que se describió en los equipos de apoyo.

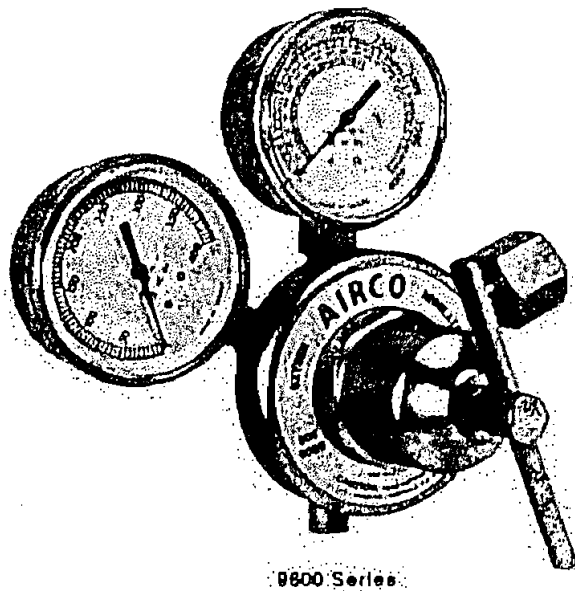
*Aire Comprimido:*

Se deberá asegurar la provisión de aire comprimido mediante botellas de 12 m<sup>3</sup> de capacidad con mano-reductores de presión, que proveerán aire comprimido medicinal 98% puro, seco, filtrado (0,1μ), limpio de aceite y polvo y libre de agentes patógenos, presión de 50 PSI para que puedan conectarse directamente los equipos médicos.

Cada cama contará con una botella de aire comprimido para provisión de cada paciente para el funcionamiento de un ventilador volumétrico o mecánico.

Se deberá prever una reserva de varias botellas de aire comprimido, para el caso de que se agote la de alimentación normal.

En la Figura 2.3.3.b. se muestra el mano-reductor de presión para la botella de aire comprimido.



**Figura 2.3.3.b. Mano-reductor de presión para botella de aire comprimido.**

### *Instalaciones eléctricas:*

La red eléctrica debe planificarse con el mismo especial cuidado indicado para las U.T.I. Tipo.

Las posibles variaciones para una U.T.I. Básica se indican a continuación:

- ☼ Para la despolarización, se mantendrá su vigilancia de la misma manera, pero prestando más atención a esto, pues se plantea la posibilidad de eliminar un sistema de protección, como se indica a continuación.
- ☼ Los problemas de fugas de corriente serán únicamente solventados por el sistema de tierra arriba referido, pues existe la posibilidad de eliminar el sistema aislado. Esta recomendación no es la más óptima, aunque el reemplazo por un sistema más económico no existe.

En este punto se deberá hacer un análisis completo de la situación, tomando en cuenta el factor riesgo para el paciente contra el factor económico. Este trabajo recomienda y a la vez exige no eliminar los sistemas aislados, sino en caso extremo del factor económico, siendo este factor real y no un aparente, es decir, si existe una carencia del factor económico, se deberá pensar primero en la posibilidad de no crear la Unidad de Terapia Intensiva, ya que la seguridad eléctrica encomendada solamente al sistema de tierras no es tan efectiva por los antecedentes expuestos en todo el análisis hasta ahora elaborado.

### *Sistema de iluminación:*

El sistema de iluminación en la Unidad de Terapia Intensiva Básica se regirá por las mismas recomendaciones que las indicadas para la U.T.I.

Tipo, sin embargo, si se obliga su reducción por el factor económico, se puede realizar la implementación del sistema de iluminación con una sola intensidad, manteniéndose la iluminación de examen como la única.

*Sistema de comunicación:*

El sistema de comunicación en la Unidad de Terapia Intensiva Básica se regirá por las mismas recomendaciones que las indicadas para la U.T.I. Tipo. La reducción de costo estaría dada por el establecimiento de la comunicación exclusivamente entre la Unidad y el exterior.

#### 2.3.4. Sistemas contra incendios.

Se recomienda el uso exacto de las exigencias e indicaciones realizadas para la Unidad de Terapia Intensiva Tipo, excepto en el caso de la salida de emergencia, ya que en esta situación, se deberá evacuar a los pacientes y al personal médico y auxiliar por el acceso principal.



## 2.4. Análisis comparativo.

Una vez establecida la definición y propuesta de diseño para la Unidades de Terapia Intensiva Tipo y Básica, se deberá establecer claramente lo que se está sacrificando al convertir una U.T.I. Tipo en Básica. Para esto se analizará a continuación todos los parámetros comprometidos en los cambios, estableciéndose así las diferencias fundamentales. Además, se pretende realizar un compendio resumen al que se pueda acceder fácilmente para cuando el lector ya lo haya leído, pueda consultarlo rápidamente sin tener que analizar todo el contexto de las dos propuestas de la U.T.I. Tipo y la U.T.I. Básica.

### 2.4.1. Recursos físicos.

UNIDAD DE TERAPIA INTENSIVA TIPO	UNIDAD TERAPIA INTENSIVA BASICA
<b>PLANTA FISICA:</b>	
8 a 10% de la cantidad de pacientes graves. La Unidad no deberá ser mayor de 12 camas.	Tamaño mínimo económicamente eficiente: 6 camas. Tamaño mínimo justificable: 4 camas
Area promedio para cada cama: 12 m <sup>2</sup>	Area mínima para 6 camas: 150 m <sup>2</sup> Area promedio para cada cama: 12 m <sup>2</sup>
Estación de enfermería.	Estación de enfermería compartida.
Salida de emergencia.	No existe una salida de emergencia independiente. Deberá realizarse la evacuación por el acceso principal.
Areas separadas para depósito de material, equipos, medicamentos, cuarto séptico (aislamiento), ropería, servicios sanitarios y cuarto de aseo.	Areas para depósito de material, equipos, medicamentos, ropería, servicios sanitarios y cuarto de aseo distribuidas en dos ambientes. Posibilidad de que no exista el cuarto séptico (aislamiento).
Oficinas para coordinación médica y secretaria.	Oficinas para coordinación médica y secretaria se compartirán con estación de enfermería.
Diseño con accesibilidad, observabilidad, comodidad y privacidad.	No existirá privacidad por el espacio menor del área total.

- ✱ Una U.T.I. Básica sacrifica espacio físico, al unificar los ambientes, para reducir costos.
- ✱ La posibilidad de eliminación de la sala de aislamiento no es recomendable aunque si se lo hace se deberían extremar las medidas de cuidado.

☼ La privacidad también se ve sacrificada.

Es decir, al reducir el espacio físico, de una forma planificada, es posible tener todavía una U.T.I. Básica pero a menor costo.

#### 2.4.2. Recursos de equipamiento médico.

UNIDAD DE TERAPIA INTENSIVA TIPO	UNIDAD TERAPIA INTENSIVA BASICA
Equipo monitor:	
Cantidad planificada: 1 monitor por cada cama implementada	Idem.
Sistema de monitores simple para 2 o 4 camas con posibilidad de extensión a 8 camas.	Sistema de monitores simple para 2 o 4 camas.
Vigilancia de parámetros de 1 hasta más de 6: Inicio: ECG, Respiración, Temperatura y Presión Arterial Invasiva. Adicionales: NIBP, Oximetría de Pulso, Caphnografía y Gasto Cardíaco.	Vigilancia de parámetros de 2 o 3: Inicio: ECG, Respiración, Temperatura y Presión Arterial Invasiva (IBP). Adicionales: NIBP y Oximetría de pulso.
Comunicación por cables o por radio (telemetría).	Comunicación por cables.
ECG. Con selección de derivaciones: I, II, III, AVR, AVL, AVF y C. Onda y valor digital (solamente de la derivación seleccionada). NIBP. Con selección de valores: Sistólica, Diastólica, Media y pulso. Onda y valor digital (solamente del parámetro seleccionado). SPO <sub>2</sub> . Con selección de valores: Valor de %O <sub>2</sub> , y pulso. Onda y valor digital. Temperatura 1. Valor digital. Temperatura 2. Valor digital. Respiración. Onda y valor digital. Presión invasiva (IBP)1. Con selección de valores: Sistólica, Diastólica, Media, Sistólica/Diastólica alternada. Onda y valor digital. Presión invasiva (IBP) 2. Con selección de valores: Sistólica, Diastólica, Media, Sistólica/Diastólica alternada. Onda y valor digital.	Idem.  Idem.  Idem.  Temperatura. Valor digital.  Idem. Presión invasiva (IBP). Con selección de valores: Sistólica, Diastólica, Media, Sistólica/Diastólica alternada. Onda y valor digital.
Señales visibles de parámetros: Al menos 4 señales simultáneamente en pantalla.	Señales visibles de parámetros: Al menos 2 señales simultáneamente en pantalla.
Valores digitales de señales: Al menos 4 displays de valores digitales en la parte frontal del equipo.	Valores digitales de señales: Al menos 2 displays de valores digitales en la parte frontal del equipo.
Alarmas: Audible y visual Definición de límites superiores e inferiores para cada parámetro monitorizado.	Idem.
Memoria: Almacenamiento de datos de parámetros para consulta posterior en trend o lista de documentación.	Idem.
Conectabilidad: Posibilidad de conectarse a una unidad central de monitoreo Posibilidad de transferir control de un monitor a otro, o desde un monitor los parámetros de otro.	Conectabilidad: Posibilidad de conectarse a una unidad central de monitoreo.
Unidad Central de Monitoreo:	
Concentración de periféricos: En módulos de hasta 8 monitores periféricos.	Concentración de periféricos: En módulos de hasta 4 monitores periféricos.

Capacidad de pantalla: Mostrará parámetros de 8 pacientes simultáneamente.	Capacidad de pantalla: Mostrará parámetros de 4 pacientes simultáneamente.
Tipo de registro: ECG y presión seleccionada en papel, de paciente seleccionada en modo manual desde la central o desde un monitor, o en modo automático cuando se ha violado algún límite de alarma, marcando los datos de fecha, hora e identificación de paciente. Memorización de hasta 7 alarmas en caso de registro ocupado.	Tipo de registro: ECG y presión seleccionada en papel, de paciente seleccionada en modo manual desde la central o desde un monitor, o en modo automático cuando se ha violado algún límite de alarma, marcando los datos de fecha, hora e identificación de paciente.
Unidad Central deberá posibilitar: Conexión LAN de hasta 16 monitores y/o ventiladores de presión positiva tipo electrónico. Intercomunicación entre monitores y desde la central. Por paciente mostrará señal de ECG y un parámetro a elección, por ejemplo SaO <sub>2</sub> o presión sistólica/diastólica.	Unidad Central deberá posibilitar: Por paciente mostrará señal de ECG y un parámetro a elección, por ejemplo SaO <sub>2</sub> o presión sistólica/diastólica.
Alarmas: Audible y visual Definición de límites superiores e inferiores para cada parámetro monitorizado.	Idem.
<b>REQUERIMIENTOS ELÉCTRICOS PARA MONITORES Y UNIDAD CENTRAL:</b>	
Tensión y frecuencia nominales: 110V/120V – 60Hz En caso de falla, deberá disponer de baterías recargables para suministro de energía de por lo menos 1 hora.	Idem.
Tolerancia de tensión: $\pm 10\%$	Idem.
Tipo de protección contra descargas eléctricas: Tipo I	Idem.
Grado de protección contra descargas eléctricas: Grado BF	Idem.
<b>REQUERIMIENTOS DE INSTALACION:</b>	
Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado BF, se deberá instalar al panel de distribución de energía en el tomacorriente que tenga el sistema de alimentación eléctrico aislado con buena instalación de tierra. También se deberá prever el cableado de datos entre los monitores de cada cubículo hacia la unidad central de monitoreo. Si está planificado por telemetría ya no es imprescindible. Para la unidad central de monitoreo, se deberá planificar la instalación de un módem (28,880 bps) para la comunicación con el monitor remoto mencionado.	Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado BF, se deberá instalar al panel de distribución de energía en el tomacorriente que tenga el sistema de alimentación eléctrico aislado con buena instalación de tierra. También se deberá prever el cableado de datos entre los monitores de cada cubículo hacia la unidad central de monitoreo.

- ☼ Iniciar con un sistema de monitores simple para dos o cuatro cubículos, con módulos para vigilar tres o cuatro parámetros.
- ☼ El mostrar varios valores en pantalla, conectabilidad y transferencia de control hacia otro monitor encarece el costo y se puede prescindir.
- ☼ En la unidad central de monitoreo, se disminuye la capacidad de concentración de periféricos, capacidad de manejo de pacientes en pantalla, sin memorización de eventos y sin conexión LAN para interconectabilidad, lo que reduce su costo.

- ✱ No existe reducción en cantidad. Es necesario que cada paciente esté siendo monitorizado continuamente sus parámetros vitales y no existe ninguna posibilidad de que dos pacientes compartan el mismo monitor, posibilidad tanto técnica referente al equipo, como de seguridad eléctrica.

Equipo de sustentación de vida y reanimación:

UNIDAD DE TERAPIA INTENSIVA TIPO UNIDAD TERAPIA INTENSIVA BASICA

Respirador de presión positiva tipo electrónico (Ventilador volumétrico, de presión y flujo)	
Cantidad planificada: 1 respirador por cada cama implementada	Idem.
OPERATIVOS:	
Modos de ventilación: Controlada Asistida/Controlada Controlada + suspiro Asistida/Controlada + suspiro SIMV CPAP IPPV ASB BIPAP Combinación de estos modos con Autoflow.	Modos de ventilación: Controlada Asistida/Controlada Controlada + suspiro Asistida/Controlada + suspiro SIMV CPAP
Volumen tidal: Adultos: 200 a 1500ml Niños: 50 a 250ml	Idem.
Presión de seguridad: 10 a 120 cm H <sub>2</sub> O	Idem.
Máxima presión de trabajo: 120 cm H <sub>2</sub> O	Idem.
Variación de % de oxígeno: 21 a 100%	Idem.
Frecuencia de respiraciones: Adultos: 1 a 60 BPM Niños: hasta 120 BPM	Idem.
PARÁMETROS PROGRAMABLES: O <sub>2</sub> (%) Volumen tidal T inspiración Frecuencia Forma y valor de pausa inspiratoria PEEP PASB Modo de ventilación I:E T espiración Flujo P máxima PARAMETROS MEDIDOS: MV VT espirado P media P pico FORMAS DE ONDA: Flujo Presión Trends Monitorización simultánea de CO <sub>2</sub>	PARÁMETROS PROGRAMABLES: O <sub>2</sub> (%) Volumen tidal T inspiración Frecuencia Forma y valor de pausa inspiratoria PEEP Modo de ventilación I:E T espiración Flujo P máxima PARAMETROS MEDIDOS: MV VT espirado P media P pico FORMAS DE ONDA: Flujo Presión Trends Monitorización simultánea de CO <sub>2</sub>
Control de flujo: Autoflow. Control inteligente del flujo del gas respiratorio	Control de flujo: Control automático del flujo del gas respiratorio en aplicaciones de volumen

en aplicaciones de volumen constante.	constante.
Parámetros de ventilación sugeridos: Sugerencias de parámetros de ventilación así como límites de alarma de inicio de acuerdo a peso de paciente.	Idem.
Alarmas: Audible y visual Definición de límites superiores e inferiores para cada parámetro monitorizado.	Idem.
Pantalla de curvas y parámetros: Tipo touch sensitive screen (sensibilidad ajustable).	Pantalla de curvas y parámetros: Tipo general para mostrar valores calculados y curvas
<b>ELÉCTRICOS:</b>	
Tensión y frecuencia nominales: 110V/120V – 60Hz En caso de falla, deberá disponer de baterías recargables para suministro de energía de por lo menos 1 hora.	Idem.
Tolerancia de tensión: $\pm 10\%$	Idem.
Tipo de protección contra descargas eléctricas: Tipo I	Idem.
Grado de protección contra descargas eléctricas: Grado B	Idem.
<b>NEUMÁTICOS:</b>	
Presiones de entrada máxima/mínima: 80/35 PSI	Idem.
Flujo instantáneo máximo: 65 l/m	Idem.
Flujo medio máximo: 40 l/m	Idem.
Punto de rocío aire y O <sub>2</sub> : < 5°C	Idem.
Filtros bactericidas	Idem.
Mecanismos de seguridad	Idem.
Protección ordinaria contra penetración de líquidos	Idem.
Modo de funcionamiento: Continuo	Idem.
<b>REQUERIMIENTOS DE INSTALACION:</b>	
Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado B, se deberá instalar al panel de distribución de energía en el tomacorriente que tenga el sistema de alimentación eléctrico no aislado con buena instalación de tierra. Se necesita de 2 tomas rápidas de pared para el funcionamiento de este equipo, una para el oxígeno y la otra para el aire comprimido a 50 PSI de presión cada una. También se deberá prever el cableado de datos entre los ventiladores de cada cubículo hacia la unidad central de monitoreo. Si está planificado por telemetría ya no es imprescindible.	Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado B, se deberá instalar al panel de distribución de energía en el tomacorriente que tenga el sistema de alimentación eléctrico no aislado con buena instalación de tierra. Se necesita de 2 tomas con conectores a manorreductores de tanque para el funcionamiento de este equipo, una para el oxígeno y la otra para el aire comprimido a 50 PSI de presión cada una.

- ☼ Al quitar las opciones de modos de ventilación, control de flujo y tipo de pantalla se reducen los costos.
- ☼ No existe reducción en cantidad, pues es necesario que cada paciente esté siendo ventilado continuamente y ayudado en sus parámetros vitales, y no existe ninguna posibilidad de que dos pacientes compartan el mismo ventilador, posibilidad tanto técnica referente al equipo, como de seguridad eléctrica.

UNIDAD DE TERAPIA INTENSIVA TIPO	UNIDAD TERAPIA INTENSIVA BASICA
Monitor móvil con cardioscopía, registro en papel y desfibrilador/cardioversor.	
Cantidad planificada: 1 monitor móvil por cada tres camas implementadas	1 monitor para toda la Unidad.
<b>MÓDULO MONITOR:</b>	
Medición de parámetros: ECG. Con selección de derivaciones: I, II, III, AVR, AVL, AVF y C. Onda y valor digital. Respiración. Onda y valor digital. Presión invasiva (IBP). Con selección de valores: Sistólica, Diastólica, Media, Sistólica/Diastólica alternada. Onda y valor digital.	Idem.
Señales visibles de parámetros: Al menos 2 señales simultáneamente	Idem.
Valores digitales de señales: Al menos 2 displays de valores digitales	Idem.
Alarmas: Audible y visual Definición de límites superiores e inferiores para cada parámetro monitorizado.	Idem.
Memoria: Almacenamiento de datos de parámetros para consulta posterior en trend o lista de documentación.	Idem.
<b>MÓDULO DE REGISTRO EN PAPEL:</b>	
Tipo de papel: De uno o de tres canales. Con un canal es suficiente.	Tipo de papel: De un canal.
Tipo de registro en papel: Puede ser por pluma y papel termosensible o mediante matriz en papel termosensible.	Tipo de registro en papel: Puede ser por pluma y papel termosensible.
Tipo de registro: ECG y presión seleccionada en papel, de paciente seleccionado en modo manual desde el monitor, o en modo automático cuando se ha violado algún límite de alarma, marcando los datos de fecha, hora. Memorización de hasta 7 alarmas en caso de registro ocupado.	Tipo de registro: ECG y presión seleccionada en papel, de paciente seleccionado en modo manual desde el monitor, o en modo automático cuando se ha violado algún límite de alarma, marcando los datos de fecha, hora.
<b>MODULO DESFIBRILADOR/CARDIOVERSOR:</b>	
Pulso: Monofásico, 3,2 ms de ancho a 50% de amplitud sobre una carga de 50Ω a 360 Joules.	Idem.
Tiempo de carga: energía máxima en 10 seg.	Idem.
Energía de salida: 0-400 Joules variables en pasos de 5.	Idem.
Aplicación mediante: Paletas redondas para adultos y para niños. Paletas deben ser sensibles para captar el complejo QRS cardíaco del paciente.	Idem.
Métodos de operación: Manual y automática sincronizado el disparo con la onda R.	Idem.
Descarga: Si no se usa la energía cargada debe descargarse mediante un circuito de descarga interna del equipo.	Idem.
Alarmas: Audible y visual Definición de límites superiores e inferiores para cada parámetro monitorizado.	Idem.
Temperatura de operación: 0 a 40°C	Idem.
<b>REQUERIMIENTOS ELECTRICOS PARA MODULOS INDICADOS:</b>	
Tensión y frecuencia nominales: 110V/120V – 60Hz En caso de falla, deberá disponer de baterías recargables para suministro de energía de por lo menos 1 hora.	Idem.
Tolerancia de tensión: ± 10 %	Idem.
Tipo de protección contra descargas eléctricas: Tipo I	Idem.

Grado de protección contra descargas eléctricas: Grado CF	Idem.
REQUERIMIENTOS DE INSTALACIÓN:	
Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado CF, se deberá instalar al panel de distribución de energía en el tomacorriente que tenga el sistema de alimentación eléctrico aislado con buena instalación de tierra. Si dentro de lo planificado, se establece que estos monitores móviles pueden conectarse a la unidad central de monitoreo, se deberá prever el cableado de datos hacia ésta. No es recomendable tener esta conexión por el hecho de que estos monitores son móviles, y pueden utilizarse en cualquier cubículo en cualquier momento. Si está planificado por telemetría ya no es imprescindible.	Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado CF, se deberá instalar al panel de distribución de energía en el tomacorriente que tenga el sistema de alimentación eléctrico aislado con buena instalación de tierra.

- El módulo de registro en papel, la limitación a pluma térmica y eliminación de memoria de eventos, reduce el costo.
- La reducción de su número en cantidad proporcional, implicará una reducción en costo, ya que para el caso de una U.T.I. Básica solamente se necesita de una unidad.

UNIDAD DE TERAPIA INTENSIVA TIPO	UNIDAD TERAPIA INTENSIVA BASICA
<b>ELECTROCARDIOGRAFO DE 1 o 3 CANALES:</b>	
Cantidad planificada: 1 electrocardiógrafo por cada 4 camas implementadas Se recomienda el uso de ECG de 3 canales.	1 electrocardiógrafo para toda la Unidad. Se recomienda el uso de un ECG de 1 canal únicamente.
Registro de beep cardíaco: 0 a 300bpm	Idem
Número de derivaciones seleccionables en modo automático o manual: 12. I, II, III, aVR, aVL, aVF, V1, V2, V3, V4, V5, V6.	Idem
Sensibilidad de entrada: ½ - 1 - 2 mm/mV seleccionable	Idem
Pulso de calibración: 1 mV	Idem
Linealidad: ±1%	Idem
Registro: Papel termo sensible, con identificación del paciente	Idem
Velocidad del papel: 25 y 50 mm/s seleccionable	Idem
Condiciones de transporte: Portátil	Idem
Electrodos cutáneos: 6 copas metálicas con ventosa tipo pera. 4 placas metálicas para extremidades con bandas de goma.	Idem
Temperatura de trabajo: -10 a 60 °C	Idem
Condiciones adicionales: Protección para sobrecarga causada por desfibrilador. Ajuste de sensibilidad.	Idem

Salida para grabación externa. Entrada para reproducción de señales externas. Almacenamiento de forma de onda en memoria. Marcas indicativas para cambio de derivación y en caso de un evento.	
<b>REQUERIMIENTOS ELECTRICOS:</b>	
Amplificador de entrada: Diferencial	Idem
Bandas de frecuencia: Diagnóstico: 0,05 a 100 Hz Filtro: 0,05 a 60 Hz	Idem
CMRR a 60 Hz: 500.000 : 1	Idem
Salida auxiliar: 1 V/mV	Idem
Entrada auxiliar: 50 mV/cm	Idem
Fluctuación de línea base: Entre 25 y 55 °C: < 4 mm Con variación de red AC de ±10%: < 1 mm	Idem
Impedancia de entrada para derivaciones standard (I, II, III): > 5 MΩ	Idem
Impedancia de entrada para derivaciones unipolares (aVR, aVL, aVF): > 600 KΩ	Idem
Impedancia de aislamiento entre paciente y chasis: > 30 MΩ	Idem
Corriente de fuga entre chasis y tierra: < 100 mA	Idem
Corriente de fuga en cada terminal en contacto con el paciente: < 10 mA	Idem
Tensión y frecuencia nominales: 110V/120V – 60Hz En caso de falla, deberá disponer de baterías recargables para suministro de energía de por lo menos 1 hora.	Idem
Tolerancia en tensión: ± 10 %	Idem
Tipo de protección contra descargas eléctricas: Tipo I	Idem
Grado de protección contra descargas eléctricas: Grado CF	Idem
<b>REQUERIMIENTOS DE INSTALACION:</b>	
Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado CF, se deberá instalar al panel de distribución de energía en el tomacorriente que tenga el sistema de alimentación eléctrico aislado con buena instalación de tierra.	Idem

- ✱ Para una U.T.I. Básica, se sugiere de un canal solamente.
- ✱ La reducción de su número en cantidad proporcional, implicará una reducción en costo, ya que para el caso de una U.T.I. Básica solamente se necesita de una unidad.



UNIDAD DE TERAPIA INTENSIVA TIPO	UNIDAD TERAPIA INTENSIVA BASICA
<b>Marcapaso de batería:</b>	
Cantidad planificada: 1 marcapaso por cada 3 camas implementadas.	1 marcapaso para toda la Unidad, con uno de reserva.
Tipos de estimulación: Fijo, demanda, overdrive. Con electrodos descartables, de gel, área activa 81 cm <sup>2</sup> .	Idem.
Valores de estimulación: 50/mín. a 150/min. Con overdrive: 50/min. a 300/min. Pulsos de 23mseg.	Idem.
Intensidad de corriente de estimulación: 0 a 150 mA en pasos de 10 mA.	Idem.
Alarmas: alarma de pulso fuera de rango, de estimulación fallida, de baja batería, falla en electrodos de ECG.	Idem.
Tipo de alimentación: a baterías de 9V secas, recargables de duración de 2 a 20 horas.	Idem.
Alarma de estimulación: Impedancia mínima de paciente: 130Ω. Impedancia máxima de paciente: dependiente de la intensidad en el momento del cortocircuito o interrupción.	Idem.
Activación de alarma de electrodos de ECG: después de 4 ondas R con una frecuencia de al menos 20/min.	Idem.
Rutina de test de alarmas de electrodos ECG: Intervalo entre 2 ondas R > 2seg.	Idem.
Entrada de ECG y salida de marcapasos; para partes de aplicación: Tipo BF. Protegido para desfibrilación.	Idem.
Temperatura de operación: -5°C a 50°C	Idem.
Especificación: IEC 601-1	Idem.
Tipo de protección contra descargas eléctricas: Tipo I	Idem.
Grado de protección contra descargas eléctricas: Grado BC	Idem.
<b>REQUERIMIENTOS DE INSTALACION</b>	
Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado BC, no se deberá contemplar ninguna instalación eléctrica especial, pues opera a baterías.	Idem.

- ✱ El único cambio entre las dos alternativas, es que en una U.T.I. Básica se deberá disponer únicamente de una unidad, pero dejando la posibilidad de tener un equipo de reserva para casos de emergencia.

UNIDAD DE TERAPIA INTENSIVA TIPO	UNIDAD TERAPIA INTENSIVA BASICA
<b>Equipo de masaje externo cardíaco:</b>	
Cantidad planificada: 1 equipo para toda la Unidad	No existe
Tipo de operación: Mecánico	
Tipo de alimentación: Oxígeno o aire comprimido medicinal.	
Adicionales: Mascarilla para oxígeno.	
Aplicación: Golpes de presión en el tórax cercano al corazón. Regulable de acuerdo a contextura, peso y capacidad torácica del paciente.	
<b>REQUERIMIENTOS DE INSTALACION:</b>	
Toma rápida de pared para oxígeno medicinal.	

- \* La reducción del equipo de masaje externo cardíaco para el caso de la U.T.I. Básica implica la reducción de su costo, en vista de que es un equipo opcional pero que en casos de urgencia sirve, aunque puede ser reemplazado con el masaje manual. En este equipo también debe pensarse en el crecimiento de la Unidad para que pueda existir si se amerita su uso.

UNIDAD DE TERAPIA INTENSIVA TIPO	UNIDAD TERAPIA INTENSIVA BASICA
<b>Equipo de apoyo:</b>	
<b>Gasómetro:</b>	
Cantidad planificada: 1 equipo para toda la Unidad	1 equipo para toda la Unidad.
<b>OPERATIVOS:</b>	
Método de detección: Método electroquímico convencional	Idem
Tiempo de análisis: Máximo 90 seg. luego de la inyección de la muestra.	Idem
Valores medidos: Cartucho de gas en sangre: pH, pCO <sub>2</sub> , pO <sub>2</sub> Cartucho de hematocrito (Hct) + Lytes: Hct, Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , iCa <sup>++</sup>	Idem
Valores calculados: Cartucho de gas en sangre: HCO <sub>3</sub> , TCO <sub>2</sub> , Bebf, Beecf, O <sub>2</sub> SAT Cartucho de hematocrito (Hct) + Lytes: tHb	Idem
Temperatura de las medidas: Muestra de gas en sangre a 37°C	Idem
Condiciones de almacenamiento y operación: Analizador y cartuchos: Temperatura: 15-30°C Humedad relativa: 0-80%	Idem
Presión barométrica de operación: 350-900 mmHg, 46.6-120.0 kPa	Idem

Mínima cantidad de la muestra de sangre: 0.125ml con dispositivo especial del equipo. 0.2ml desde jeringa.	Idem
Máxima cantidad de la muestra de sangre: 3.0ml	Idem
Rangos de medición: Medidos: pH: 6.0-8.0 unidades pH pCO <sub>2</sub> : 4-200mmHg 0.5-26.6kPa pO <sub>2</sub> : 20-700mmHg 2.7-93.1kPa Na <sup>+</sup> : 80-200mM 80-200mEq/L K <sup>+</sup> : 1.0-20.0mM 1.0-20mEq/L iCa <sup>++</sup> : 0.20-5.0mM 0.40-10.0mEq/L 0.80-20.0mg/dL Hct: 10.0-80.0% Calculados: HCO <sub>3</sub> : 0.0-99.9mM TCO <sub>2</sub> : 0.0-99.9mM Beb: +/- 99.9mM BEecf: +/- 99.9mM O <sub>2</sub> SAT: 0.0-100.0% tHb: 3.4-27.2g/dL 2.1-17.0mM	Idem
Salida: Puerto serial RS232C	Idem
<b>REQUERIMIENTOS ELÉCTRICOS</b>	
Tensión y frecuencia nominales: 110V/120V – 60Hz	Idem
Tolerancia en tensión: ± 10 %	Idem
Requerimientos de potencia: Analizador: Batería recargable de 7.2V 1 <sup>a</sup> Debe incluir cargador de batería.	Idem
Tipo de protección contra descargas eléctricas: Tipo I	Idem
Grado de protección contra descargas eléctricas: Grado B	Idem
<b>REQUERIMIENTOS DE INSTALACIÓN</b>	
Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado B, se deberá instalar al panel de distribución de energía en el tomacorriente que tenga el sistema de alimentación eléctrico no aislado con buena instalación de tierra.	Idem

- No existe ninguna variación, ni en especificaciones, ni en cantidad, debido a que es imprescindible su utilización en las dos U.T.I. por la necesidad de realizar los análisis sanguíneos, de la muestra del paciente, de una forma inmediata y no se podría esperar para que se los realice en el Laboratorio Clínico del Hospital y luego de cierto tiempo revisar los resultados entregados por éste.

UNIDAD DE TERAPIA INTENSIVA TIPO	UNIDAD TERAPIA INTENSIVA BASICA
<b>Respirador de presión positiva tipo mecánico portátil (Ventilador de presión):</b>	
Cantidad planificada: 1 respirador portátil por cada 4 camas implementadas	1 respirador portátil para toda la Unidad.
<b>OPERATIVOS:</b>	
Modos de ventilación: Controlada Asistida/Controlada CPAP	Idem
Definición de parámetros: Mediante controles de flujo, frecuencia de respiraciones.	Idem
Presión de seguridad: 10 a 80 cm H <sub>2</sub> O	Idem
Máxima presión de trabajo: 80 cm H <sub>2</sub> O	Idem
Variación de % de oxígeno: 21 a 100%	Idem
Frecuencia de respiraciones: Adultos: 1 a 60 BPM	Idem
Control de flujo: Control manual de flujo hasta 15 lpm.	Idem
<b>NEUMATICOS:</b>	
Presiones de entrada máxima/mínima: 80/35 PSI	Idem
Flujo instantáneo máximo: 15 l/m	Idem
Filtros bactericidas	Idem
Mecanismos de seguridad	Idem
Protección ordinaria contra penetración de líquidos	Idem
Modo de funcionamiento: Continuo	Idem
<b>REQUERIMIENTOS DE INSTALACION</b>	
Toma rápida de pared para oxígeno medicinal.	Idem

- ✱ No existe variación en cuanto a características técnicas, solamente la hay para la cantidad, pues para la U.T.I. Básica se sugiere un ventilador de presión para toda la Unidad, en caso de fallo irreversible de la energía eléctrica, es decir que no se puedan activar los generadores de emergencia, o en caso de que el ventilador tipo electrónico asignado a ese cubículo fallara.

UNIDAD DE TERAPIA INTENSIVA TIPO	UNIDAD TERAPIA INTENSIVA BASICA
<b>Bomba portátil de succión de presión variable:</b>	
Cantidad planificada: Variable: 1 succión por cada cama implementada. Termótica: 1 succión por cada 3 camas implementadas.	Variable: 1 succión por cada cama implementada. Termótica: 1 succión para toda la Unidad.
<b>OPERATIVOS:</b>	
<b>Modo de trabajo: succión continua variable</b>	Idem
Regulación de presiones: entre 0 a 750 mmHg.	Idem
Almacenamiento de líquido succionado: Botellas de 4 litros tipo irrompible	Idem
<b>Modo de trabajo: Termótica intermitente</b>	Idem
Regulación de presiones: Conmutación entre 0 - 90 y 120 mmHg.	Idem
Almacenamiento de líquido succionado: Botellas de 4 litros tipo irrompible	Idem
<b>ELÉCTRICOS:</b>	
Tensión y frecuencia nominales: 110V/120V – 60Hz	Idem
Tolerancia de tensión: $\pm 10\%$	Idem
Tipo de protección contra descargas eléctricas: Tipo I	Idem
Grado de protección contra descargas eléctricas: Grado B	Idem
<b>REQUERIMIENTOS DE INSTALACION:</b>	
Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado B, se deberá instalar al panel de distribución de energía en el tomacorriente que tenga el sistema de alimentación eléctrico no aislado con buena instalación de tierra.	Idem

- ✿ No existe variación en cuanto a características técnicas, solamente la hay para la cantidad, pues para la U.T.I. Básica se sugiere una succión tipo termótica para toda la Unidad, mientras que para el caso de la succión continua variable es igual en ambos casos. Se debe recordar que para el caso de las bombas de succión, éstas van asignadas para eliminar los residuos de sangre, orina o secreciones de los pacientes.

UNIDAD DE TERAPIA INTENSIVA TIPO	UNIDAD TERAPIA INTENSIVA BASICA
<b>Bomba de infusión:</b>	
Cantidad planificada: 2 bombas por cada cama implementada.	Idem
<b>OPERATIVOS:</b>	
Modos de operación: Automática y manual para casos eventuales.	Idem
Volumen de suministro controlado: 0 a 1999 ml en pasos de 1 ml.	Idem
Tiempo de suministro: 1 minuto a 60 horas en pasos de 1 minuto.	Idem
Valores digitales: Volumen a administrar Tiempo a administrar Velocidad de administración Volumen faltante Tiempo faltante	Idem
Alarmas: Audible y visual Burbuja en la línea Puerta abierta (si la tiene) Operación solo con batería Falla de sistema No corresponde lo administrado con el flujo medido.	Idem
<b>ELÉCTRICOS:</b>	
Tensión y frecuencia nominales: 110V/120V – 60Hz En caso de falla, deberá disponer de baterías recargables para suministro de energía de por lo menos 1 hora.	Idem
Tolerancia de tensión: $\pm 10\%$	Idem
Tipo de protección contra descargas eléctricas: Tipo I	Idem
Grado de protección contra descargas eléctricas: Grado B	Idem
<b>REQUERIMIENTOS DE INSTALACION</b>	
Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado B, se deberá instalar al panel de distribución de energía en el tomacorriente que tenga el sistema de alimentación eléctrico no aislado con buena instalación de tierra.	Idem

- ✿ No existe variación en cuanto a características técnicas, ni en cantidad, ya que este tipo de equipos son muy necesarios para administración de alimentación parenteral y/o fármacos que el paciente necesita en su estado crítico. Es posible, que inclusive, se necesiten para un paciente más de dos bombas simultáneamente, aunque para otro no se use o solamente se utilice una.

UNIDAD DE TERAPIA INTENSIVA TIPO	UNIDAD TERAPIA INTENSIVA BASICA
Unidades de hipo-hiper termia (mantas térmicas):	
Cantidad planificada: 1 unidad de hipo-hiper termia por cada 4 camas implementada.	No existe
OPERATIVOS:	
Modos de operación: Automática y manual para casos eventuales.	
Tipos de operación: Calentamiento Enfriamiento	
Temperaturas de operación: Calentamiento: desde temperatura ambiente hasta 55 °C. Enfriamiento: desde temperatura ambiente hasta -10 °C.	
Modo de actuación: Circulación de agua caliente o fría según sea el caso mediante mangueras hacia manta posicionada en el paciente para transmitir su temperatura.	
Controles: Selección de enfriamiento o calentamiento. Apertura de llaves de circulación de agua por mantas. Selección y conexión de al menos dos mantas simultáneas para el mismo paciente. Apertura de llave para dar presión controlada al agua que circulará por la manta al paciente. La temperatura que se induce en el paciente es sólo por transferencia de superficies, el paciente no tiene contacto directo con el agua fría o caliente.	
ELÉCTRICOS:	
Tensión y frecuencia nominales: 110V/120V – 60Hz	
Tolerancia de tensión: ± 10 %	
Tipo de protección contra descargas eléctricas: Tipo I	
Grado de protección contra descargas eléctricas: Grado B	
<b>REQUERIMIENTOS DE INSTALACION</b>	
Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado B, se deberá instalar al panel de distribución de energía en el tomacorriente que tenga el sistema de alimentación eléctrico no aislado con buena instalación de tierra.	

- La reducción de la unidad de hipo-hiper termia para el caso de la U.T.I. Básica implica la reducción de su costo, en vista de que es un equipo opcional pero que en casos de urgencia sirve, aunque puede ser reemplazado con el calentamiento con cobijas y/o enfriamiento mediante hielo.

## 2.4.3. Instalaciones centralizadas.

UNIDAD DE TERAPIA INTENSIVA TIPO	UNIDAD TERAPIA INTENSIVA BASICA
<b>OXIGENO CENTRAL</b>	<b>OXIGENO</b>
2 tomas rápidas de pared a 1.60 mts. para cada cama.	2 botellas de oxígeno de 12 m <sup>3</sup> de capacidad con mano-reductores de presión para cada cama.
Oxígeno medicinal 100% puro. Presión: 50 PSI.	Oxígeno medicinal 100% puro. Presión: 50 PSI obtenida mediante los mano-reductores de presión.
Reserva: varias botellas de oxígeno	Reserva: varias botellas de oxígeno.
<b>SISTEMA DE VACIO O SUCCION CENTRAL</b>	<b>VACIO O SUCCION</b>
Presión negativa variable entre: 0 a 750 mmHg	Bombas móviles de succión (succionadores portátiles) con presión negativa variable entre: 0 a 350 mmHg.
1 toma tipo manguera de vacío para cada cama.	
Reserva: bombas móviles de succión	Reserva: bombas móviles de succión
Bombas de succión tipo termótico con dos presiones fijas: 90 y 120 mmHg.	Bombas de succión tipo termótico con dos presiones fijas: 90 y 120 mmHg.
<b>SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO</b>	<b>AIRE COMPRIMIDO</b>
1 toma rápida de pared a 1.60 mts. para cada cama.	1 botella de aire comprimido de 12 m <sup>3</sup> de capacidad con mano-reductor de presión para cada cama.
Aire comprimido medicinal 98% puro, seco, filtrado (0.1μ), limpio de aceite y polvo y libre de agentes patógenos. Presión: 50 PSI.	Aire comprimido medicinal 98% puro, seco, filtrado (0.1μ), limpio de aceite y polvo y libre de agentes patógenos. Presión: 50 PSI obtenida mediante el mano-reductor de presión.
Reserva: varias botellas de aire comprimido.	Reserva: varias botellas de aire comprimido.

- ✿ Para el suministro de oxígeno, no se ha eliminado su utilización, ya que es imposible por su función vital. En lugar de esto, se ha reducido los costos de implementación, al cambiar el sistema centralizado por botellas individuales.
- ✿ Para el caso del sistema de vacío o succión central, también se ha disminuido el costo de implementación, al reemplazar el sistema centralizado por bombas de succión portátiles.
- ✿ En el sistema de aire comprimido, es el mismo método utilizado que para el de oxígeno.

Estos cambios planteados en cada suministro de gas, deben ser revisados con periodicidad, de acuerdo al incremento de pacientes y/o cubículos de la Unidad, pues es posible que por su crecimiento, ya sea económicamente justificable la implementación del suministro central para cada uno de ellos.



UNIDAD DE TERAPIA INTENSIVA TIPO	UNIDAD TERAPIA INTENSIVA BASICA
<b>INSTALACIONES ELECTRICAS</b>	
Sistema de tierra óptimamente diseñado. Resistencia ideal de conexión a tierra: $0.2 \Omega$	Idem
Despolarización combatida mediante dispositivos controladores de: Polaridad invertida (fase con neutro) Intercambio de neutro con tierra Intercambio de fase con tierra Falla de fase Falla de neutro Falla de tierra Este procedimiento se lo deberá realizar antes de conectar cualquier equipo médico a la red eléctrica.	Idem
Fugas de corriente vigiladas por sistemas de aislamiento. Impedancia interna del cuerpo: $500 \Omega$ Corriente máxima de fugas: $10 \mu A$ Voltaje máximo al paciente: $5 mV$ Superficies equipotenciales. Impedancia propia de la instalación: $> 50 K \Omega$ Corriente total de falla: $4.4 mA$ Corriente máxima por el cuerpo de paciente: $0.59 \mu A$ Implementación de monitores LIM	Ninguna posibilidad de eliminar sistema de protección de fugas de corriente que son vigiladas por sistemas de aislamiento. Por lo que se mantiene sistema de aislamiento.

- Del análisis de las normas y requerimientos técnicos de los sistemas de protección eléctrica revisados en el Capítulo I en la sección de Seguridad Eléctrica, se concluye que este trabajo no recomienda en ningún caso la eliminación de los sistemas aislados de protección, como medida de abaratamiento de costos al planificar e implementar una U.T.I., como se lo indicó anteriormente en el subcapítulo 2.3.3. sección de instalaciones eléctricas para una U.T.I. Básica.

UNIDAD DE TERAPIA INTENSIVA TIPO	UNIDAD TERAPIA INTENSIVA BASICA
<b>SISTEMA DE ILUMINACION</b>	
Iluminación tipo incandescente de dos intensidades: Para exámenes y procedimientos (alta) Para reposo del paciente (baja)	Iluminación tipo incandescente de una intensidad. Para exámenes y procedimientos (alta). Para reposo del paciente (sin iluminación)
<b>SISTEMA DE COMUNICACION</b>	
Dentro de la unidad	
De la unidad con el resto del hospital	Idem.
De la unidad hacia fuera del hospital	Idem.
Paciente y estación de enfermería	
Estación de enfermería y cuartos de médicos de guardia.	
Estación de enfermería y oficina de coordinación de la unidad.	En este caso es un solo ambiente.
Estación de enfermería y resto del hospital	
Estación de enfermería y fuera del hospital	

## 2.4.4. Sistemas contra incendios.

UNIDAD DE TERAPIA INTENSIVA TIPO	UNIDAD TERAPIA INTENSIVA BASICA
<b>SISTEMAS CONTRA INCENDIOS:</b>	
Características del sector: Poca carga de fuego Peligrosidad por equipos eléctricos y electrónicos Pacientes no evacuables Unidad permanentemente atendida con numeroso personal médico.	Idem
Evacuación: Pacientes en caso emergente, salida de emergencia. Personal salidas de pacientes, salida principal	Evacuación: Pacientes en caso emergente y personal médico y auxiliar por salida de acceso principal.
Detección: Detectores de humo Indicadores de acción en dependencias cerradas Instalaciones de extinción automática o cortinas de agua pulverizada a los vidrios. Suspensión de energía eléctrica en compartimentos siniestrados.	Idem
Extinción: Extinguidores portátiles manuales en central de enfermería. Armaríos de equipos de manguera a la entrada principal de la unidad.	Idem
Plan de alarma: Pulsadores de alarma en central de enfermería Intercomunicador en central de enfermería conectado al control de la planta baja y central de servicio de extinción del hospital.	Idem
Evacuación de humos: Extracción de humo por almacén y cuarto de material sucio.	Idem

- Para el caso de estos sistemas, se mantienen en ambas propuestas, para la U.T.I. Tipo y la U.T.I. Básica, las mismas concepciones de planificación, con las variaciones marcadas para cada sistema.

## C A P Í T U L O    I I I

### **Planificación de un Centro Quirúrgico Central.**

La planificación de un Centro Quirúrgico Central estará enmarcada en su definición funcional, descrita en el Capítulo I. Para cumplir estos propósitos, objetivos y requisitos, se deberán establecer los requerimientos para su creación. Estos requerimientos, así como para el caso de una Unidad de Terapia Intensiva, serán de tipo físico, necesidades de equipos médicos, instalaciones centralizadas asociadas, así como también de la infraestructura soporte que deberá disponer. De igual manera a la indicada en el caso de una U.T.I., estos requerimientos han sido recopilados de las recomendaciones internacionales existentes, de las recomendaciones de personal médico íntimamente ligado a estas áreas críticas, y del fruto de la experiencia adquirida por parte del autor de esta tesis, en el trabajo realizado en estas áreas críticas, lo que ha posibilitado crear la siguiente propuesta de diseño para un Centro Quirúrgico Central.

#### 3.1. Propuesta de un Centro Quirúrgico Central Tipo.

El Centro Quirúrgico Central Tipo (C.Q.C. Tipo) deberá disponer de todos los requerimientos al alcance de la tecnología y, más que eso, reunirá todas las exigencias tecnológicas que deben existir, para cumplir con las normas que se han establecido en el Capítulo I referente a la seguridad eléctrica, que es el principal requerimiento analizado en este trabajo; obviamente, sin dejar a un lado el resto de necesidades tanto de espacio físico mínimo, como de infraestructura soporte para su conformación, como es el caso de los sistemas de comunicación, iluminación y contra incendios que aquí, por lo extenso de cada tema, no se los analizará a profundidad,

sino que se los indicará para que la propuesta cubra todos los requerimientos y sea integral. A continuación se detallan estos requisitos para su implementación, mismos que han sido tomados de las recomendaciones mencionadas anteriormente.

### 3.1.1. Recursos físicos.

*Planta física:* deberá estar ubicado donde se encuentran los servicios de urgencia del Hospital como: Admisión Hospitalaria, Unidad de Terapia Intensiva, Terapia Intermedia, Respiratoria, Recuperación, Central de Esterilización, Imagenología y Laboratorio Especializado.

El conjunto de quirófanos tendrá capacidad de un quirófano por cada 50 camas. Se considera que para lograr una operatividad efectiva, el tamaño mínimo de cada quirófano debe ser de 30 mts<sup>2</sup>; es decir, con dimensiones no menores a 6 x 5 metros.

El número máximo de quirófanos en el C.Q.C. será de 10. Si existieran necesidades para más de 10 quirófanos, es preferible considerar la construcción de un segundo C.Q.C. Se debe recordar que, normalmente en la planificación de un Hospital, se consideran los quirófanos denominados periféricos, los mismos que está situados en otras áreas críticas, como en el caso de Emergencia, que, dependiendo de la capacidad del Hospital, podrá tener hasta 2 quirófanos.

Para efectos de descentralización y liberación de carga de trabajo del C.Q.C., se recomienda la creación de un quirófano que pertenece a lo que se denomina Hospital Del Día, en donde se realizarán cirugías que no requieren mayor proceso quirúrgico y que son relativamente sencillas, permitiendo que el paciente sometido a una intervención, pueda salir, luego

de su recuperación, posiblemente y seguramente a su casa. Pero, no por esto significa que no tendrá la infraestructura y el tratamiento de seguridad que el resto de quirófanos.

Siguiendo el mismo concepto, se tienen quirófanos periféricos en otros servicios, como es el caso de Otorrinolaringología, Oftalmología, Endoscopía y una Sala de Yesos en el servicio de Traumatología.

Como se puede observar, el conjunto total de quirófanos que dispone un Hospital, no necesariamente se concentra en el C.Q.C., aunque es el eje de planificación de las intervenciones quirúrgicas que tendrán lugar en éste, permitiendo así su priorización.

En virtud de esta aclaración, la planificación que se realizará estará centrada en el C.Q.C., aunque las recomendaciones serán válidas también para los quirófanos periféricos.

Para los quirófanos del C.Q.C., se exige que todos éstos sean oscuros<sup>1</sup>, y que se tomen todas las medidas que ya se expusieron para evitar explosiones originadas por chispas, flamas o corrientes electrostáticas. Además, es necesario que tengan una temperatura graduable entre 20 y 24°C y una humedad de 60%, con extracción de gases en la parte inferior. Los pisos y el sistema eléctrico deberán ser a prueba de explosión (pisos anti-estáticos con vinyl conductivo), lo mismo que el corredor común a ellos.

Estos deberán ser ambientes totalmente estériles, por lo que el personal médico y auxiliar deberá ingresar a él con ropa estéril.

Cada quirófano deberá tener un área de lavado de cirujanos y personal auxiliar, área para depósito de medicamentos, fármacos, instrumental e

---

<sup>1</sup> Cuando no están prendidas las luces ambiente o las lámparas cielíticas o auxiliares del quirófano.

insumos médicos fungibles, gavetas para material de papelería e historias clínicas en tránsito, área de lavado de instrumental.

El C.Q.C. debe disponer de un área suficiente para una estación central de enfermería que permita la coordinación de los trabajos en cada quirófano, con dos bodegas generales para el almacenamiento de fármacos, medicamentos y anestésicos, y la otra para el almacenamiento de equipos médicos e insumos fungibles secundarios; un cuarto séptico; un cuarto de aseo (interno de los quirófanos); un cuarto para los equipos de Rayos X portátiles con un ambiente oscuro para el revelado de las placas radiográficas.

Se debe contar con un área para depósito de material, ropería, servicios sanitarios, cuarto de aseo (externo a los quirófanos).

Se deberá considerar la implementación de una sala de espera para los familiares.

Se deberá disponer de espacio para oficinas de coordinación médica y personal de secretaría, área de descanso y vestidores para los médicos (uno para hombres y otro para mujeres), conteniendo por lo menos dos armarios metálicos dobles para cada equipo quirúrgico, con sanitarios y regadera. Área de descanso de enfermeras y vestidores (uno para hombres y otro para mujeres), conteniendo por lo menos dos armarios metálicos dobles por cada equipo quirúrgico con sanitarios y regadera.

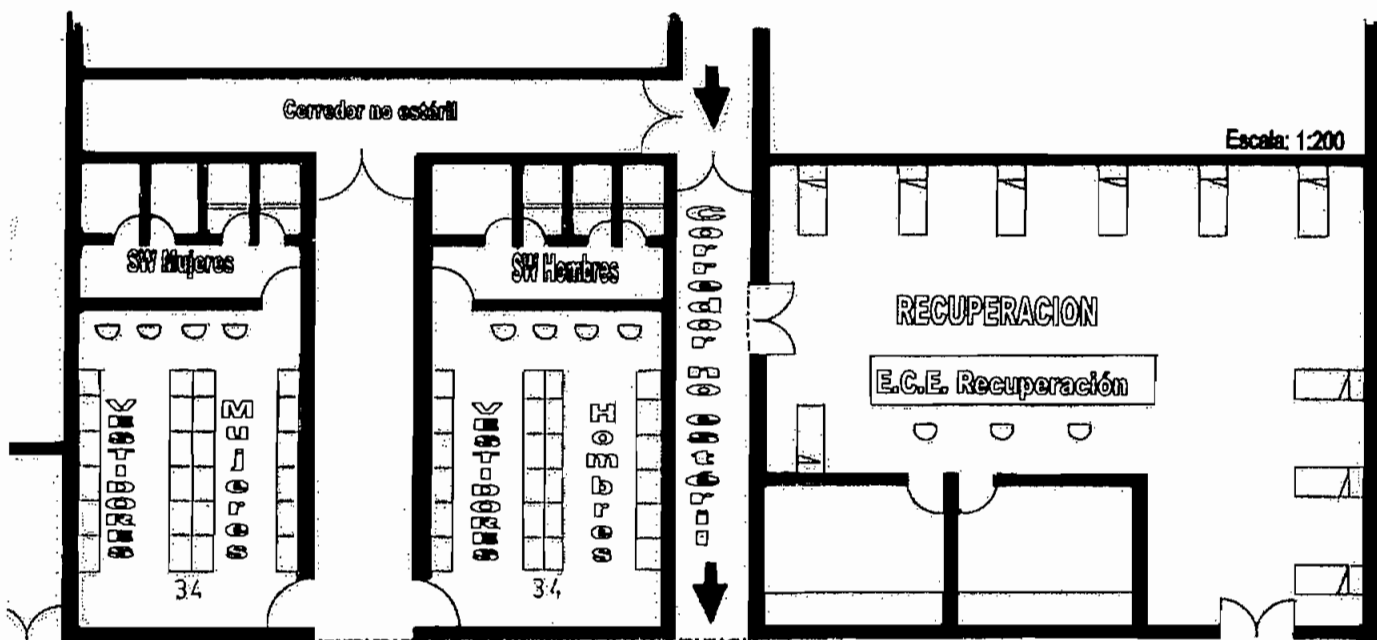
A pesar de que el Hospital dispone del servicio de la Central de Esterilización, dentro del C.Q.C. deberá existir también una subcentral de esterilización en donde estarán los equipos (autoclaves y esterilizadores en seco), estanterías metálicas en donde se deberá colocar la ropa lavada a ser esterilizada y la ropa ya estéril. Esta alternativa de poder esterilizar en

el C.Q.C. se debe a que en ciertos casos (especialmente las noches, feriados y fines de semana) no se dispone del servicio completo (y hasta a veces ni parcial) de la esterilización central, por lo que se tiene una buena independencia en estos casos y se evita en cierto grado la dependencia de la Central de Esterilización.

Se debe indicar también que el C.Q.C. debe tener una ventanilla de acceso a la Central de Esterilización para la transferencia del material estéril, como ropa, instrumental, insumos, accesorios, etc.

El C.Q.C. debe estar conectado con el Servicio de Recuperación, el mismo que deberá disponer un mínimo de una cama-camilla por cada quirófano y una adicional por cada cuatro quirófanos. Deberá disponer de una estación central de enfermería, instalaciones de oxígeno, aire comprimido y succión, para cada paciente que está en proceso de recuperación, principalmente de los efectos de la anestesia, y en continuo monitoreo hasta que se restablezcan sus funciones y parámetros vitales, para ser transferido luego a su habitación en el área de Hospitalización o a la Unidad de Terapia Intensiva, si el caso lo requiere.

En la Figura 3.1.1.a. se presenta un esquema de la planta física de un C.Q.C. Tipo, indicando las áreas necesarias especificadas en la planificación.



Area estéril

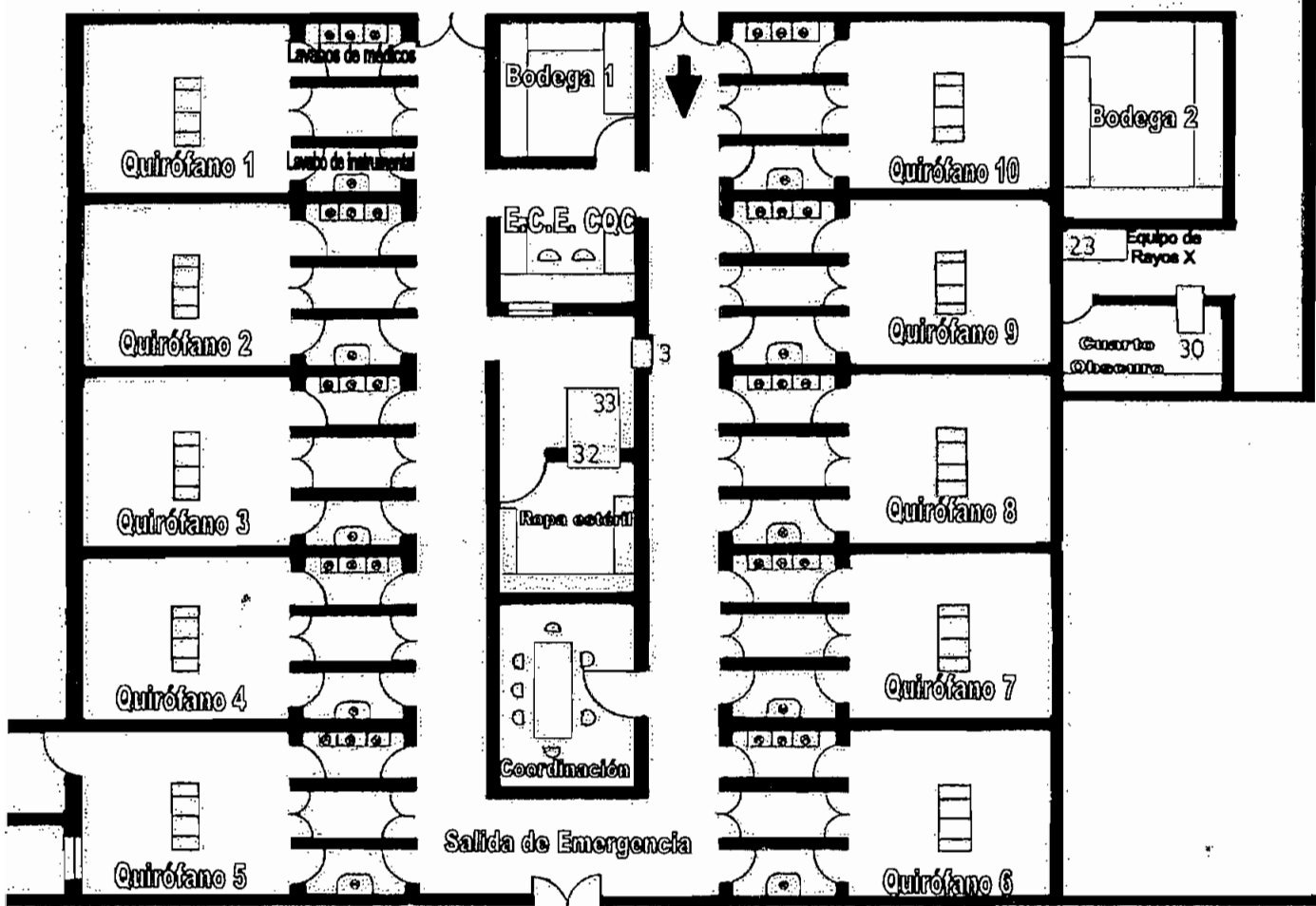






Figura 3.1.1.a. Esquema de la planta física de un C.Q.C. Tipo.

En la Figura 3.1.1.b. se indica la distribución de un quirófano general, en donde están ubicados físicamente, tanto los equipos, instalaciones centralizadas, como el mobiliario imprescindible y suficiente, numerados de acuerdo a la siguiente lista:

Item	Descripción del ítem
1	Alimentación general o línea de distribución del edificio.
2	Distribución en la planta o derivación individual.
3	Tablero de distribución en el Centro Quirúrgico Central.
4	Suministro complementario desde generadores de emergencia.
5	Transformador de aislamiento tipo médico.
6	Dispositivo de vigilancia de aislamiento y/o monitor de detección de fugas.
7	Transformador de seguridad para la energización de la lámpara cielítica.
8	Suministro normal y especial complementario para energizar la lámpara cielítica.
9	Radiador de calefacción central con control termostático 9 a.
10	Armario metálico para instrumentos.
11	Partes metálicas de lavabos y suministro de agua.
12	Torre aérea de tomas de suministro de energía eléctrica y gases.
13	Cuadro de alarmas del dispositivo de vigilancia de aislamiento.
14	Máquina de anestesia tipo quirúrgico. Estará conectada a la toma polarizada aislada del panel de distribución eléctrico (ítem 31).
15	Monitor de parámetros vitales. Tipo de conexión como de ítem 14.
16	Mesa de cirugía universal, con accesorios.
17	Lámpara cielítica de dos brazos.
18	Monitor de corriente de consumo de lámpara cielítica.
19	Lámpara auxiliar. Tipo de conexión como de ítem 14.
20	Unidad electroquirúrgica (electrobisturí). Tipo de conexión como de ítem 14.
21	Bomba móvil de succión de presión variable. Tipo de conexión como de ítem 14.
22	Bombas de infusión. Tipo de conexión como de ítem 14.
23	Equipo de Rayos X móvil y/o Equipo de Rayos X de Arco en C.
24	Interruptor de protección diferencial para toma de Equipo de Rayos X.
25	Monitor de electrocardiografía, registro en papel y desfibrilador/cardioversor. Tipo de conexión como de ítem 14.
26	Negatoscopio de pared.
27	Toma de pared para equipo de Rayos X.
28	Barra de puesta a tierra.
29	Barra equipotencial
30	Procesadora automática de películas radiográficas.
31	Panel de distribución eléctrico aislado y aterrizado (3 unidades/quirófano).
32	Autoclave eléctrico para C.Q.C.
33	Interruptor de protección diferencial para la instalación eléctrica del autoclave eléctrico.
34	Lockers para ropa de médicos, enfermeras y personal auxiliar.

En la Figura 3.1.1.c. se presenta el esquema detallado de distribución del Hospital del Día mencionado anteriormente, necesario para liberar la carga de trabajo del C.Q.C.

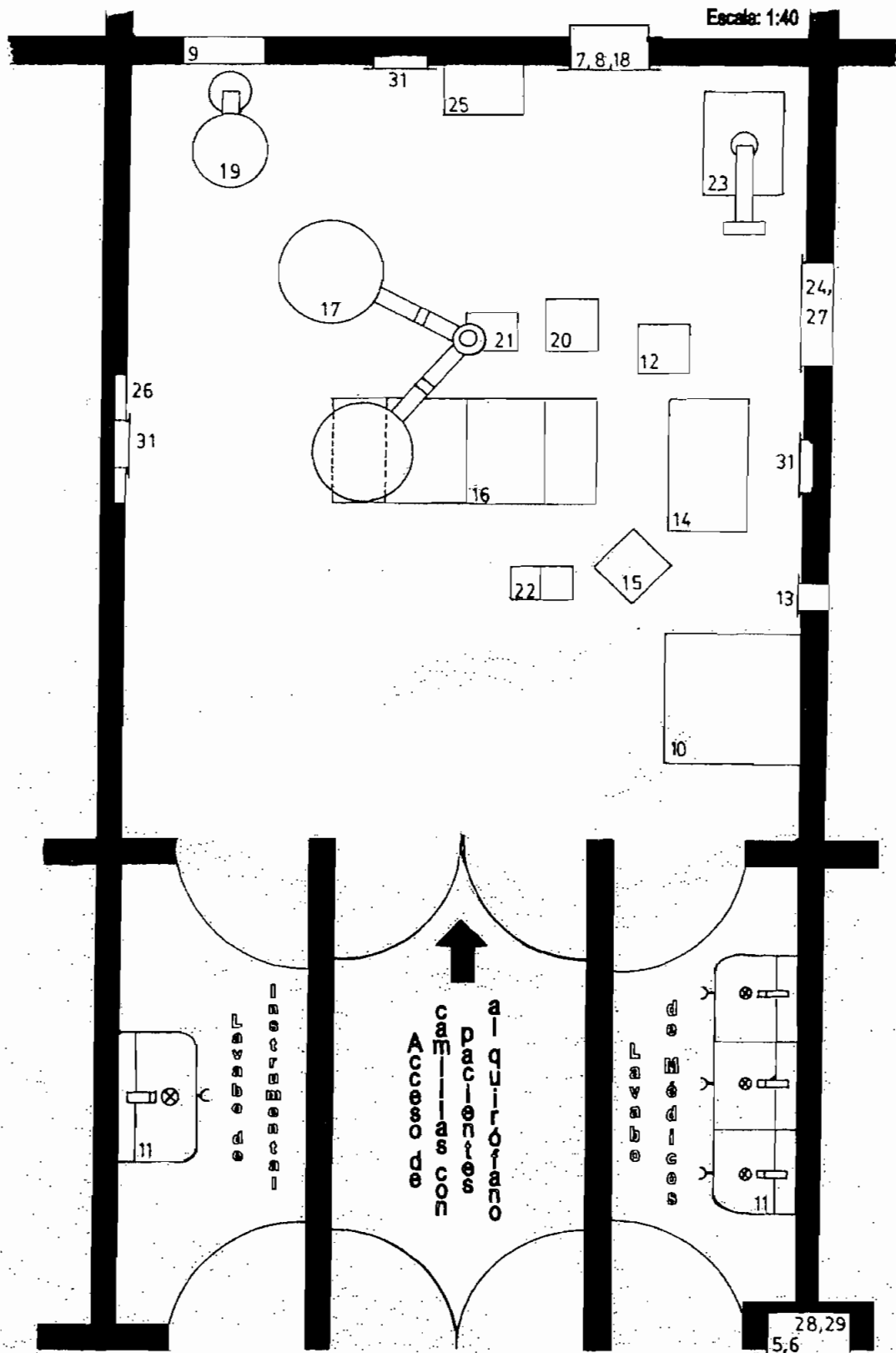


Figura 3.1.1.b. Esquema de distribución de un quirófano general de un C.Q.C. Tipo.

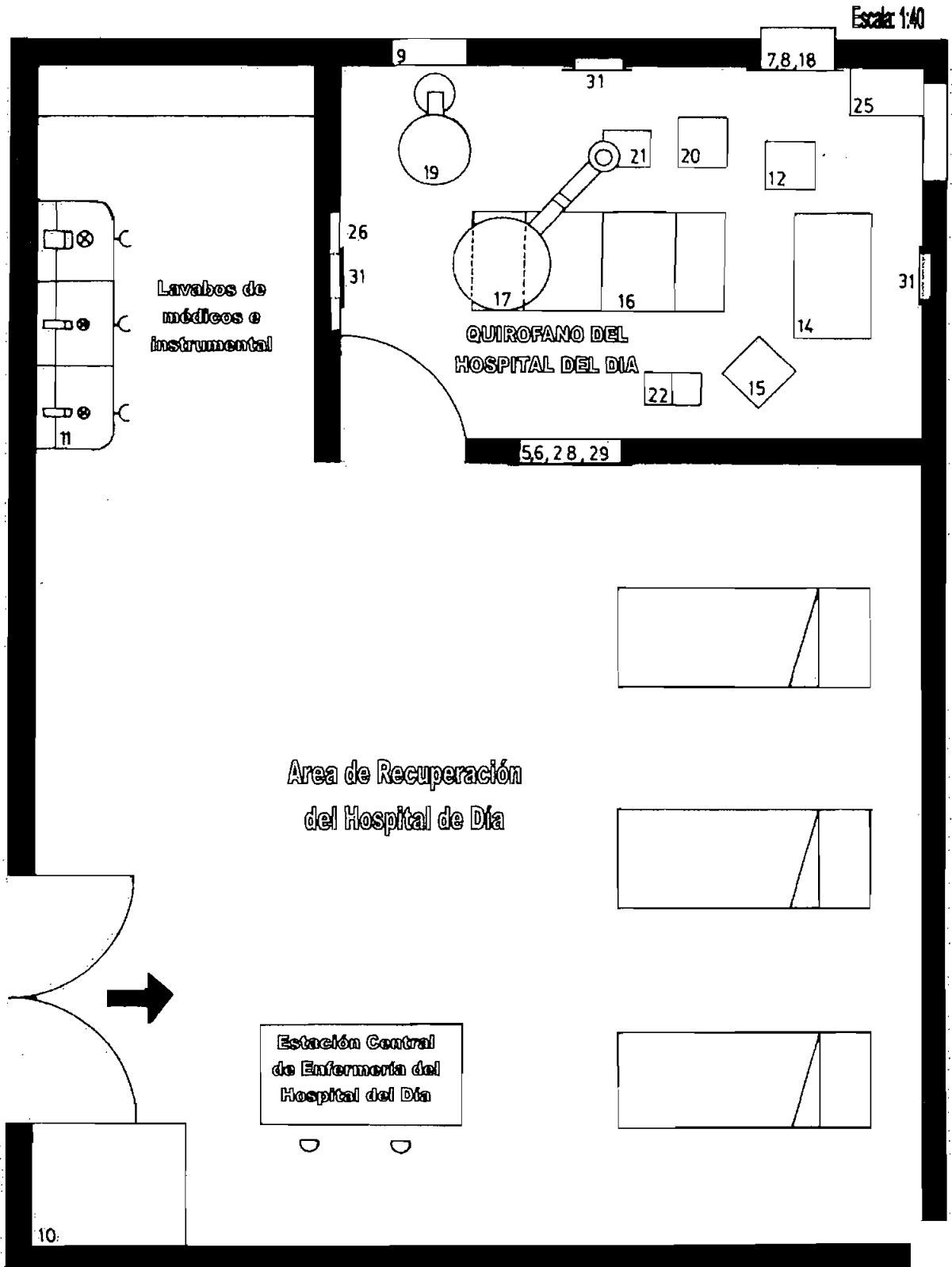
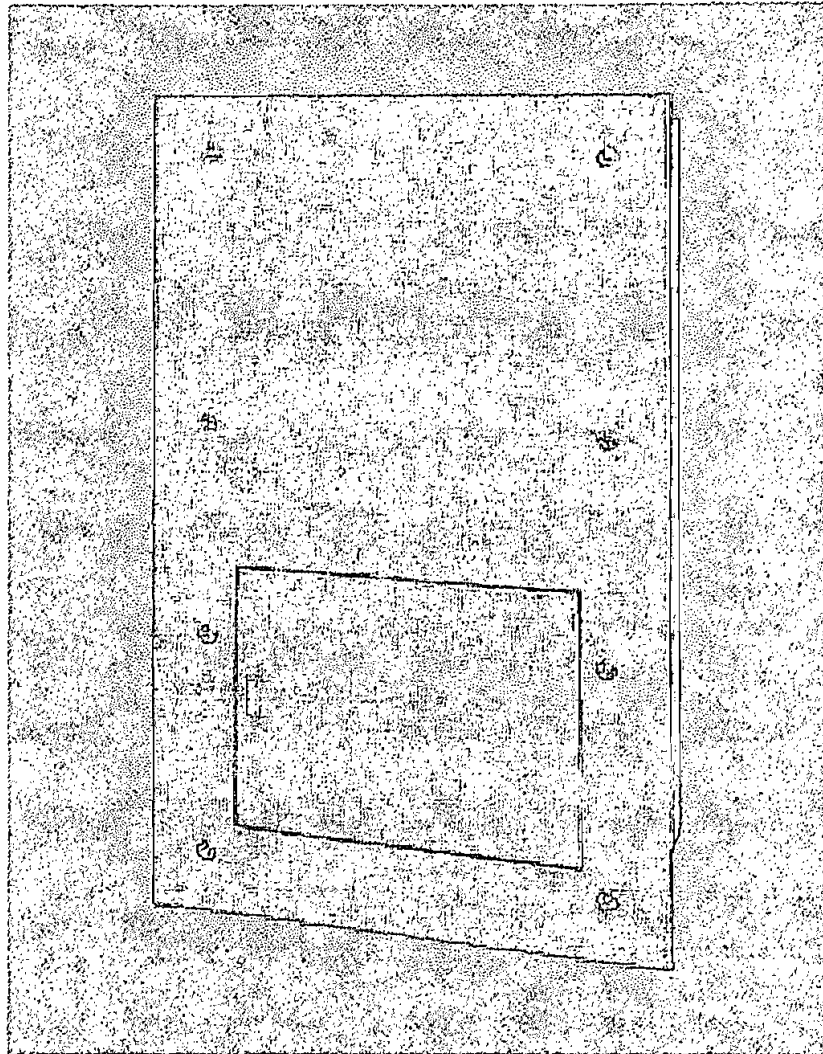


Figura 3.1.1.c. Esquema de distribución del Hospital del Día, perteneciente al C.Q.C.

A continuación se presentan las Figuras 3.1.1.d.1. y 3.1.1.d.2. donde se muestran la apariencia y el detalle eléctrico del tablero de aislamiento que se utilizará en cada quirófano (externo a él, a la entrada de éste), el mismo que permitirá vigilar y asegurar que la alimentación eléctrica aislada es la requerida para todos los equipos que estarán conectados en él. Este tablero deberá ser de máximo 10KVA<sup>2</sup>, 220VAC (protección de 30A) en el primario y 110VAC (protecciones de 8A) en el secundario<sup>3</sup>.



**Figura 3.1.1.d.1. Detalle físico del tablero de aislamiento para un quirófano general.**

<sup>2</sup> Según norma P-5 indicada en el Capítulo I referente a la Seguridad Eléctrica.

<sup>3</sup> Según recomendaciones de las normas analizadas en Capítulo I referente a Seguridad Eléctrica.

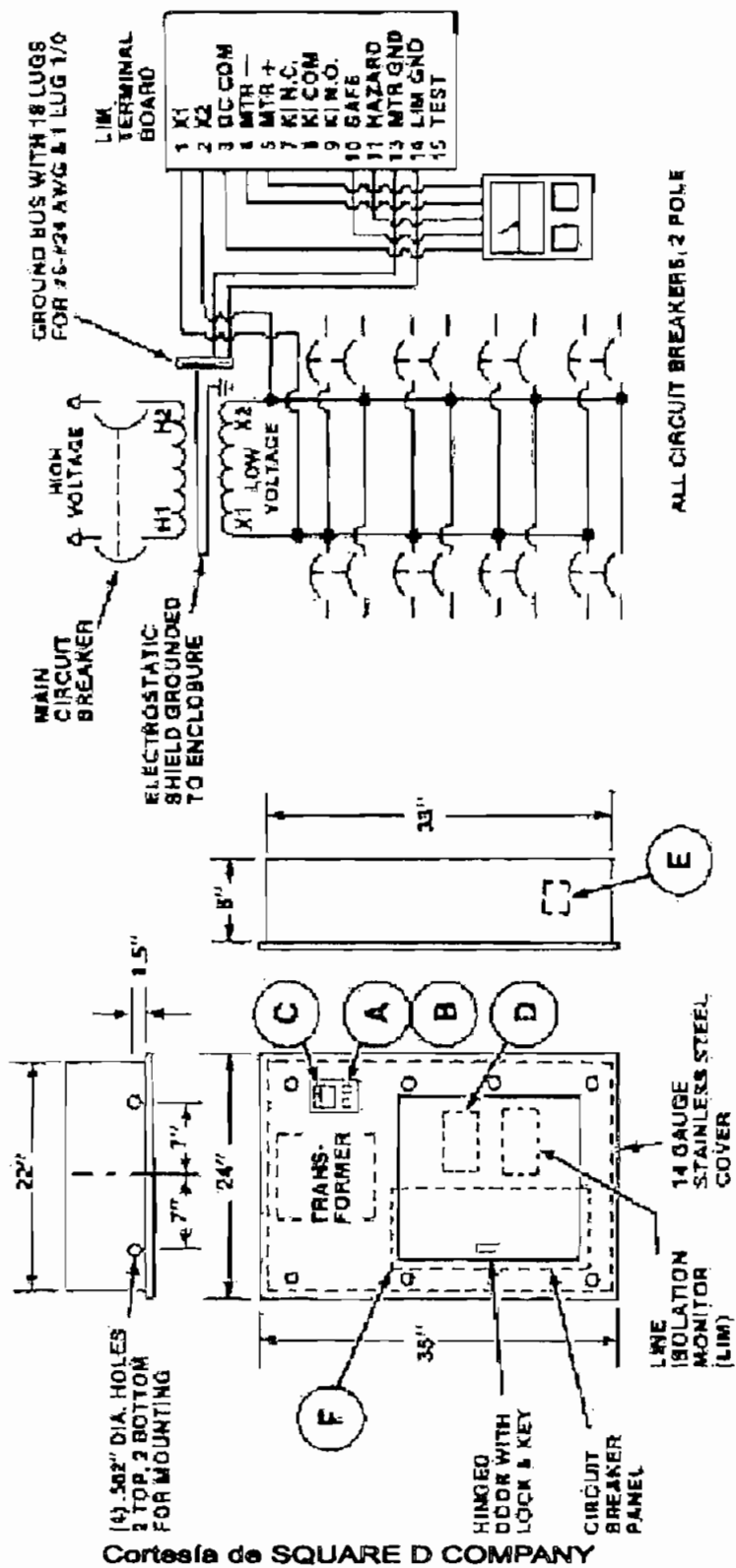


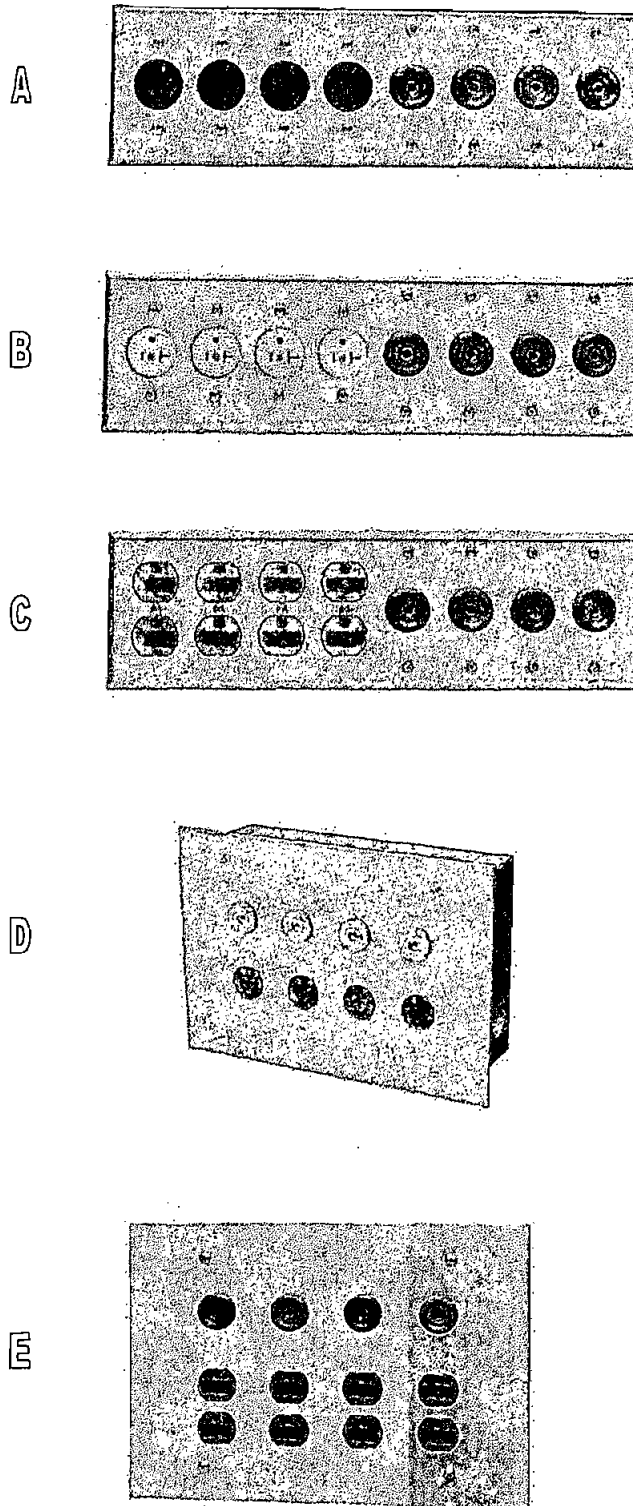
Figura 3.1.1.d.2. Detalle de conexiones eléctricas y contenido del tablero de aislamiento para un quirófano general.

Para esta última figura (3.1.1.d.2.), los accesorios marcados con los literales corresponden a:

A	Luces indicadores verde, ámbar y roja montadas en el panel frontal.
B	Luces indicadores verde y roja montadas en el panel frontal.
AC	Luces indicadores verde, ámbar y rojo, alarma audible y medidor montados en el panel frontal.
D	Probador de integridad de tierra (Ground Integrity Tester), montado de tras de la puerta.
E	Booster de fuente de alimentación, requerido cuando se utilizan más de 3 indicadores remotos.
F	10 circuitos breakers secundarios.

En la Figura 3.1.1.d.1. se deberá notar que en la parte frontal del tablero ya no existen tomas ni de energía eléctrica aislada, ni de sistema de tierra, como en el caso de la U.T.I., debido a que en estos tableros, como se indicó anteriormente, van fuera de cada quirófano, y a éstos irán conectados los subtableros de distribución eléctrica aislada (paneles de distribución eléctrica), en donde estarán alojadas las tomas de este tipo de energía y protección, como los indicados en la Figura 3.1.1.e.1. y 3.1.1.e.2.

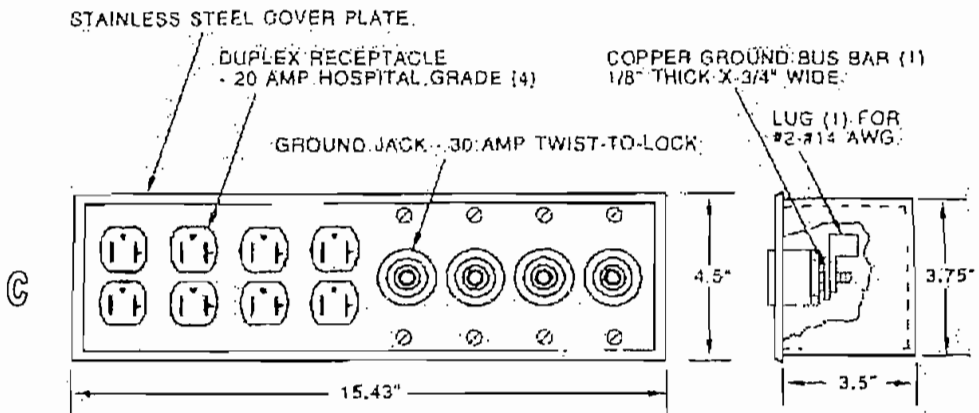
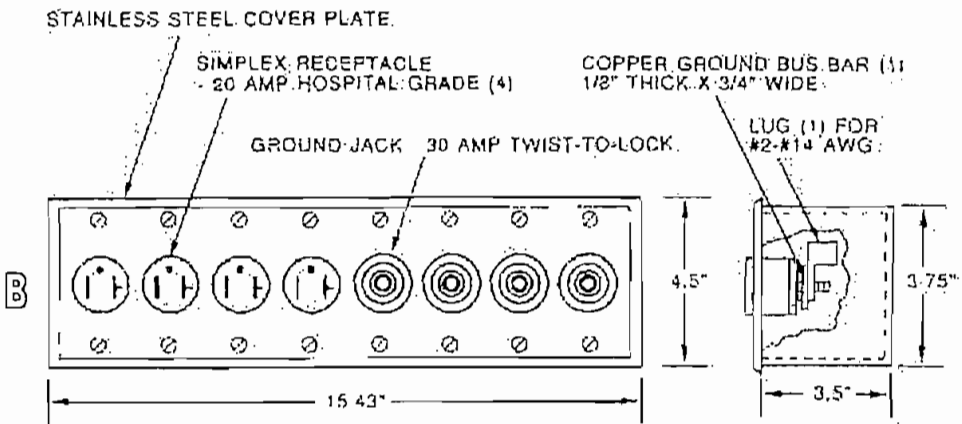
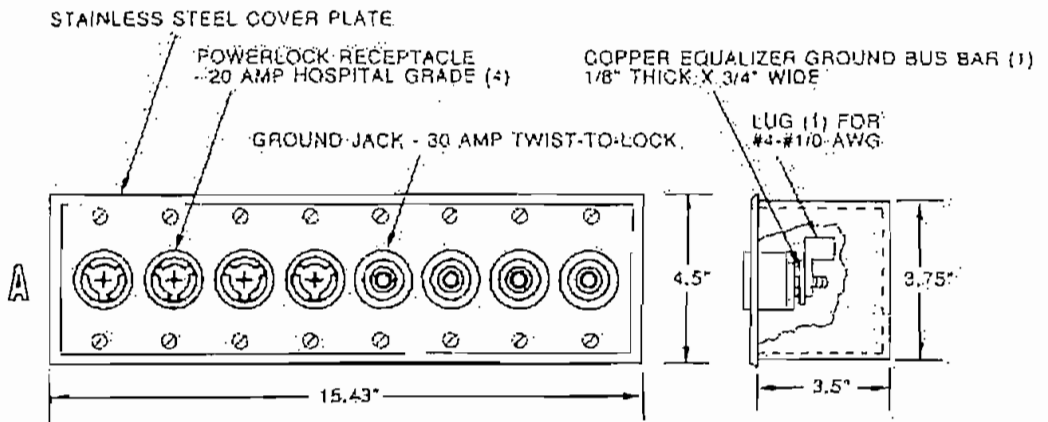
Dependiendo de las necesidades eléctricas que se tengan en cada quirófano, como es el caso del número de equipos y accesorios eléctricos adicionales, se deberá instalar al menos 3 paneles de distribución eléctrica, que podrían ser del tipo de la Figura 3.1.1.e.1.C. o 3.1.1.e.1.E., que son los de uso más frecuente. Para el caso de tomas especiales de los equipos, se pueden utilizar los indicados en las Figuras 3.1.1.e.1.A. o 3.1.1.e.1.D. (que son del mismo estilo, aunque de diferente distribución), o 3.1.1.e.1.B. que tiene la clavija de sujeción.



Cortesía de SQUARE D COMPANY

Figura 3.1.1.e.1. Tipos de paneles de distribución eléctrica para un quirófano general.





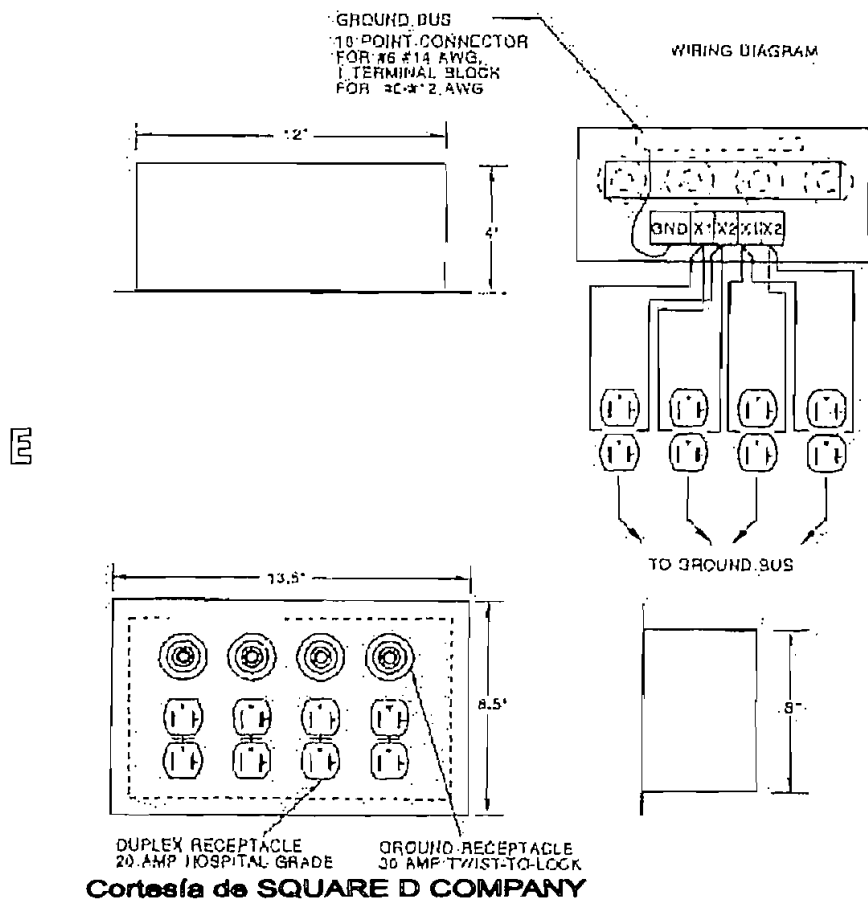
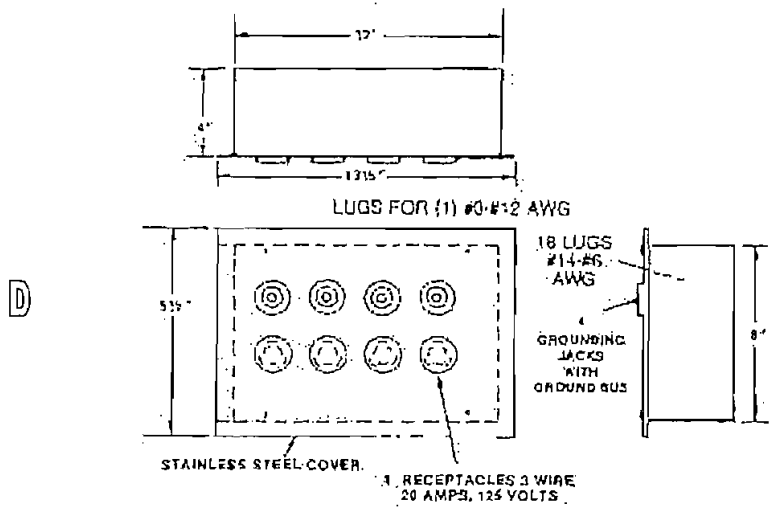


Figura 3.1.1.e.2. Estructura física interna de los tipos de paneles de distribución eléctrica para un quirófano general.

El tablero de aislamiento indicado en la Figura 3.1.1.d.1. como en el caso del tablero de una U.T.I., también debe tener un indicador remoto interno en el quirófano, y uno externo en la estación central de enfermería, para indicar su estado, del mismo tipo indicado en la Figura 2.1.1.d. del Capítulo II cuando se analizaba el caso de una U.T.I.

Lo mismo ocurre con el dispositivo de vigilancia de impedancia y los conectores para los cables de tierra de los chasis de equipos. Para el caso de los quirófanos generales, se utilizará del mismo tipo de LIM que el indicado en la Figura 2.1.1.e. y el mismo tipo de cables de tierra de la Figura 2.1.1.h. del Capítulo II.

Recordando la exigencia indicada: cada quirófano debe disponer de un tablero de aislamiento propio, a continuación se muestra en la Figura 3.1.1.f. un esquema de distribución eléctrica, en el que están involucrados todos los factores enunciados y en el que se conectarán los equipos del quirófano.

Para la alimentación eléctrica del Equipo de Rayos X móvil, o del Equipo de Rayos X con intensificador de imagen de Arco en C, es necesario un tablero independiente de distribución eléctrica con un diferencial (el único caso que se interrumpirá la energía eléctrica de este equipo si existiera algún problema eléctrico), que será de las mismas características al indicado para el caso de la U.T.I. de la Figura 2.1.1.i. y su toma rápida de la Figura 2.1.1.j.; ambas figuras pertenecientes al Capítulo II.

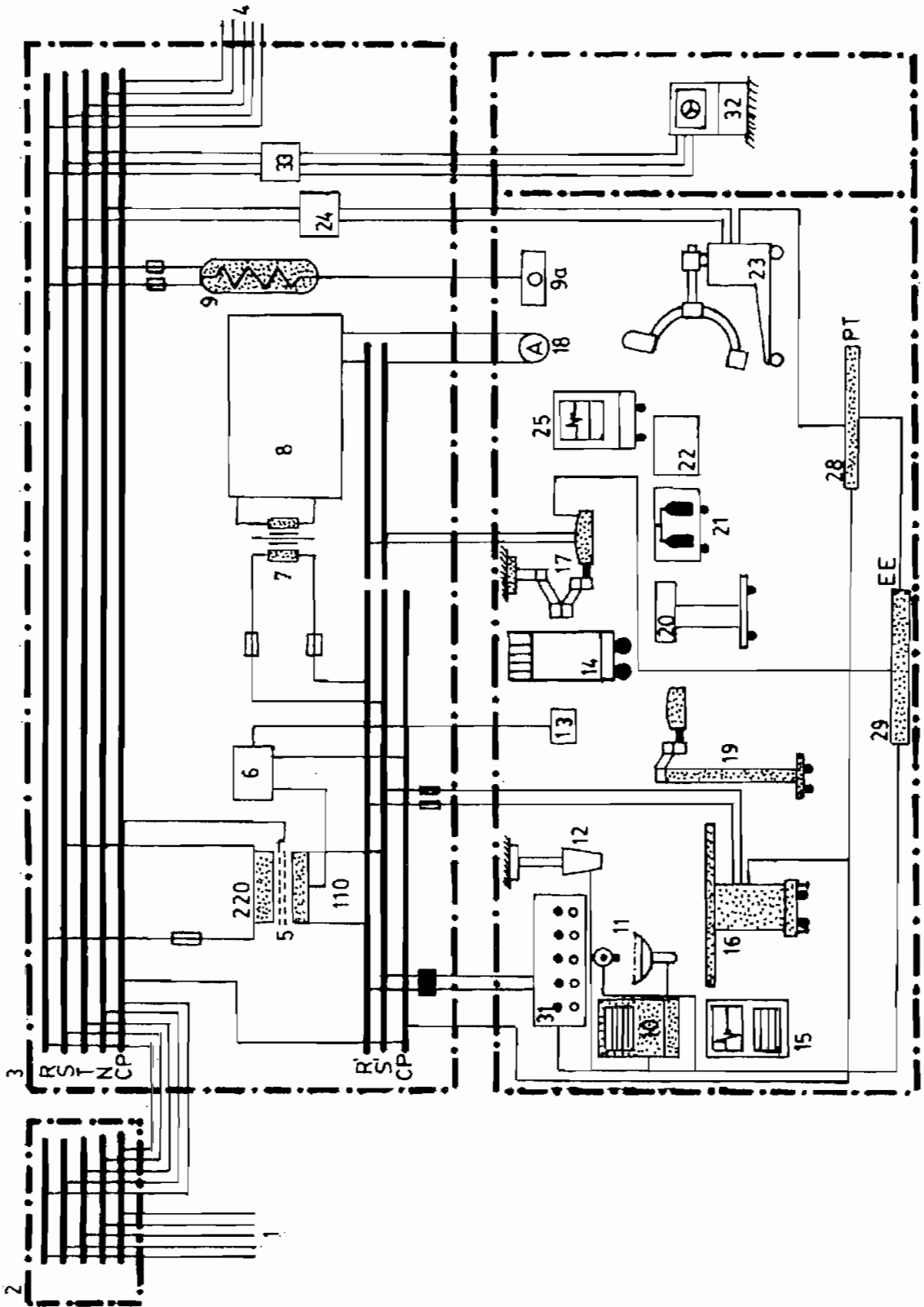
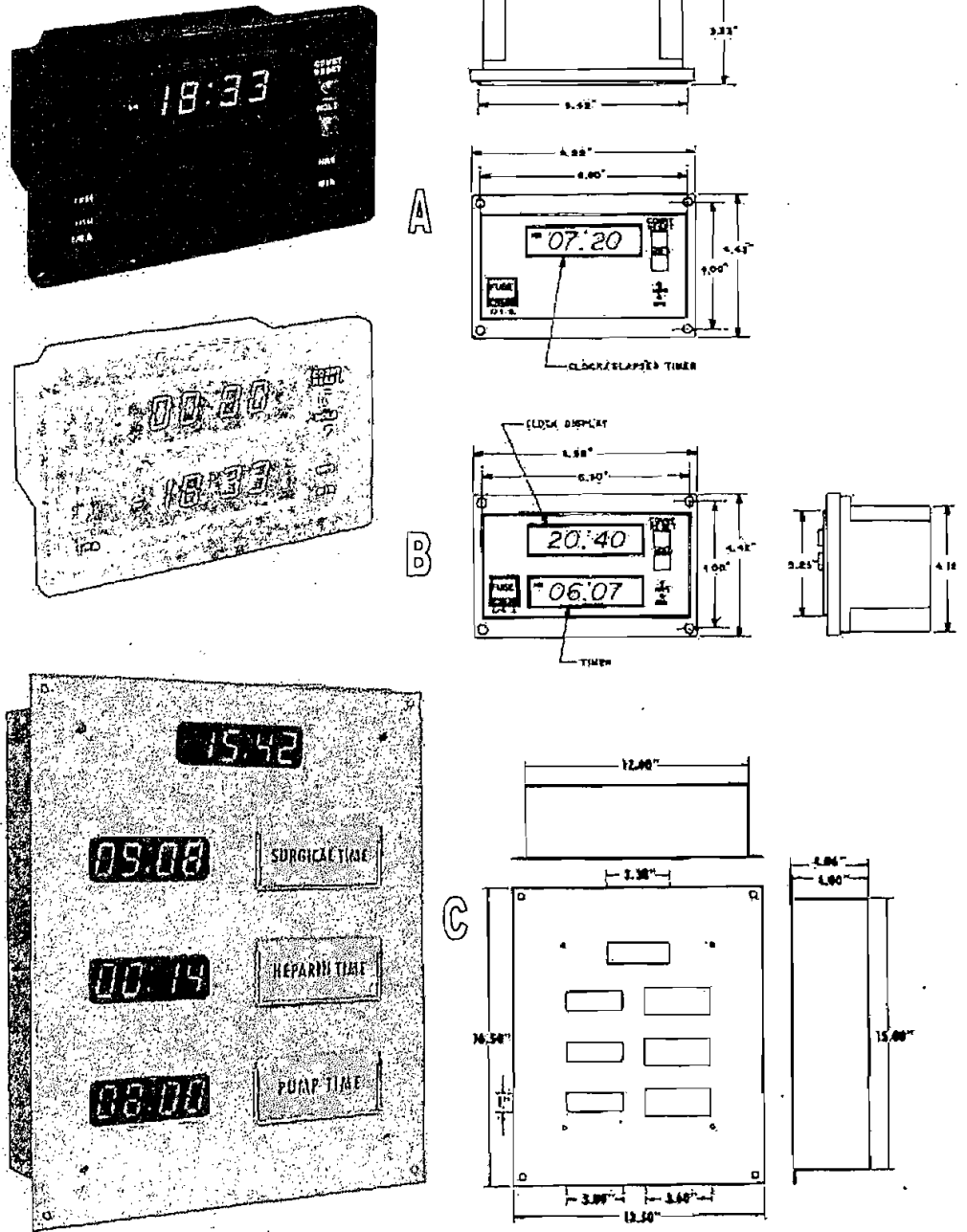


Figura 3.1.1.f. Distribución eléctrica para quirófano general de un C.Q.C. Tipo.

Dentro de las funciones normales de control que se desarrollan en los quirófanos que pertenecen al Centro Quirúrgico Central, están las de registro de datos de evolución de las cirugías realizadas. Tales registros cubren datos como: parámetros vitales, irregularidades (si las existieran), variaciones apreciables físicas, tipo de cirugía y anestesia utilizada, tiempo de cirugía, tiempo de suministro de anestésicos, etc., que irán registrados en la historia clínica del paciente. Para el control de tiempo de estos parámetros se requiere de cronómetros que realicen estas funciones.

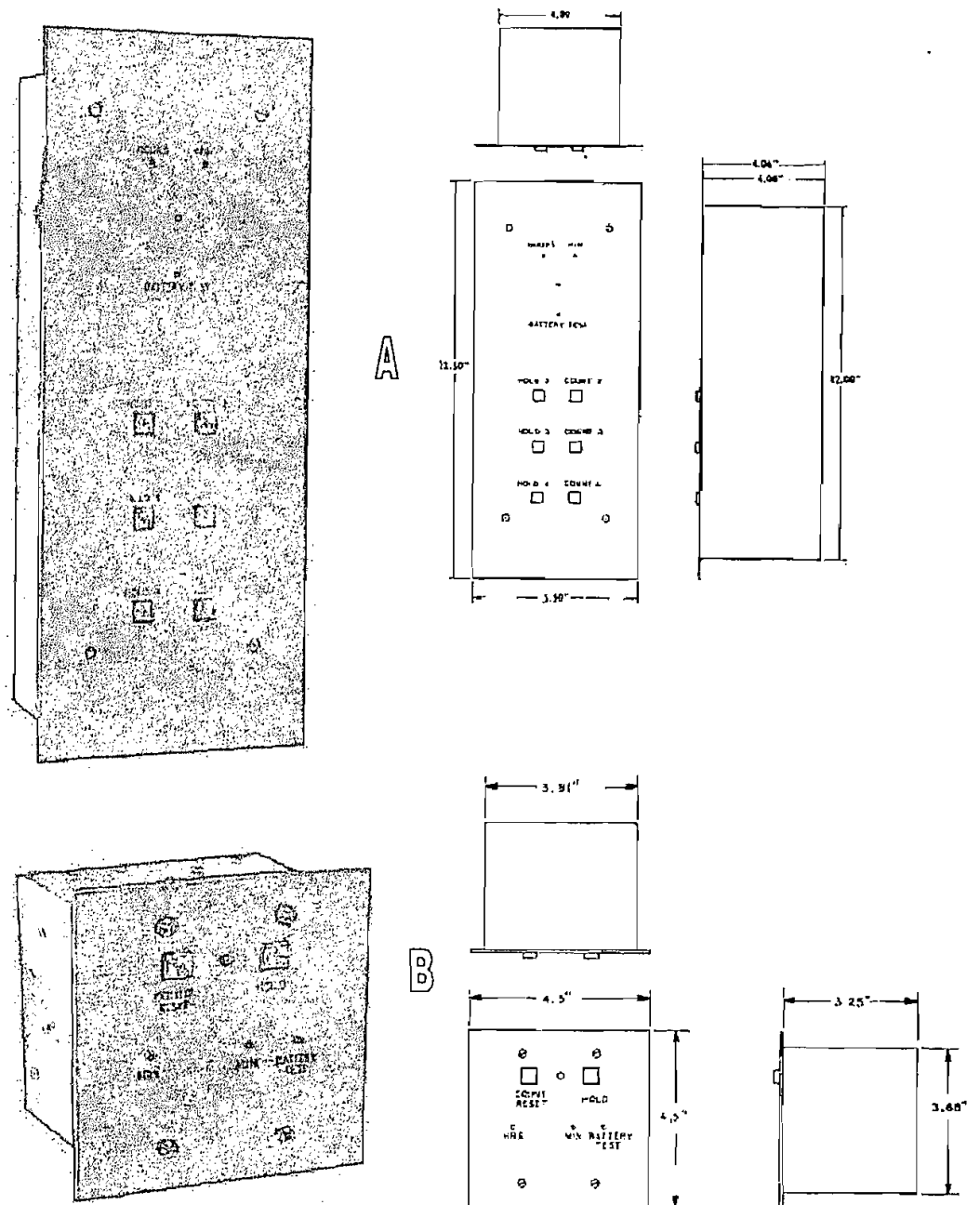
En la Figura 3.1.1.g.1. se presentan tres alternativas de cronómetros y relojes digitales, en donde la alternativa A presenta un solo display digital mostrando el reloj en tiempo real (hora local) y el tiempo transcurrido de la cirugía en el mismo display, seleccionándolos de acuerdo al pulsador frontal. La alternativa B, tiene dos displays digitales que muestran simultáneamente el tiempo real (hora local) y el tiempo transcurrido en la cirugía. Y la alternativa C, muestra 4 displays digitales con la hora en tiempo real, tiempo de cirugía, tiempo de suministro de heparina, tiempo de uso de la bomba de circulación extracorpórea (para el caso de un quirófano de cirugía de corazón).

Sin embargo, estos paneles que contienen los cronómetros y relojes digitales, deberán estar controlados y energizados mediante los tableros auxiliares que se indican en la Figura 3.1.1.g.2. Como se puede apreciar, existen dos alternativas también para estos tableros auxiliares, la A para controlar y energizar los relojes y cronómetros de la Figura 3.1.1.g.1.C., y la B para controlar y energizar a los de las Figuras 3.1.1.g.1.A. y 3.1.1.g.1.B.



Cortesía de SQUARE D COMPANY

Figura 3.1.1.g.1. Cronómetros y relojes digitales para quirófanos generales.



Cortesía de SQUARE D COMPANY

Figura 3.1.1.g.2. Tableros auxiliares de control para los cronómetros y relojes digitales para quirófanos generales.

### 3.1.2. Recursos de equipamiento médico.

Los sistemas de protección de alimentación eléctrica indicados en el subcapítulo anterior servirán para los equipos médicos que se conectarán en cada quirófano. Pero, ¿cuál es este equipamiento que se debe conectar?. ¿Es el mismo en su totalidad como para el caso de una U.T.I. ya analizada?. ¿Su utilización es la misma que en una U.T.I.?. ¿Los equipos son todos móviles, es decir transportables, o deberán fijos para cada quirófano?. ¿Es recomendable optimizar el número de equipos, dejando algunos de ellos para compartir en los otros quirófanos?. Las respuestas a todas estas preguntas se analizarán a continuación.

El equipamiento mínimo para un quirófano general de un Centro Quirúrgico Central deberá ser:

- ✱ Máquina de anestesia tipo quirúrgico.
- ✱ Monitor de signos vitales.
- ✱ Mesa de cirugía universal, con accesorios.
- ✱ Lámpara cielítica de dos brazos.
- ✱ Lámpara auxiliar.
- ✱ Unidad electroquirúrgica (electrobisturí).
- ✱ Bomba portátil de succión de presión variable.
- ✱ Bomba de infusión.
- ✱ Cubetas de acero inoxidable, montadas en ruedas de vinyl conductivo.
- ✱ Banco de acero inoxidable, giratorios, de altura ajustable (para cirujano y anestesista).
- ✱ Mesa auxiliar de acero inoxidable para anestesista.



- ☀ Mesa de acero inoxidable para instrumental con cubierta de 1.20 x 0.60 y 0.90 mts. de alto.
- ☀ Mesa de acero inoxidable para suministro de materiales, con campos.
- ☀ Mesa Mayo de acero inoxidable.
- ☀ Mesa semiluna de acero inoxidable.
- ☀ Gradillas para pacientes y/o cirujanos.
- ☀ Paquetes de instrumental:
  - \* Equipo de cirugía mayor
  - \* Equipo para cirugía de abdomen: apendicectomía y hernioplastias, etc. (cirugía mediana).
  - \* Equipo de cirugía menor
  - \* Equipo complementario de cirugía menor
  - \* Equipo para poner grapas.
  - \* Equipo para Tiroidectomía.
  - \* Equipo de amputaciones.
  - \* Equipo para mastectomía radical.
  - \* Equipo de cirugía de cuello.
  - \* Instrumental para el servicio de oncología en operaciones cabeza y cuello. Equipos básicos 1 y 2, grupo básico dental.
  - \* Instrumental para disección radical del cuello.
  - \* Instrumental para disección radical del cuello combinada con excisión de lesión primaria en boca.
  - \* Instrumental para operaciones de cáncer de la mejilla, mucosa bucal. Excisión de exéresis de mejilla con cierre primario.
  - \* Instrumental para excisión de tumor de mucosa de mejilla, a través de una incisión de Weher Ferguson.

- \* Instrumental para exéresis de tumor de mucosa de mejilla, combinada con excisión radical del cuello.
- \* Instrumental para traqueostomía.
- \* Instrumental para operación de laringe.

A más de este equipamiento que es propio de cada quirófano general, se tienen ciertos equipos de apoyo que son utilizados por cualquier quirófano del C.Q.C., que por su costo sería imposible y económicamente ineficiente disponer en cada quirófano de estos equipos. Así deberán existir:

- \* Equipo de Rayos X móvil.
- \* Equipo de Rayos X Arco en C para fluoroscopia.
- \* Procesadora automática de películas radiográficas.
- \* Monitor móvil con electrocardiografía, registro en papel y desfibrilador/cardioversor.
- \* Autoclave eléctrico.

*Máquina de anestesia tipo quirúrgico:*

Debe estar constituida por un sistema que relacione el control de vaporización de anestésicos, que es su objetivo primordial, con el control de parámetros de ventilación mecánica asistida al paciente, mientras dura su intervención quirúrgica. Deberá monitorizar también la capnografía (cantidad de CO<sub>2</sub> espirado), concentración de agentes anestésicos, oximetría en el flujo inhalado, etc. Debe ser accionado con flujo de gas fresco continuado y como sistema semicerrado (con absorbedor de CO<sub>2</sub> o canister) o como sistema abierto (sin canister).

Los agentes anestésicos típicamente utilizados en la actualidad pueden ser: Halothane (ya no muy utilizado, pero por su costo su utilización se mantiene aún), Ethrane, Isoflurane y Sevoflurane (últimamente utilizado ya que es un anestésico nuevo); por lo que los vaporizadores que deberán estar presentes en una máquina de anestesia serán para vaporizar estos tipos de anestésicos.

La selección de los equipos deberá basarse en los criterios técnicos de disponibilidad real de servicios de calibración y mantenimiento que ofrezcan las empresas responsables del suministro, instalación, capacitación al personal de operación y mantenimiento del equipo y por los requerimientos mínimos que se indican a continuación.

*Se deberá planificar una máquina de anestesia por cada quirófano implementado.*

Deberá cumplir los siguientes requerimientos mínimos:

MAQUINA DE ANESTESIA:	
Vaporizadores:	Halothane. Control entre 0,2 a 4% vol. Ethrane. Control entre 0,2 a 5% vol. Isoflurane. Control entre 0,2 a 5% vol. Sevoflurane. Control entre 0,2 a 5% vol. Deben ser del tipo de enganche rápido por efectos de intercambiabilidad. Doble enganche en serie (opcional).

Ventilador:	<p>Volumétrico ciclado por tiempo a volumen constante.  Fuerza motriz: neumática o eléctrica.  Ajustes:  VT: 20 a 160ml con bellows de niños  100 a 1250ml con bellows adultos  F: 5 a 60 1/min <math>\pm</math> 15%  Vinsp.: 20 a 80 lpm  Flujo de trabajo: 6 a 120 lpm  Presión de trabajo máxima: 75 mbar, ajustado fijo.  Trigger: 1 a 5 mbar.  I:E: 1:1, 1:2, 1:3 <math>\pm</math> 20% ajustable</p>
Bloque de rotámetros:	<p>O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O y aire, siendo de O<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O de doble columna (tubos de aforo de caudal conectados en serie).  Para O<sub>2</sub> las columnas pueden ser:  0.1 a 2 lpm  2.5 a 15 lpm  Para N<sub>2</sub>O las columnas pueden ser:  0.05 a 1 lpm  1.25 a 10 lpm  Para aire:  0.8 a 15 lpm  ORC<sup>4</sup>. Sistema de seguridad para garantizar concentración mínima de 25% de O<sub>2</sub>: <math>\geq</math> 0.6 lpm de flujo de O<sub>2</sub>.  Corte de N<sub>2</sub>O si falla el suministro de O<sub>2</sub>: al pasar por debajo de una presión de suministro de O<sub>2</sub> de 2.0 bar debe accionarse, durante 7 segundos, una alarma acústica no desconectable. Si la presión sigue cayendo a 1.4 bar aproximadamente, el suministro de N<sub>2</sub>O debe ser estrangulado hasta llegar al bloqueo total, cuando la presión de O<sub>2</sub> es de unos 0.4 bar. Al aumentar de nuevo la presión de suministro de O<sub>2</sub> debe establecerse a partir de 2.7 bar la disposición de servicio de la alarma.  Bypass para oxígeno de emergencia.  Testigo de conexión de gases a red.</p>
Sistema de paciente:	<p>Válvula de limitación de presión y manómetro indicador. Presión de la vía aérea PAW<sup>5</sup>: Regulable entre 2 a 80 mbar.  Válvula de PEEP<sup>6</sup> integrada. Regulable entre 0 a 15 mbar <math>\pm</math> 20%  Compliance interna: &lt; 4ml/mbar  Resistencia espiratoria: &lt; 6 mbar para 60 lpm  Resistencia inspiratoria: &lt; 6 mbar para 60 lpm  Ventilación manual mediante sistema de Magill a través de máquina o acoplable a mascarilla.  Canister de cal sodada desmontable.  Para funcionar como sistema semicerrado (con canister) o como sistema abierto (sin canister).</p>
Bypass de O <sub>2</sub> (flujo):	<p>35 hasta 75 lpm de O<sub>2</sub> (según sea la presión de oxígeno de suministro central. Al accionarlo, no debe haber aumento de presión (remanso) en vaporizador.</p>

<sup>4</sup> ORC de las siglas en inglés Oxygen Rate Controller. Sistema de seguridad de mínima concentración O<sub>2</sub>.

<sup>5</sup> PAW de las siglas en inglés Pressure Air Way.

<sup>6</sup> PEEP de las siglas en inglés Pressure Expiration End Positive.

SECCION MONITORIZACION:	
Monitorización de parámetros:	Presión inspiratoria Presión espiratoria Volumen tidal Volumen minuto inspirado Volumen minuto espirado Volumen espirado FiO <sub>2</sub> Avap (opcional) Caphnografía (CO <sub>2</sub> espirado) Concentración de hasta 5 agentes anestésicos medidos en el flujo inspiratorio.
Alarmas:	Señal de carencia de O <sub>2</sub> . Bloqueo de N <sub>2</sub> O por carencia de O <sub>2</sub> .
REQUERIMIENTOS ELÉCTRICOS:	
Tensión y frecuencia nominales	110V/120V – 60Hz En caso de falla del monitor, deberá disponer de baterías recargables para suministro de energía de por lo menos 1 hora.
Tolerancia en tensión	± 10 %
Tipo de protección contra descargas eléctricas	Tipo I <sup>7</sup>
Grado de protección contra descargas eléctricas	Grado BF <sup>8</sup>
REQUERIMIENTOS DE INSTALACION	
<p>Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado BF, se deberá instalar al panel de distribución de energía en el tomacorriente que tenga el sistema de alimentación eléctrico aislado con buena instalación de tierra.</p> <p>Se necesita de 3 tomas rápidas de pared para el funcionamiento de este equipo.            Para O<sub>2</sub>: 39.7 hasta 80.9 PSI (2.7 hasta 5.5 bar)            Para N<sub>2</sub>O: 39.7 hasta 80.9 PSI (2.7 hasta 5.5 bar)            Para Aire: 39.7 hasta 80.9 PSI (2.7 hasta 5.5 bar)</p> <p>Todas estas tomas de gases pueden estar reguladas a 50 PSI de presión cada una, para el trabajo normal.</p> <p>La alternativa es colocar botellas de O<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> y Aire de 11 litros, con manorreductores de presión.</p>	

A continuación, en la Figura 3.1.2.a. se muestra una máquina de anestesia que se encuentra conectada a un paciente, mediante la vigilancia y control del Anestesta.

<sup>7</sup> Tipo de protección mencionado en Capítulo I, sección de Seguridad Eléctrica.

<sup>8</sup> Grado de protección mencionado en Capítulo I, sección de Seguridad Eléctrica.

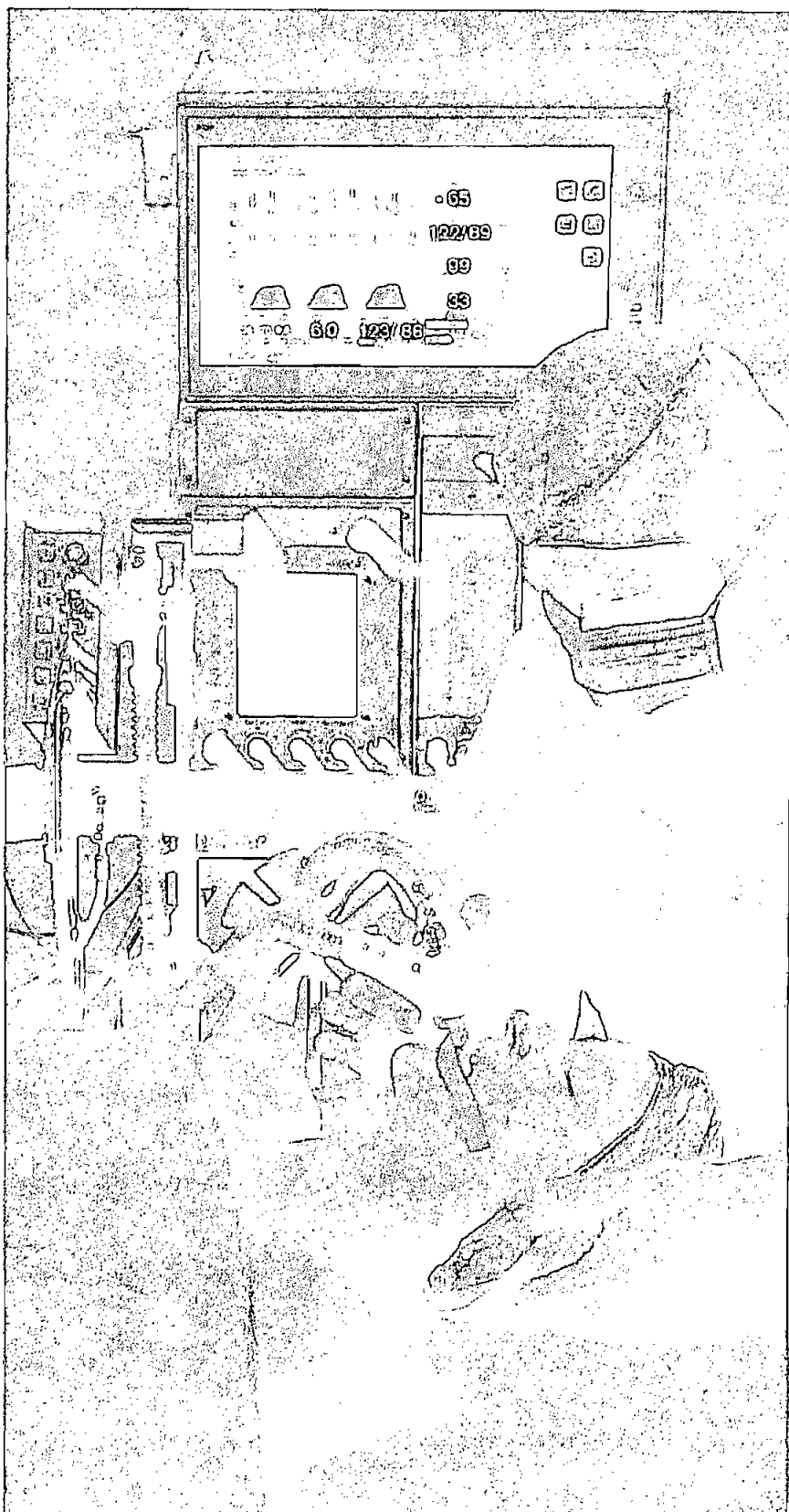


Figura 3.1.2.a. Ubicación de una máquina de anestesia con paciente en un quirófano general.

### *Monitor de signos vitales:*

El monitor de signos vitales sirve para detectar y registrar alteraciones en cualquiera de los signos vitales que se estén observando en el paciente durante su intervención quirúrgica. El grado de complejidad del monitor puede variar desde la vigilancia de un signo hasta más de seis. Mientras más complejo sea el monitor, resulta más difícil su interpretación por parte del personal de operación.

Se aconseja iniciar con un monitor simple con módulos para vigilar tres o cuatro parámetros: Electrocardiografía, Respiración, Temperatura y Presión Arterial No Invasiva (NIBP). El monitor debe tener una señal de alarma auditiva y luminosa que sea fácilmente perceptible por los cirujanos y enfermeras. Si se desea monitorizar más parámetros vitales se sugiere los siguientes: Presión Arterial Invasiva (IBP), Oximetría de pulso y Caphnografía. Como puede observarse, la exigencia del monitor de parámetros vitales para el caso de una U.T.I., no es tan extrema para el caso de un quirófano general, debido a que se monitorizan valores mientras dura la intervención quirúrgica que es en tiempo, menor al de una estadía de varios días o semanas de un paciente en una U.T.I.

La selección del monitor deberá basarse en los criterios descritos anteriormente y por los requerimientos mínimos que se indican a continuación.

*Se deberá planificar un monitor por cada quirófano implementado.*

Deberá cumplir los siguientes requerimientos mínimos:

MONITOR DE SIGNOS VITALES	
Medición de parámetros:	ECG. Con selección de derivaciones: I, II, III, AVR, AVL, AVF y C. Onda y valor digital (solamente de la derivación seleccionada). NIBP. Con selección de valores: Sistólica, Diastólica, Media y pulso. Onda y valor digital

	(solo de parámetro seleccionado). SPO <sub>2</sub> . Con selección de valores: Valor de %O <sub>2</sub> , y pulso. Onda y valor digital. Temperatura 1. Valor digital. Respiración. Onda y valor digital. Presión invasiva (IBP). Con selección de valores: Sistólica, Diastólica, Media, Sistólica/Diastólica alternada. Onda y valor digital.
Señales visibles de parámetros:	Al menos 4 señales simultáneas en pantalla.
Valores digitales de señales:	Al menos 4 displays de valores digitales en la parte frontal del equipo.
Alarmas:	Audible y visual Definición de límites superiores e inferiores individualmente para cada parámetro monitorizado.
Memoria:	Almacenamiento de datos de parámetros para consulta posterior en trend o lista de documentación.
Tipo de registro:	ECG y presión seleccionada en papel, en modo manual o en modo automático cuando se ha violado algún límite de alarma, marcando los datos de fecha, hora e identificación de paciente.
Alarmas:	Audible y visual Definición de límites superiores e inferiores para cada parámetro monitorizado en forma individual.
<b>REQUERIMIENTOS ELÉCTRICOS:</b>	
Tensión y frecuencia nominales	110V/120V – 60Hz En caso de falla, deberá disponer de baterías recargables para suministro de energía de por lo menos 1 hora.
Tolerancia en tensión	± 10 %
Tipo de protección contra descargas eléctricas	Tipo I
Grado de protección contra descargas eléctricas	Grado BF
<b>REQUERIMIENTOS DE INSTALACION</b>	
Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado BF, se deberá instalar al panel de distribución de energía en el tomacorriente que tenga el sistema de alimentación eléctrico aislado con buena instalación de tierra.	

El monitor descrito, es del mismo tipo que para el caso de una U.T.I. quitándole algunas monitorizaciones redundantes, como se explicó. Por lo que, para su visualización se puede referir a la Figura 2.1.2.c. del Capítulo II, que en principio de construcción y apariencia es igual.



*Mesa de cirugía universal, con accesorios:*

La mesa de cirugía general se utiliza para realizar la intervención quirúrgica en el paciente que está recostado sobre ella, por lo que ésta deberá prestar las facilidades necesarias para la comodidad tanto del paciente, como del cirujano. Por facilidad de operación puede ser eléctrica.

*Se deberá planificar una mesa quirúrgica por cada quirófano implementado.*

Deberá cumplir los siguientes requerimientos mínimos:

MESA QUIRURGICA	
Tipo de accionamiento:	Mecánico o eléctrico. Si es del tipo eléctrico (preferible por facilidad de accionamiento), deberá contemplar las condiciones de seguridad eléctrica necesarias para salvaguardar la integridad del paciente.
Movimientos:	Trendelemburg (inclinación hacia anestésista) Fowler (inclinación contraria a anestésista) Lateralidad izquierda y derecha Ascenso y descenso de mesa completa Ascenso y descenso de cabecera Ascenso y descenso de pies Ascenso y descenso de cadera (para riñón). Ascenso y descenso de espalda Accionamiento de ascenso y descenso de barra de columna.
Accesorios:	Brazos accesorios sujetadores de los brazos del paciente. Barra portadora de campo quirúrgico superior. Correa sujetadora de paciente para fijarlo a la mesa. Colchonetas antiestáticas de vinyl conductivo. Garruchas de vinyl conductivo.
Adicionales:	Debe ser Radio OP <sup>9</sup> . Pierneras (si el caso lo requiere). Soportes de hombros para cirugías posición Trendelemburg.
REQUERIMIENTOS ELÉCTRICOS:	
Tensión y frecuencia nominales	110V/120V – 60Hz
Tolerancia en tensión	± 10 %
Tipo de protección contra descargas eléctricas	Tipo I
Grado de protección contra descargas eléctricas	Grado BF

<sup>9</sup> Radio OP significa la facilidad de que una mesa quirúrgica pueda ser aplicada para realizar placas de Rayos X con un equipo móvil de Rayos X, o fluoroscopia con Intensificador de Imagen de Arco en C.

**REQUERIMIENTOS DE INSTALACION:**

Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado BF, se deberá instalar al panel de distribución de energía en la sección que tenga el sistema de alimentación eléctrico aislado con buena instalación de tierra. Este equipo deberá tener una conexión fija, es decir, tendrá conexión permanente (sin enchufe) al tablero de distribución.

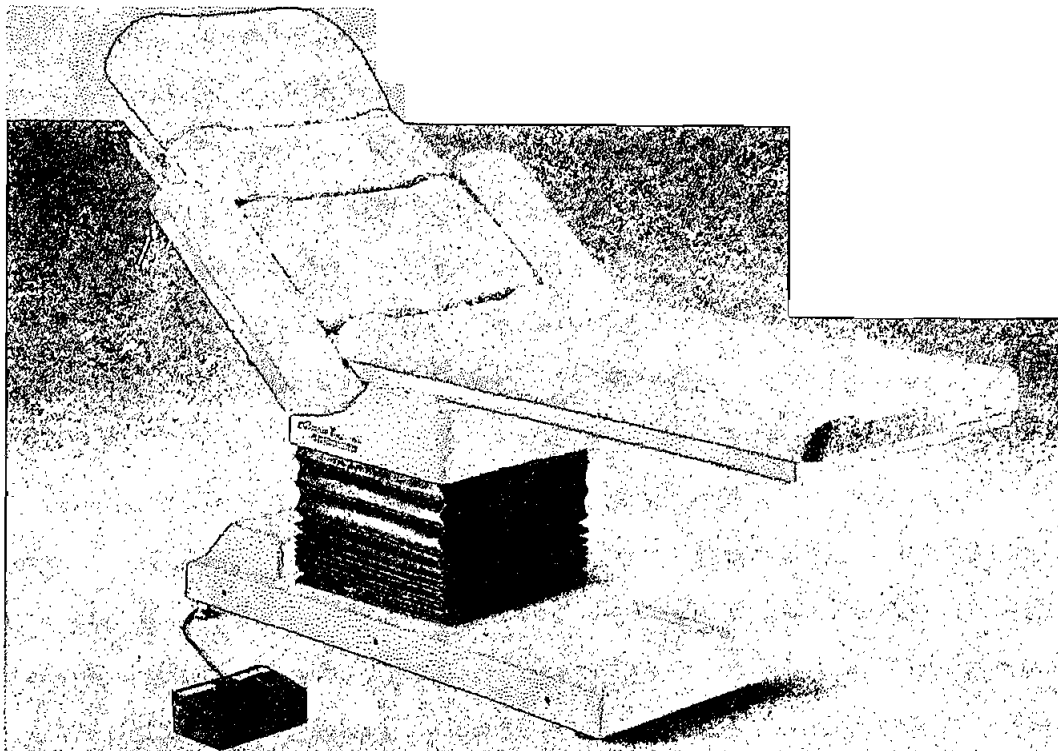


Figura 3.1.2.b.1. Mesa de cirugía general, tipo de control: eléctrico.

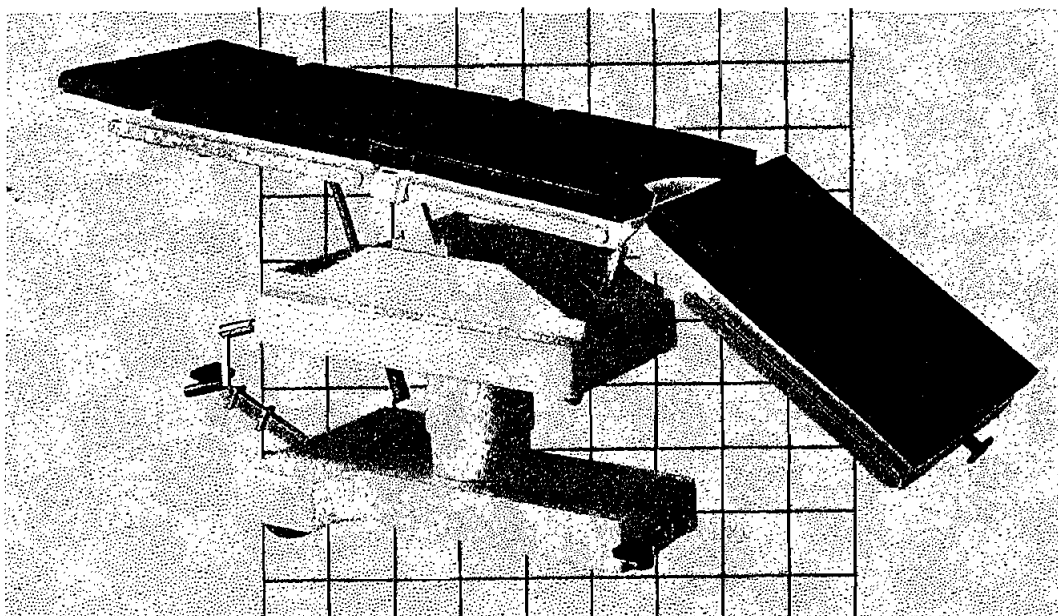


Figura 3.1.2.b.2. Mesa de cirugía general, tipo de control: mecánico.

*Lámpara cielítica de dos brazos:*

La lámpara cielítica sirve para iluminar el campo operatorio del paciente.

Deberá ser del tipo de conexión fija, con controles de intensidad, encendido y apagado de cada brazo en la caja de control propia de la lámpara y con baterías de reserva para que cuando se quite el suministro normal de energía eléctrica, pueda funcionar la lámpara hasta que se enciendan los generadores eléctricos, y no se quede sin iluminación el campo operatorio

*Se deberá planificar una lámpara cielítica de dos brazos (o doble) por cada quirófano implementado.*

Deberá cumplir los siguientes requerimientos mínimos:

LAMPARA CIELITICA	
Tipo de servicio:	Doble, de dos brazos.
Tipo de iluminación:	Luz indirecta tipo fría. Para lo cual deberá contar con filtros azules de luz incandescente. El brazo principal deberá tener la lámpara grande con al menos 12 focos. El brazo secundario deberá tener la lámpara auxiliar con al menos 5 focos.
Tipo de accionamiento:	Encendido desde el panel de control de la pared con control de intensidad, o desde la misma lámpara. Accionamiento de perilla para concentración de iluminación en un punto o en campo más grande.
REQUERIMIENTOS ELÉCTRICOS:	
Tensión y frecuencia nominales	110V/120V – 60Hz Deberá disponer de un banco de baterías recargables para asegurar su funcionamiento por lo menos 1 hora a partir de la ausencia de la red eléctrica.
Tolerancia en tensión	± 10 %
Tipo de protección contra descargas eléctricas	Tipo I
Grado de protección contra descargas eléctricas	Grado BF
REQUERIMIENTOS DE INSTALACION	
Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado BF, se deberá instalar al panel de distribución de energía en la sección que tenga el sistema de alimentación eléctrico aislado con buena instalación de tierra. Es decir, este equipo deberá tener conexión fija.	

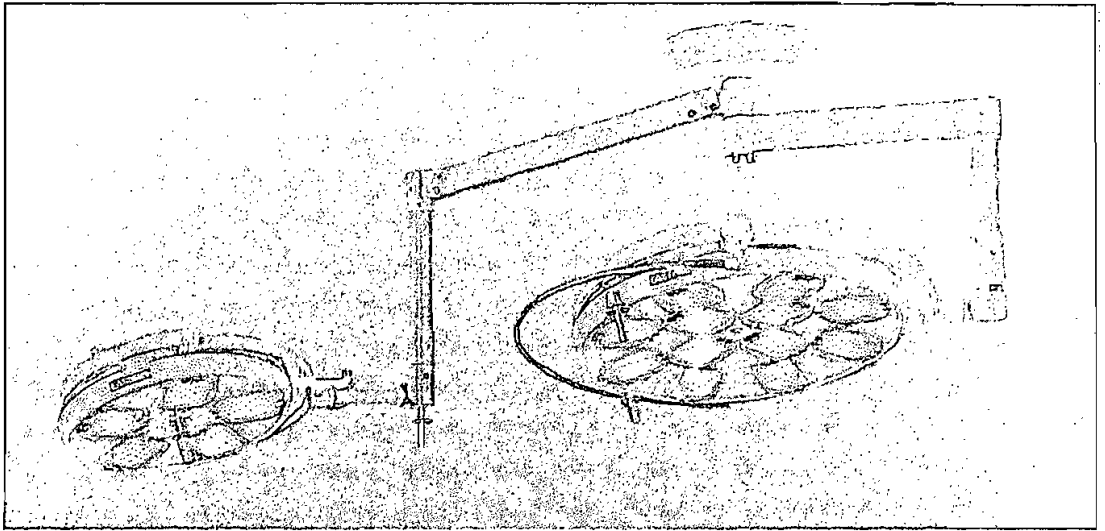


Figura 3.1.2.c.1. Lámpara cielítica de 2 brazos.

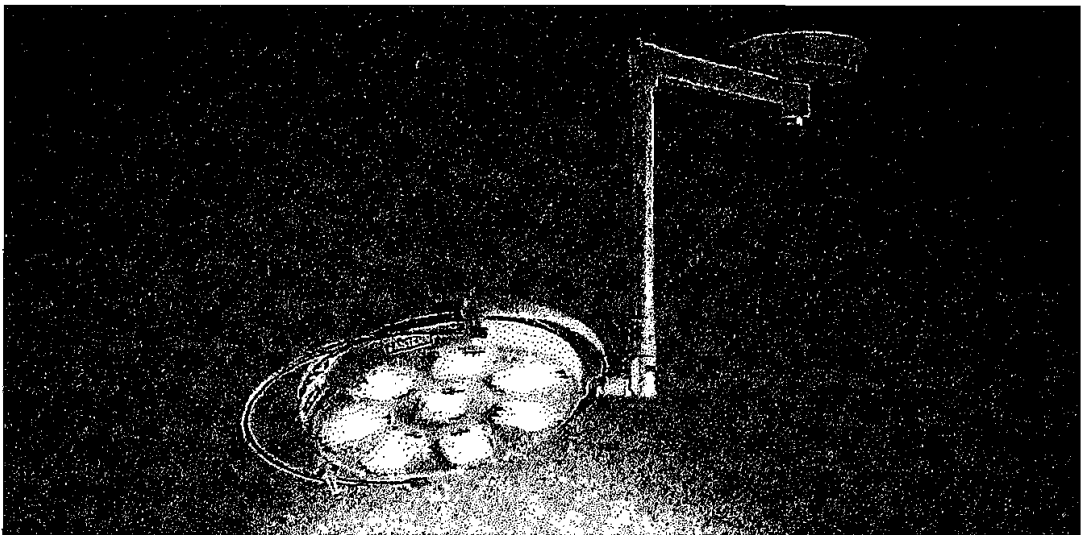


Figura 3.1.2.c.2. Lámpara cielítica de 1 brazo.

*Lámpara auxiliar:*

La lámpara auxiliar se utiliza para iluminar el campo operatorio del paciente, cuando por efectos imprevistos no lo puede hacer la lámpara cielítica. En otros casos, también sirve para iluminar otra zona adicional del paciente que es inaccesible por el brazo auxiliar de la lámpara cielítica. Este tipo de lámparas, por ser del tipo auxiliar, no requiere tener una instalación del tipo fija, y se lo podrá conectar a los paneles de distribución eléctrica del quirófano.

Estas lámparas también deberán tener baterías recargables para no dejar sin iluminación el campo operatorio, cuando se ha eliminado el flujo normal de energía eléctrica.

*Se deberá planificar una lámpara auxiliar por cada quirófano implementado.*

Deberá cumplir los siguientes requerimientos mínimos:

<b>LAMPARA AUXILIAR:</b>	
Tipo de servicio:	De una sola campana.
Tipo de iluminación:	Luz indirecta tipo fría. Para lo cual deberá contar con filtros azules de luz incandescente. El brazo principal (único) deberá tener al menos 5 focos.
Tipo de accionamiento:	Encendido desde la misma lámpara, con control de intensidad. Accionamiento de perilla para concentración de iluminación en un punto o en campo más grande.
<b>REQUERIMIENTOS ELÉCTRICOS:</b>	
Tensión y frecuencia nominales	110V/120V – 60Hz Deberá disponer de un banco de baterías recargables para asegurar su funcionamiento por lo menos 1 hora a partir de la ausencia de la red eléctrica.
Tolerancia en tensión	± 10 %
Tipo de protección contra descargas eléctricas	Tipo I
Grado de protección contra descargas eléctricas	Grado BF
<b>REQUERIMIENTOS DE INSTALACION:</b>	
Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado BF, se deberá instalar al panel de distribución de energía en el tomacorriente que tenga el sistema de alimentación eléctrico aislado con buena instalación de tierra.	

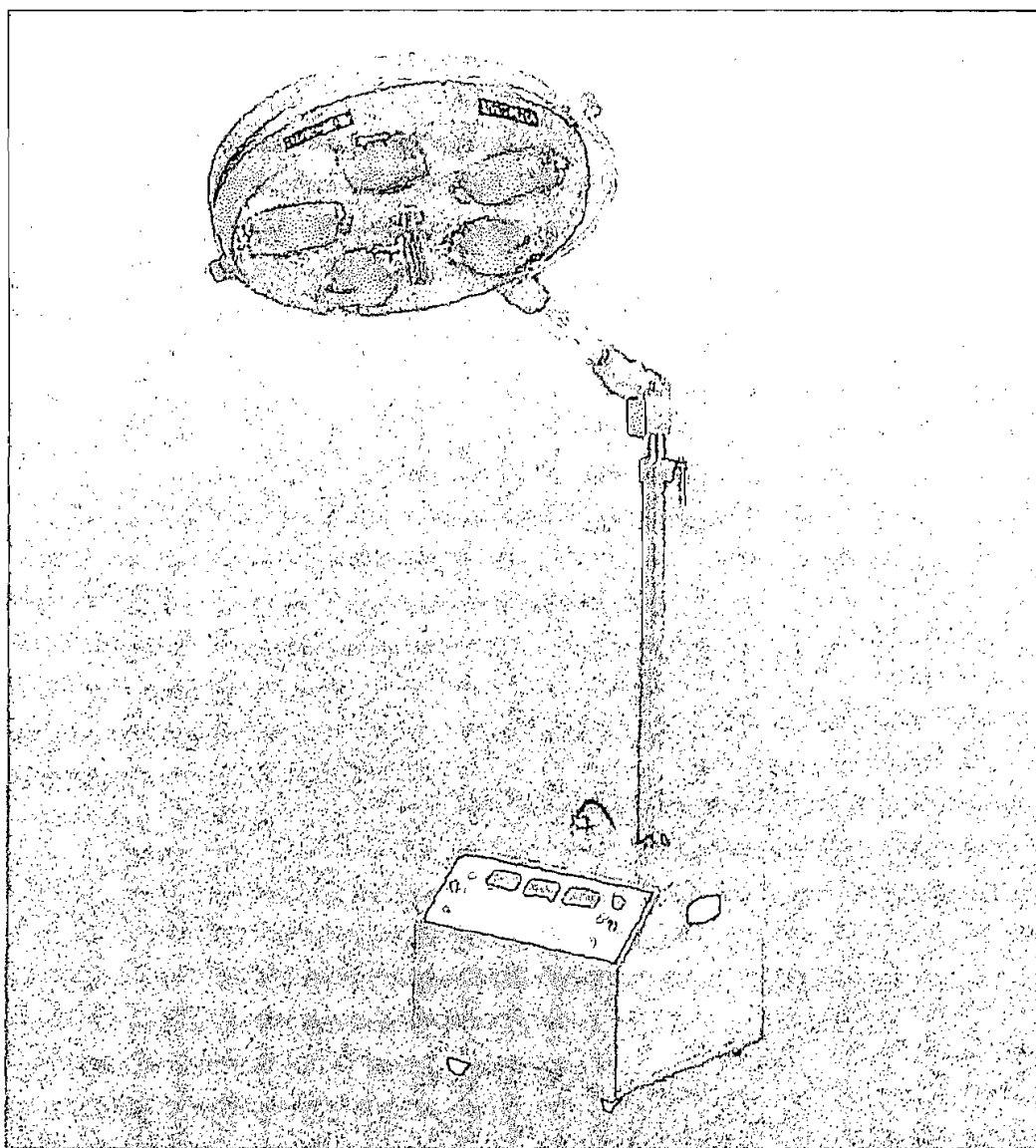
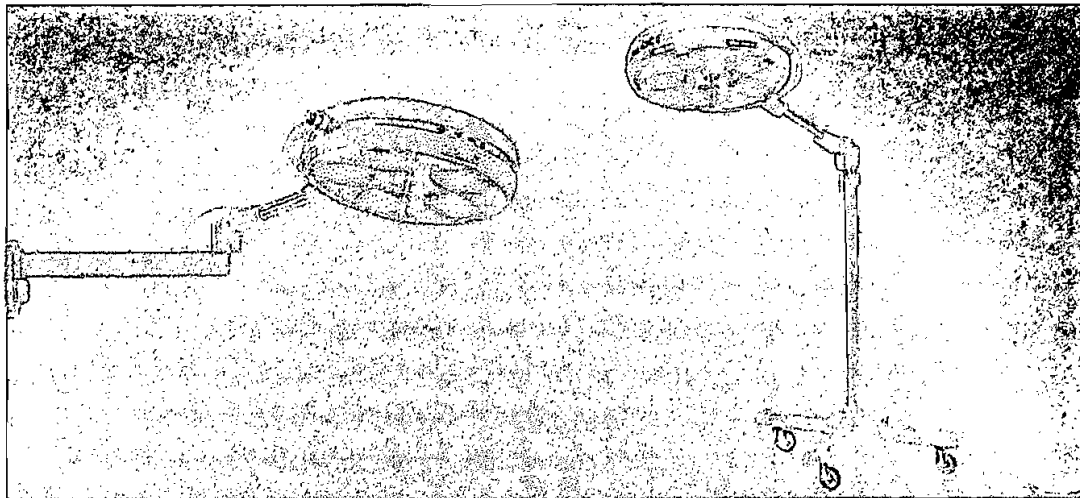


Figura 3.1.2.d. Lámpara auxiliar normal y alternativa de lámpara auxiliar con baterías.

*Unidad electroquirúrgica (electrobisturí):*

El electrobisturí es un equipo que permite realizar cortes de piel, tejidos, órganos, etc. con la posibilidad de cauterizar y evitar así el sangrado innecesario del paciente en la región sometida a cirugía.

Para conseguir este efecto deseado, deberá aplicar energías del orden de máximo 400 W (en corte), afectando eléctricamente a los biopotenciales normales del paciente, especialmente de su onda cardíaca (complejo QRS<sup>10</sup>). Por esto su diseño deberá cumplir las normas de protección eléctrica y será del Tipo I y Grado CF, por tanto requerirá estar conectado al sistema aislado de protección eléctrica, para evitar posibles daños por corrientes de fuga indeseables.

Se deberá recordar que, como su aplicación es interna (bajo la piel), la resistencia del paciente será menor o igual a  $500\Omega$ , lo que reduciría los límites de seguridad, estableciéndose que la corriente máxima de fugas será de  $10\mu\text{A}$ . Con lo que, como ya se dijo anteriormente, ésto obligará a que el tipo de conexión de este equipo deberá ser aislado con buena protección a tierra, como el resto de equipos que tienen una aplicación bajo la piel. Conexión indicada en la tabla de la numeración de los equipos, al inicio del Capítulo.

En la Figura 3.1.2.e. se presenta un modelo del electrobisturí descrito, con la alternativa de colocárselo en un soporte porta equipos, lo que permitirá la movilidad deseable dentro del ambiente del quirófano general.

*Se deberá planificar un electrobisturí por cada quirófano implementado.*

Requerimientos mínimos:

---

<sup>10</sup> Complejo QRS explicado en el Capítulo I.

<b>ELECTROBISTURI:</b>	
Modos de operación:	<b>Monopolar:</b> Corte puro: 0-400 W Coagulación pura: 0-180 W Blend <sup>11</sup> : de acuerdo a corte y coagulación. <b>Bipolar:</b> Corte puro: 0-350 W Coagulación pura: 0-150W Blend: de acuerdo a corte y coagulación.
Tipo de aplicación:	Puntual (Pin point) Esparcido (Spray)
Activación:	Mediante pulsadores manuales en mango descartable o reusable (Hand switch), para corte (CUT) o coagulación (COAG.). Mediante pedal para mango reusable o descartable (Foot switch), para corte (CUT) o coagulación (COAG.)
Alarmas:	Audible y visual en caso de ausencia de placa de paciente para el caso monopolar. Audible y visual para indicar ausencia de electrodo bipolar.
<b>REQUERIMIENTOS ELÉCTRICOS:</b>	
Tensión y frecuencia nominales	110V/120V – 60Hz
Tolerancia en tensión	± 10 %
Tipo de protección contra descargas eléctricas	Tipo I
Grado de protección contra descargas eléctricas	Grado CF
<b>REQUERIMIENTOS DE INSTALACION:</b>	
Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado CF, se deberá instalar al panel de distribución de energía en el tomacorriente que tenga el sistema de alimentación eléctrico aislado con buena instalación de tierra.	



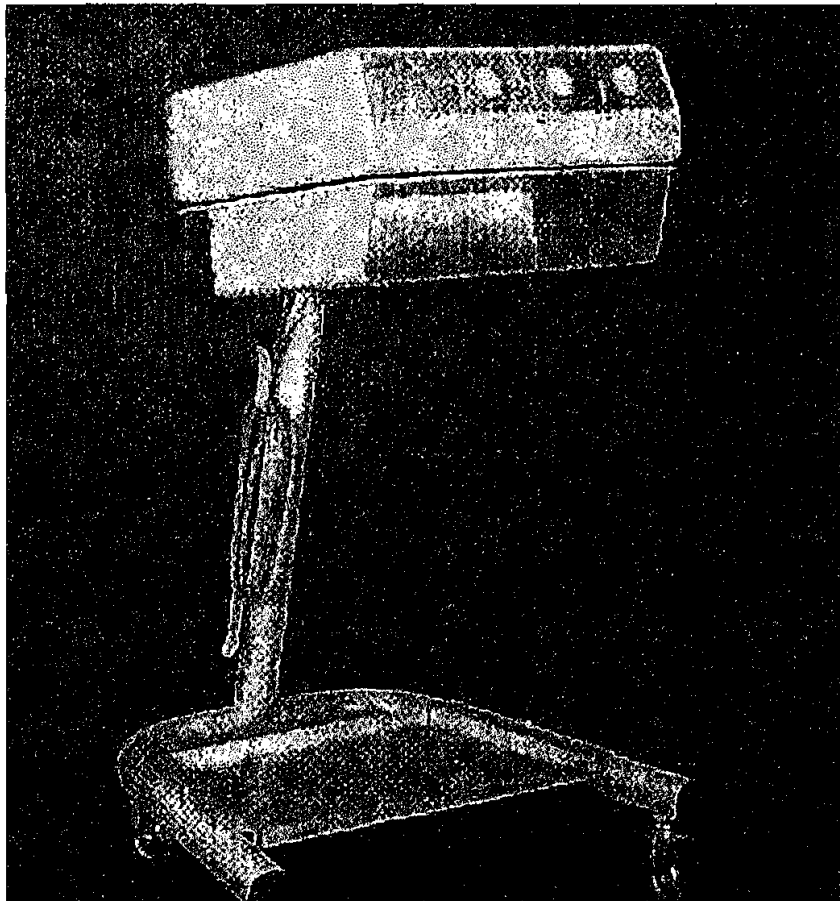
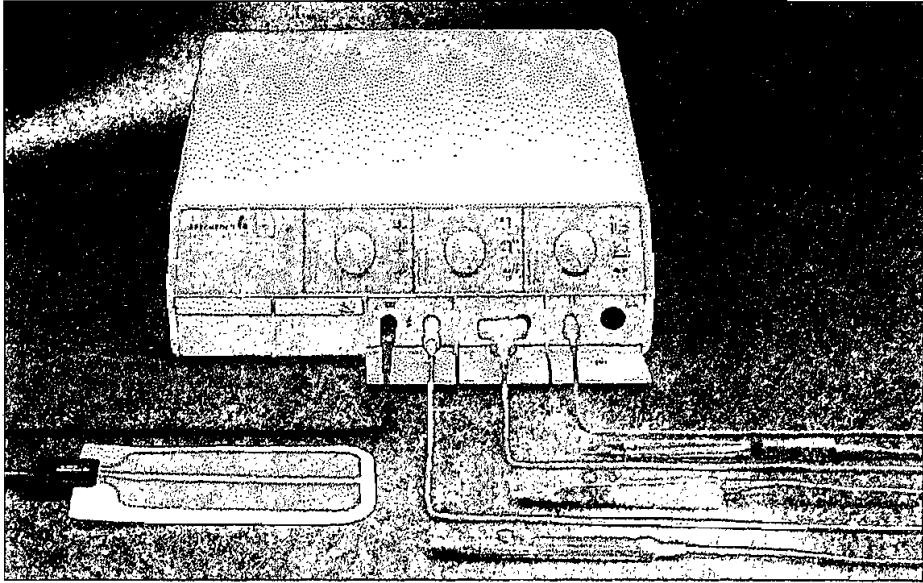


Figura 3.1.2.e. Electrobisturí para el uso en un quirófano general del C.Q.C.

<sup>11</sup> BLEND es una técnica de mezcla entre corte y coagulación, de acuerdo a los valores

*Bomba portátil de succión de presión variable:*

*Se deberá planificar 1 bomba de succión continua (succionador continuo) por cada quirófano implementado.*

Este equipo tiene las mismas especificaciones y requerimientos mínimos que los indicados para el caso del succionador continuo en una U.T.I. del Capítulo II, por lo que se deberá referir, en cuanto a sus especificaciones mínimas, al capítulo mencionado y a la Figura 2.1.2.o. para una referencia visual.

*Bomba de infusión:*

*Se deberá planificar al menos 1 bomba de infusión por cada quirófano implementado.*

Este equipo, como en el caso de la bomba portátil de succión, tiene las mismas especificaciones que las indicadas en el caso de la U.T.I. del Capítulo II, por lo que se deberá referir, en cuanto a sus especificaciones mínimas, al capítulo mencionado y a la Figura 2.1.2.p. para una referencia visual.

*Equipos de apoyo:*

Estos equipos brindarán el apoyo necesario y la asistencia requerida en un Centro Quirúrgico Central y, como tal, podrán ser utilizados en cualquiera de los quirófanos que pertenezcan a esta área; es decir, serán transportables. Por lo tanto, se deberán prever las instalaciones eléctricas en cada quirófano, que permitan su óptimo y seguro funcionamiento.

✱ *Equipo de Rayos X móvil:*

Este equipo permitirá la visualización de los órganos internos sin necesidad de abrir quirúrgicamente al paciente para evaluar una situación pre o post operatoria, mediante la utilización de la técnica de los Rayos X, que al ser impresos en una película radiográfica, luego de ser revelada en la procesadora automática de películas radiográficas, se tendrá la apreciación de tales órganos. Es necesario indicar que la utilización de este tipo de equipos requieren de accesorios adicionales como chasis porta placas radiográficas de diferentes tamaños de acuerdo a la necesidad, mandil y guantes emplomados de protección contra las radiaciones para el operador del equipo.

*Se deberá planificar un Equipo de Rayos X móvil para todo el C.Q.C.*

Deberá cumplir los siguientes requerimientos mínimos:

EQUIPO DE RAYOS X MOVIL	
Valores de kilovoltaje (KV):	De 30 a 125 KVpp, seleccionables.
Valores de miliamperaje(mA):	25, 50, 100 para foco fino 200, 300 mA para foco grueso seleccionables.
Valores de tiempo (s):	0.01 hasta 3 seg.
Accionamiento de compensación de línea:	Compensación de línea para valores superiores e inferiores.
Accesorios:	Rejilla antidifusora. Colimador manual o automático. Disparador a distancia del equipo. Ruedas de vinyl conductivo.
Corriente de conexión nominal:	10 A para 220V 16 A para 110V
Potencia suministrada:	1.6 KW según DIN 6822
Tiempo de conexión relativo:	1:20
Tipo de régimen:	Régimen de corta duración, según factores de exposición.
REQUERIMIENTOS ELÉCTRICOS:	
Tensión y frecuencia nominales	110V/120V – 60Hz En caso de falla, deberá disponer de baterías recargables para suministro de energía.
Tolerancia en tensión	± 10 %
Tipo de protección contra descargas eléctricas	Tipo I
Grado de protección contra descargas	Grado BF

eléctricas

**REQUERIMIENTOS DE INSTALACION:**

Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado BF, se deberá instalar al tablero de distribución de energía en el tomacorriente exclusivo (Figura 2.1.1.j. y tablero de distribución Figura 2.1.1.i. del Capítulo II) previstos para este equipo con buena instalación de tierra.

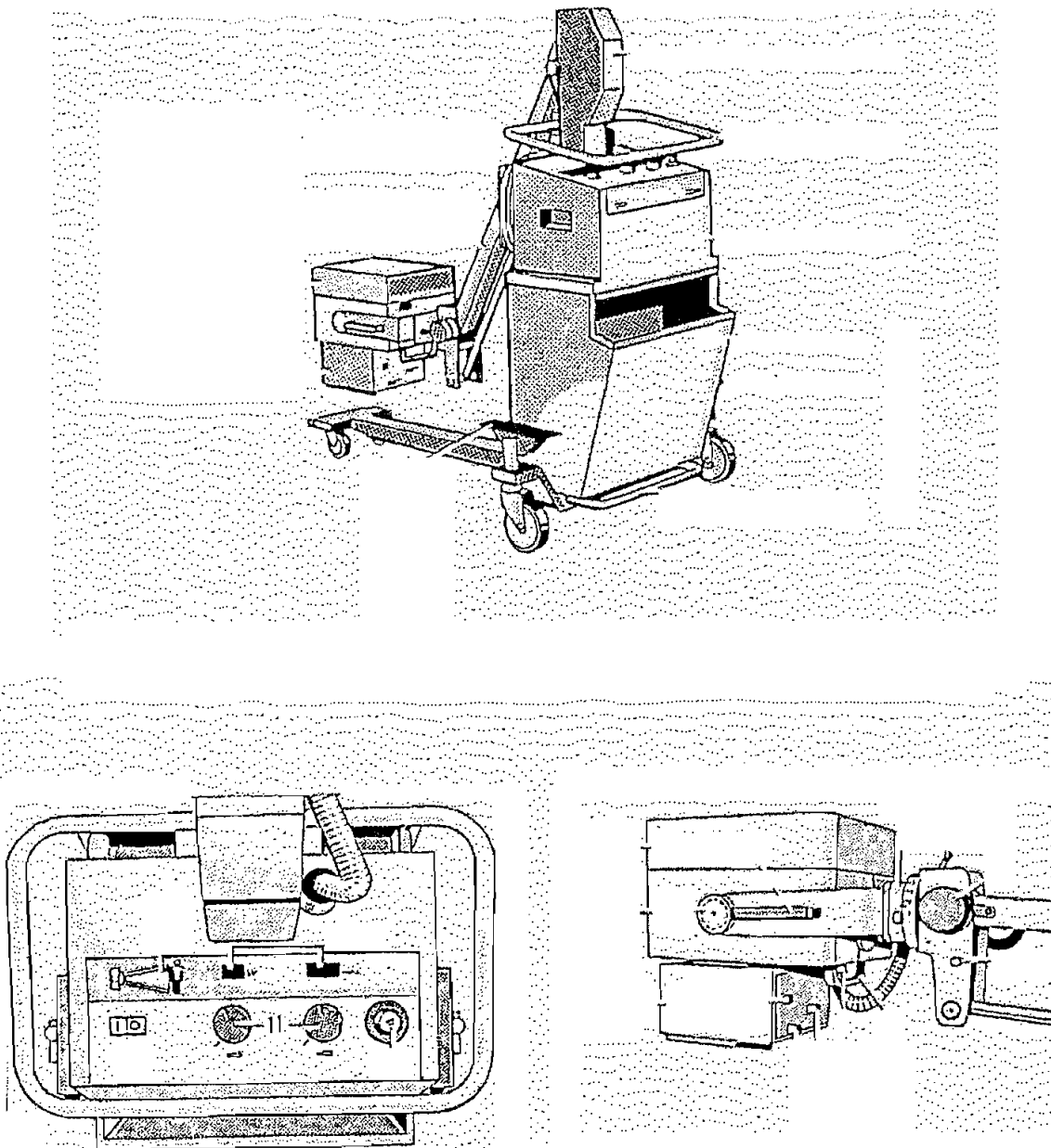


Figura 3.1.2.f. Equipo de Rayos X móvil.

☼ *Equipo de Rayos X arco en C para fluoroscopia:*

Este equipo, a más de las funciones que cumple el equipo de Rayos X móvil descrito anteriormente, permitirá la visualización de los órganos internos, pero con la ayuda de la técnica de fluoroscopia, es decir se podrá ver sus órganos internos en un monitor sin necesidad de tomar una placa radiográfica. Este equipo es de mucha ayuda para el caso de cirugías en las que se tienen que efectuar reducciones de huesos, insertar una sonda o un catéter, colocación de marcapasos, etc., lo que implica menores factores de radiación al paciente y al operador.

A más de realizar fluoroscopia, en este equipo también se pueden realizar tomas radiográficas para ser reveladas.

Este equipo también necesita de los accesorios indicados para el caso del Equipo de Rayos X móvil.

*Se deberá planificar un Equipo de Rayos X arco en C para todo el C.Q.C.*

Deberá cumplir los siguientes requerimientos mínimos:

EQUIPO DE RAYOS X ARCO EN C:	
Accionamiento de compensación de línea:	Compensación de línea para valores superiores e inferiores.
Accesorios:	Monitor de 19 pulgadas. Pedal para accionamiento de fluoroscopia a distancia. Disparador a distancia del equipo para radioscopia. Ruedas de vinyl conductivo.
Generador de Rayos X:	Generador convertidor a CC
Puntos focales del tubo de Rayos X:	Anodo estacionario de foco doble 0.6 y 1.8 (según IEC 336).
SISTEMA DE FLUOROSCOPIA:	
Intensificador de imágenes:	Modelo de absorción cuántica elevada de 15 cm con salida de fibra.
Tubo de la cámara de TV:	VIDICON con entrada de fibra.
Acoplamiento óptico entre el intensificador de imágenes y el tubo de la cámara de TV:	Fibra de vidrio fotoconductora.
Distancia fuente a receptor de imágenes:	90 cm
Regulación de la dosis:	Regulación automática y simultánea de kV/mA con recursos de bloqueo y

	anulación manual.		
Escala de kV/mA:	De 0,1 mA a 40 kV a 3mA a 100 kV.		
Punto focal:	0.6		
Rejilla:	Rejilla circular fija, 44 líneas/cm, relación 8, DFR=90 cm.		
<b>RADIOGRAFIA:</b>			
Corriente del tubo:	Fija, 20 mA		
Voltaje del tubo:	De 40 a 100 kV. Ajustable en pasos de 5kV.		
Tiempo de exposición:	De 10 ms a 4.0 s pasos ajustables.		
Foco:	1.8		
Presentación de los parámetros radiográficos	Presentación digital del voltaje del tubo (kV) y del mAs <sup>12</sup>		
Colimador:	Si el diafragma iris se ajustó a menos de 15 cm durante la fluoroscopia, permanece así a menos que se cancele. Se deberán poder seleccionar campos circulares de $\leq$ 15, 30 ó 40 cm.		
Portachasis giratorio:	Debe ser apto para chasis y chasis con rejilla de 24 x 30 y 20 x 40 cm. Relación 10,44 líneas/cm, DBF=90cm.		
Filtración inherente:	3 mm Al a 75 kV		
Factor de escape de radiación:	100 kV <sub>cc</sub> , 0,6 mA (2160 mAs/h).		
Corriente de fugas a tierra:	Menor de 100 $\mu$ A		
<b>REQUERIMIENTOS ELÉCTRICOS:</b>			
Tensión y frecuencia nominales	110V/120V – 60Hz En caso de falla, deberá disponer de baterías recargables para suministro de energía.		
Tolerancia en tensión	$\pm$ 10 %		
Resistencia de la red y fusibles:	Tensión de la red	Resistencia máxima de la red	Fusibles a usar (lentos)
	110V	0.15 $\Omega$	30 A
	120V	0.18 $\Omega$	30 A
	127V	0.20 $\Omega$	30 A
	190V	0.45 $\Omega$	20 A
	208V	0.54 $\Omega$	20 A
	220V	0.60 $\Omega$	16 A
240V	0.72 $\Omega$	16 A	
Tipo de protección contra descargas eléctricas	Tipo I		
Grado de protección contra descargas eléctricas	Grado BF		
<b>REQUERIMIENTOS DE INSTALACION</b>			
Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado BF, se deberá instalar al tablero de distribución de energía en el tomacorriente exclusivo (Figura 2.1.1.j. y tablero de distribución Figura 2.1.1.i. del Capítulo II) previstos para este equipo con buena instalación de tierra.			

<sup>12</sup> mAs Producto de la corriente (mA) con el tiempo de exposición (s).

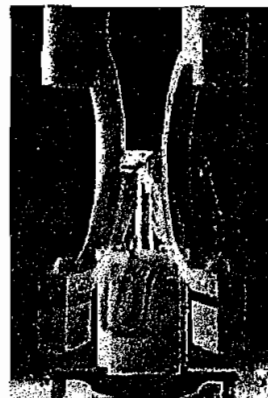
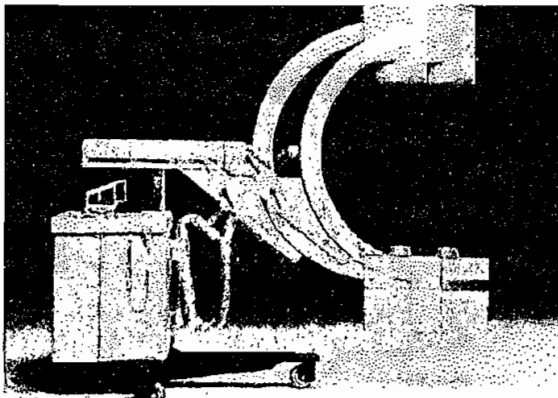
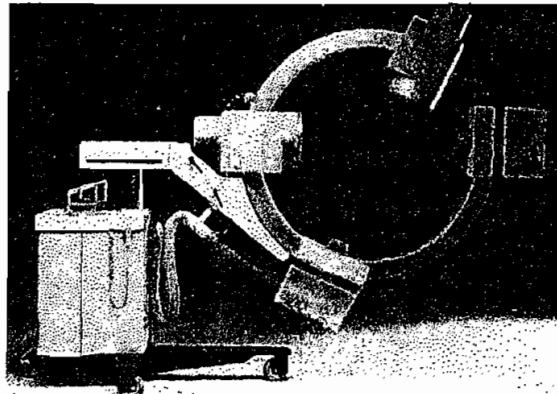
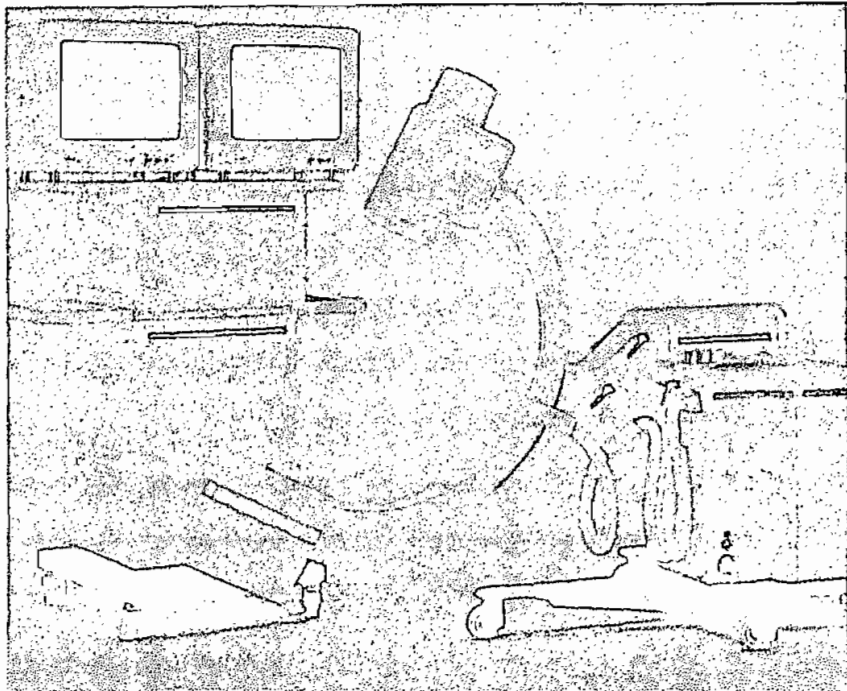


Figura 3.1.2.g.1. Equipo de Rayos X Arco en C.

En vista de que el equipo de Rayos X de Arco en C puede estar contaminado, ya sea porque ha sido sometido a chequeo técnico o utilización en otro quirófano, para poder utilizarlo, se deberá usar cobertores estériles para mantener el campo circundante del paciente también estéril. En la Figura 3.1.2.g.2. se presentan las mencionadas cubiertas estériles.

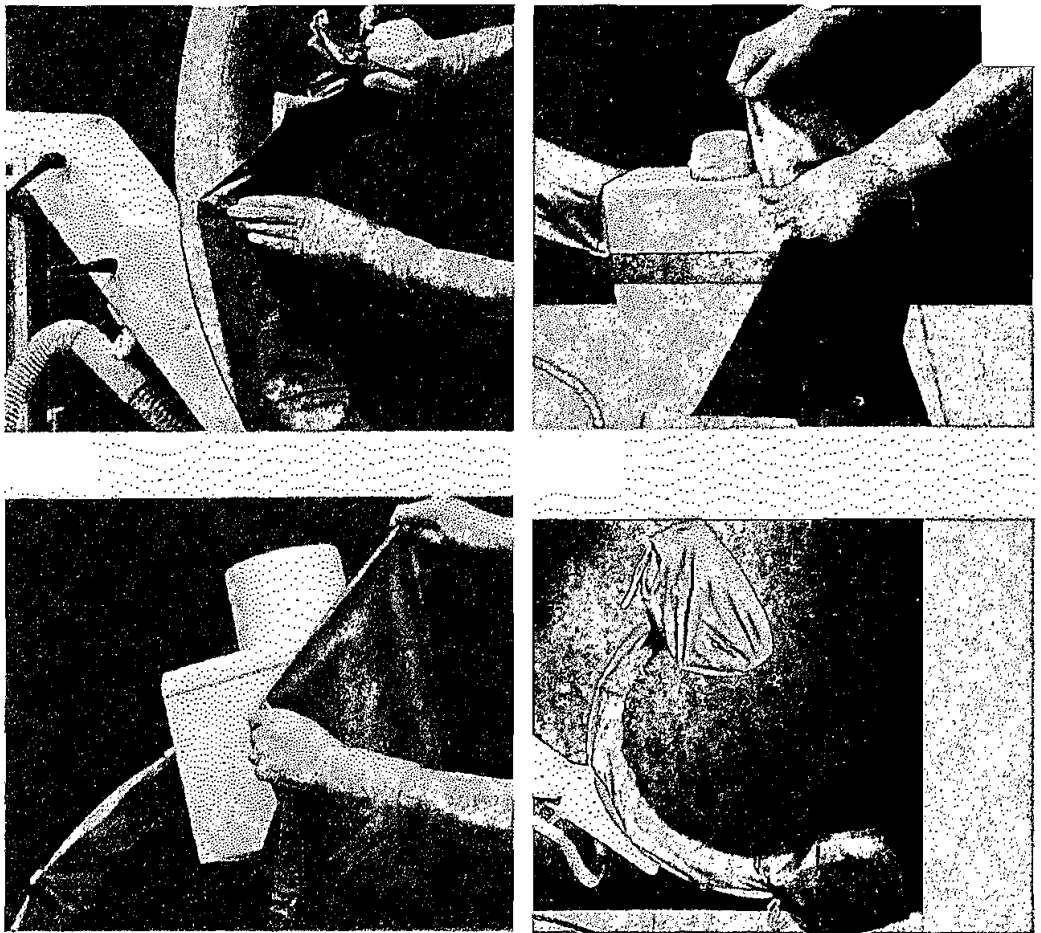


Figura 3.1.2.g.2. Cubiertas protectoras estériles para uso en quirófanos de los equipos de Rayos X Arco en C.



✿ *Procesadora automática de películas radiográficas:*

La procesadora automática de películas radiográficas permitirá revelar las placas radiográficas que han sido tomadas en los equipos de Rayos X móviles o de Arco en C.

Para la instalación de este equipo se requiere de energía eléctrica, una toma de agua potable y un desagüe.

*Se deberá planificar una Procesadora automática de películas radiográficas para todo el C.Q.C.*

Deberá cumplir los siguientes requerimientos mínimos:

PROCESADORA AUTOMÁTICA DE PELÍCULAS RADIOGRÁFICAS	
Tiempo de revelado:	90 seg. para placas 14 x 17
Líquidos utilizados:	Revelador, fijador y agua
Secado automático:	Sistema de secado de las películas reveladas.
Tamaño de procesamiento de películas:	Hasta de películas 14 x 17
Detección de entrada de película:	Modo de Stand-by de ahorro de energía. Se activan los sistemas de succión de líquidos, rodillos transportadores de películas y secado cuando ha detectado la entrada de una película a revelarse.
Control termostático:	Control termostático de temperatura de secado de película, control interno para evitar cambios aleatorios no requeridos por el operador. Control termostático de temperatura de líquidos.
REQUERIMIENTOS ELÉCTRICOS:	
Tensión y frecuencia nominales	110V/120V – 60Hz.
Tolerancia en tensión	± 10 %
Tipo de protección contra descargas eléctricas	Tipo I
Grado de protección contra descargas eléctricas	Grado B
REQUERIMIENTOS DE INSTALACION	
Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado B, se deberá instalar al panel de distribución de energía en el tomacorriente que tenga el sistema de alimentación eléctrico no aislado con buena instalación de tierra. Adicionalmente se deberá proveer de una toma de agua potable para la entrada del equipo, y un desagüe para la evacuación de los líquidos procesados.	

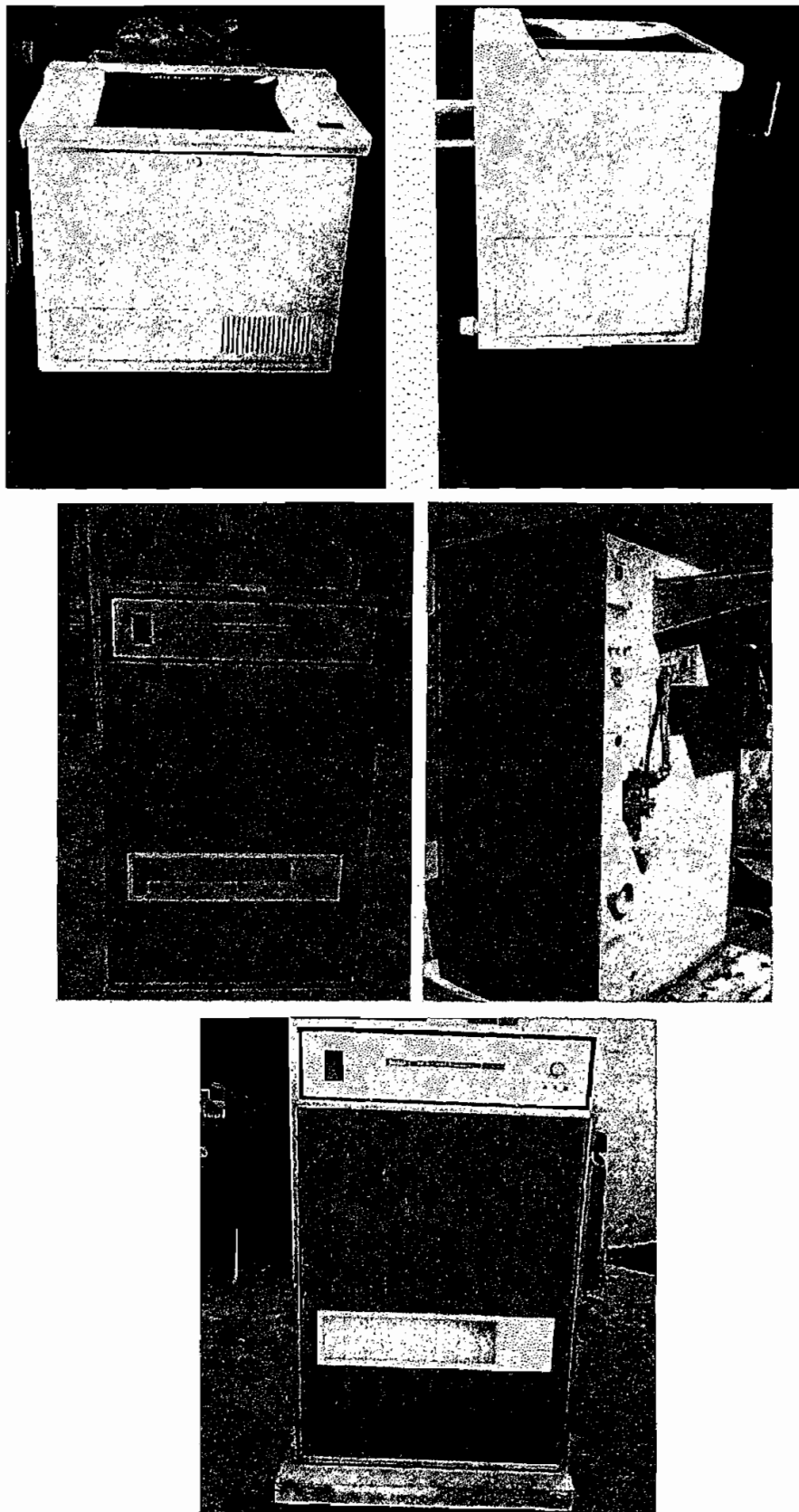


Figura 3.1.2.h. Procesadoras automáticas de películas radiográficas.

- ☀ *Monitor móvil con electrocardiografía, registro en papel y desfibrilador/cardioversor.*

*Se deberá planificar un monitor móvil por cada 3 quirófanos implementados.*

El monitor móvil con registro en papel y desfibrilador/cardioversor descrito, es de las mismas características que del equipo utilizado en una U.T.I., por lo que, para sus requerimientos mínimos están indicados en el Capítulo II.

- ☀ *Autoclave eléctrico:*

El autoclave eléctrico permitirá esterilizar instrumental, accesorios, ropa y demás elementos necesarios que será utilizados en el desarrollo de una cirugía. Existen varios métodos de esterilización que se pueden utilizar, sin embargo se mencionarán los más frecuentes:

- \* Esterilización con vapor, mediante vapor central o generador de vapor incorporado al equipo. La esterilización se obtiene subiendo la presión y temperatura de la cámara en donde está el material a esterilizar. Muy utilizado para paquetes de instrumental, ropa quirúrgica.
- \* Esterilización en gas (óxido de etileno). La esterilización se obtiene mediante una reacción química que destruye bacterias y todo tipo de microbios. Este método es utilizado para esterilizar material que no permite altas temperaturas por su deterioro, como por ejemplo set de paciente para equipos que pueden ser de caucho o plástico, accesorios de equipos médicos de caucho, guantes, sondas, etc.

\* Esterilización química. Utilizada para abaratar costos de esterilización, ya que el método indicado anteriormente puede ser muy costoso en su inversión. Los químicos normalmente utilizados son: Formalina, Cydex, cloro en concentraciones.

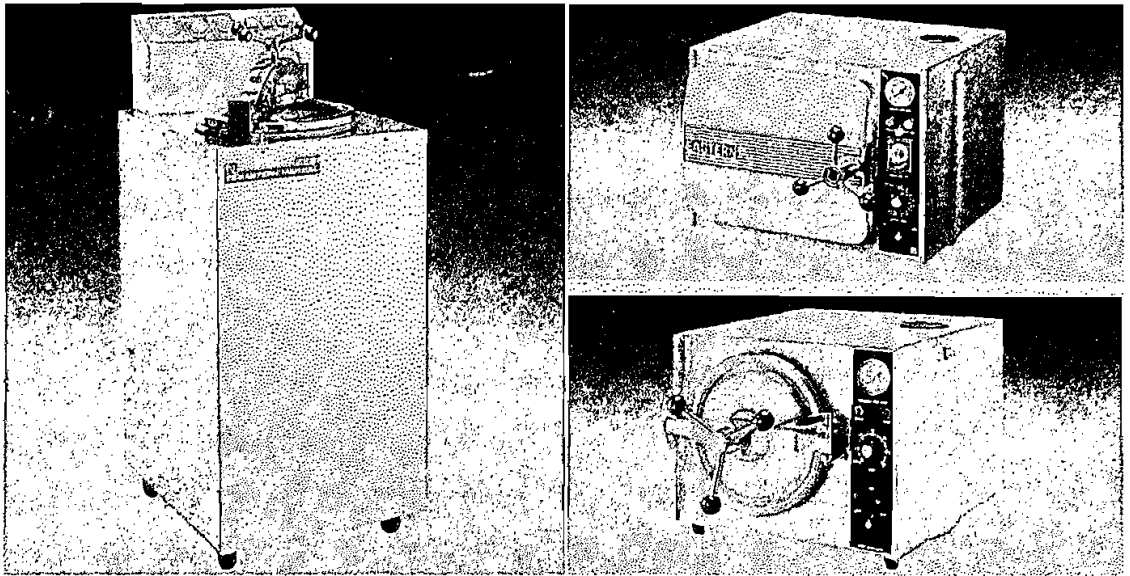
Los dos primeros métodos de esterilización requieren equipos para ejecutar su labor, el último no.

Para la instalación de un autoclave eléctrico (generador de vapor incorporado al equipo), se requiere de energía eléctrica, una toma de agua potable y un desagüe.

*Se deberá planificar un Autoclave eléctrico para todo el C.Q.C.*

Deberá cumplir los siguientes requerimientos mínimos:

AUTOCLAVE ELECTRICO	
Temperatura de esterilización:	121°C – 1.2 Kg/cm <sup>2</sup> .
Capacidad de cámara:	360 litros.
Tamaño mínimo de la cámara:	Diámetro: 600mm Profundidad: 1300mm
Control electrónico con programas de esterilización para:	Instrumental Ropa Caucho esterilizable Programable para otro material.
Display:	Tiempo total de esterilización Tiempo transcurrido Temperatura alcanzada Presión de cámara Presión de camisa Estado de ciclo de esterilización
REQUERIMIENTOS ELECTRICOS:	
Tensión y frecuencia nominales	220V/380V 3Ø – 60Hz.
Potencia requerida:	30 KVA
Tolerancia en tensión	± 10 %
Tipo de protección contra descargas eléctricas	Tipo I
Grado de protección contra descargas eléctricas	Grado B
REQUERIMIENTOS DE INSTALACION	
Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado B, se deberá instalar al panel de distribución de energía en el tomacorriente que tenga el sistema de alimentación eléctrico no aislado con buena instalación de tierra. Deberá tener una conexión de tipo fija con un breaker trifásico. Adicionalmente se deberá proveer de una toma de agua potable para la entrada del equipo, y un desagüe para la evacuación del agua y vapor.	



**Figura 3.1.2.i. Autoclaves eléctricos pequeños.**

Si bien, el equipamiento necesario para un quirófano general, de un C.Q.C. es el que se acaba de describir, para cada quirófano de especialidad se deberá incrementar ciertos equipos, paquetes de instrumental y accesorios propios de cada quirófano de especialidad.

Así por ejemplo, en la actualidad se ha impuesto la **Video Cirugía** que facilita, tanto para el paciente como para el Hospital que lo asiste, la recuperación del paciente de una forma más rápida. Hoy en día, ya no es rentable la situación de "Hotel" de un Hospital; es decir, como antiguamente se pensaba, mientras más tiempo pase un paciente en un Hospital o Clínica Privada más paga éste y se tiene un ingreso económico mejor. Ahora, en cambio si se puede recuperar un paciente de una cirugía lo más rápido posible es mejor, ya que el Hospital dispondrá de una cama más para otro paciente al que se le puede practicar otra cirugía que significa económicamente más ingresos que la recuperación prolongada de un paciente.

Por esto, la Video Cirugía se ha tornado una herramienta indispensable en todo Hospital moderno, por lo que sus quirófanos deberán estar provistos del equipamiento necesario para brindar sus servicios.

Dentro de la Video Cirugía se tienen las siguientes disciplinas:

- ✿ Laparoscopia de vesícula.
- ✿ Laparoscopia de hernia.
- ✿ Laparoscopia de apéndice.
- ✿ Laparoscopia ginecológica.
- ✿ Laparoscopia diagnóstica en cualquiera de las disciplinas indicadas anteriormente.
- ✿ Artroscopia.
- ✿ Endoscopia (General, Gastroscopia, Broncoscopia, etc.)

Básicamente todos estos sistemas tienen equipamientos afines, y entre ellos difieren por el instrumental que utilizan y por algún equipo externo.

Así, un sistema de Laparoscopia básico está formado por:

- ✿ Fuente de luz dual de xenón con fibra óptica.
- ✿ Insuflador electrónico de alto flujo (20 lpm) de CO<sub>2</sub>.
- ✿ Cámara de video con procesador de imagen.
- ✿ 2 monitores grado médico de al menos 512 líneas para cirujano y ayudante.
- ✿ Sistema de grabación VHS.
- ✿ Sistema de succión e irrigación.
- ✿ Electrobisturí normal o de argón.

A este equipo básico se le debe añadir el instrumental y accesorio laparoscópico específico para cada disciplina. Por ejemplo:

- ☀ Laparoscopia de vesícula:
  - \* Laparoscopio 0° de 10 o 12 mm.
  - \* 1 Trocar de 10-12 mm para Laparoscopio conectado al cabezal de la cámara y fibra óptica.
  - \* 1 Trocar de 10 mm para instrumental de cirujano (Pinza Maryland, pinza sujetadora y de tracción o grasper, tijeras, gancho, paleta, accesorio de succión/irrigación; todos con la posibilidad de conectar cable de electrobisturí).
  - \* 2 Trocars de 5 mm para ayudante para sujeción de vesícula.
  - \* Pinza para clips.
  - \* Pinza de extracción de vesícula.
  - \* Demás accesorios e instrumental externos de cirugía.
  
- ☀ Laparoscopia de hernia.
  - \* Laparoscopio 0° de 10 o 12 mm.
  - \* Laparoscopio de 30° de 10 o 12 mm.
  - \* 1 Trocar de 10-12 mm para Laparoscopio conectado al cabezal de la cámara y fibra óptica.
  - \* 2 Trocar de 5 mm para cirujano y ayudante (Pinza Maryland, tijeras, accesorio de succión/irrigación; todos con la posibilidad de conectar cable de electrobisturí).
  - \* Balón para separación de pared de hernia.
  - \* Malla cobertora.
  - \* Pinza tacker.
  - \* Demás accesorios e instrumental externos de cirugía.

- Laparoscopia de apéndice.
  - \* Laparoscopio 0° de 10 o 12 mm.
  - \* 1 Trocar de 10-12 mm para Laparoscopio conectado al cabezal de la cámara y fibra óptica.
  - \* 2 Trocar de 5 mm para cirujano y ayudante (Pinza Maryland, tijeras, accesorio de succión/irrigación; todos con la posibilidad de conectar cable de electrobisturí).
  - \* Pinza térmica para cauterización de apéndice o alternativamente Endo-loop.
  - \* Pinza extractora de apéndice.
  - \* Demás accesorios e instrumental externos de cirugía.
  
- Laparoscopia ginecológica.
  - \* Laparoscopio 0° de 10 o 12 mm con agujero de introducción de pinzas y accesorios para ginecología (Pinza Maryland, tijeras, pinza porta aros para ligadura de trompas, pinza para extracción de muestras, accesorio de succión/irrigación; todos con la posibilidad de conectar cable de electrobisturí).
  - \* 1 Trocar de 10-12 mm para Laparoscopio conectado al cabezal de la cámara y fibra óptica.
  - \* Demás accesorios e instrumental externos de cirugía.
  
- Laparoscopia diagnóstica en cualquiera de las disciplinas indicadas anteriormente.

Accesorios indicados anteriormente para la disciplina de diagnóstico que se va a aplicar.



- ☀ Artroscopía.
  - \* Laparoscopio 0° de 5 mm.
  - \* 1 Trocar de 5 mm para Laparoscopio conectado al cabezal de la cámara y fibra óptica.
  - \* 1 Trocar de 5 mm para instrumental de cirujano (Pinza Maryland, pinza sujetadora y de tracción o grasper, tijeras, accesorio de succión/irrigación; todos con la posibilidad de conectar cable de electrobisturí).
  - \* En lugar del insuflador de CO<sub>2</sub> para el caso de las Laparoscopías, para las Artroscopías se tiene un succionador insuflador de agua para llenar la cavidad a ser sometida a cirugía.
  - \* Demás accesorios e instrumental externos de cirugía.
  
- ☀ Endoscopia (General, Gastroscopía, Broncoscopía, etc.)
  - \* Gastroscopio, Broncoscopio, etc. que serán introducidos ya no por medio de trocares a la cavidad abdominal sino por vía bucal o en caso extremo por vía anal.
  - \* El insuflador de CO<sub>2</sub> es reemplazado por un insuflador/irrigador que será conectado al Gastroscopio, Broncoscopio, etc. según sea el caso.
  - \* Pinzas de sujeción o de extracción de muestras y tijeras específicas según sea el caso.

Como puede observarse, de acuerdo al avance de la tecnología los requerimientos y equipamiento imprescindible en un quirófano de un C.Q.C. irá variando.

### 3.1.3. Instalaciones centralizadas.

Luego de haber descrito los equipos y accesorios que se necesitan en cada quirófano que compone el C.Q.C., se deberá proponer las instalaciones centralizadas que suministrarán los recursos a éste. A continuación se analizará estos tópicos.

Para el caso de un C.Q.C. se tienen requerimientos semejantes a los propuestos en una U.T.I., con ciertas variaciones que merecen ser acotadas.

Se deberá proveer de paneles que den indicación permanente del estado de presión de los gases y activen las señales correspondientes en caso de falla por exceso o defecto de presión, permitiendo también sectorizar la alimentación de los gases al C.Q.C. mediante llaves de paso. La tubería de distribución debe ser del mismo tipo ya indicado.

#### *Oxígeno central:*

La instalación de oxígeno centralizada y con salida a cada uno de los quirófanos se considera una necesidad fundamental. Es aconsejable que el sistema de oxígeno sea considerado, en lo posible, separadamente para la unidad del resto del hospital, en tal forma de asegurar permanentemente su perfecto funcionamiento.

Se deberá asegurar la provisión de oxígeno mediante tomas rápidas de pared, las mismas que deberán estar a 1.60 metros de altura desde el piso. Estas tomas rápidas deberán proveer oxígeno medicinal 100% puro, presión de 50 PSI para que puedan conectarse directamente los equipos médicos.

El uso de mascarillas o bigoterías para el suministro de oxígeno al paciente se lo realizará mediante la máquina de anestesia, por el mecanismo de bypass.

Cada quirófano contará con una toma rápida de pared para provisión de oxígeno para el funcionamiento de la máquina de anestesia.

A pesar de la toma rápida de pared de oxígeno central, deberá disponerse de botellas de oxígeno de reserva con sus respectivos manorreductores de presión, en caso de falla del sistema central.

*Sistema de vacío o succión central:*

Dentro de lo posible, este sistema debe considerarse como importante pero no fundamental, pues aún existiendo el sistema, debe disponerse de bombas móviles de succión en número que se considere necesario, en caso de que se presente una falla en el sistema central. Los sistemas de aire comprimido serán de las mismas características a las ya indicadas para el caso de una U.T.I.

*Oxido Nitroso Central:*

La instalación del óxido nitroso centralizado y con salida a cada uno de los quirófanos se considera también una necesidad fundamental. Es aconsejable que el sistema de óxido nitroso sea considerado, en lo posible, separadamente para la unidad del resto del hospital, en tal forma de asegurar permanentemente su perfecto funcionamiento.

Se deberá asegurar la provisión de óxido nitroso mediante tomas rápidas de pared, las mismas que deberán estar a 1.60 metros de altura desde el piso. Estas tomas rápidas deberán proveer óxido nitroso medicinal 100%

puro, presión de 50 PSI para que puedan conectarse directamente los equipos médicos.

Cada quirófano contará con una toma rápida de pared para provisión de óxido nitroso para el funcionamiento de la máquina de anestesia.

A pesar de la toma rápida de pared de óxido nitroso central, deberá disponerse de botellas de óxido nitroso de reserva con sus respectivos manorreductores, en caso de falla del sistema central.

#### *Sistema de Aire Comprimido:*

La instalación de aire comprimido centralizado y con salida a cada uno de los quirófanos se considera una necesidad fundamental. Es aconsejable que el sistema de aire comprimido sea considerado, en lo posible, separadamente para el C.Q.C. del resto del hospital, en tal forma de asegurar permanentemente su perfecto funcionamiento.

Se deberá asegurar la provisión de aire comprimido mediante tomas rápidas de pared, las mismas que deberán estar a 1.60 metros de altura desde el piso. Estas tomas rápidas deberán proveer aire comprimido medicinal 98% puro, seco<sup>13</sup>, filtrado (0,1 $\mu$ ), limpio de aceite y polvo y libre de agente patógenos, presión de 50 PSI para que puedan conectarse directamente los equipos médicos.

Cada quirófano contará con una toma rápida de pared para provisión de aire comprimido para el funcionamiento de la máquina de anestesia.

A pesar de las tomas rápidas de pared de aire comprimido, deberá disponerse de botellas de aire comprimido de reserva para el caso de falla del sistema central.

---

<sup>13</sup> Aire comprimido medicinal seco con un punto de rocío de -20 °C a presión ambiente.

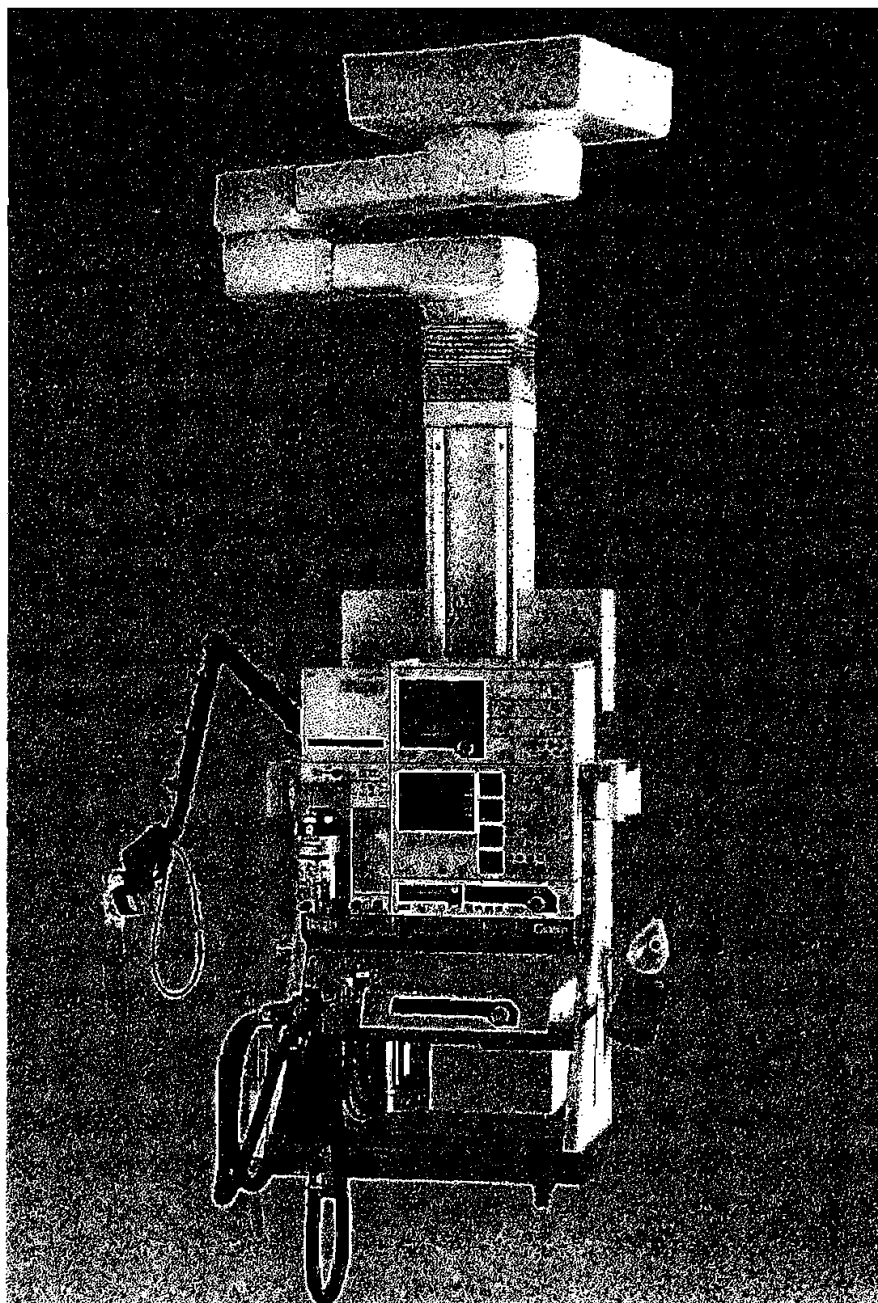
La distribución de los gases mediante sistemas centralizados se lo realiza desde una estación central, del tipo indicado en la Figura 2.1.3.b. en el Capítulo II.

Las tomas rápidas de pared para todos los gases de alimentación de este sistema son como los indicados en la Figura 2.1.3.c. del Capítulo II.

Es posible que, debido a la falta disponibilidad de espacio en los ductos de alimentación de un hospital, no se pueda enviar por este medio las redes de los gases de suministro central. Es posible realizar instalaciones denominadas vistas, con las tomas rápidas de pared, de acuerdo a las alternativas planteadas en la Figura 2.1.3.d. del Capítulo II.

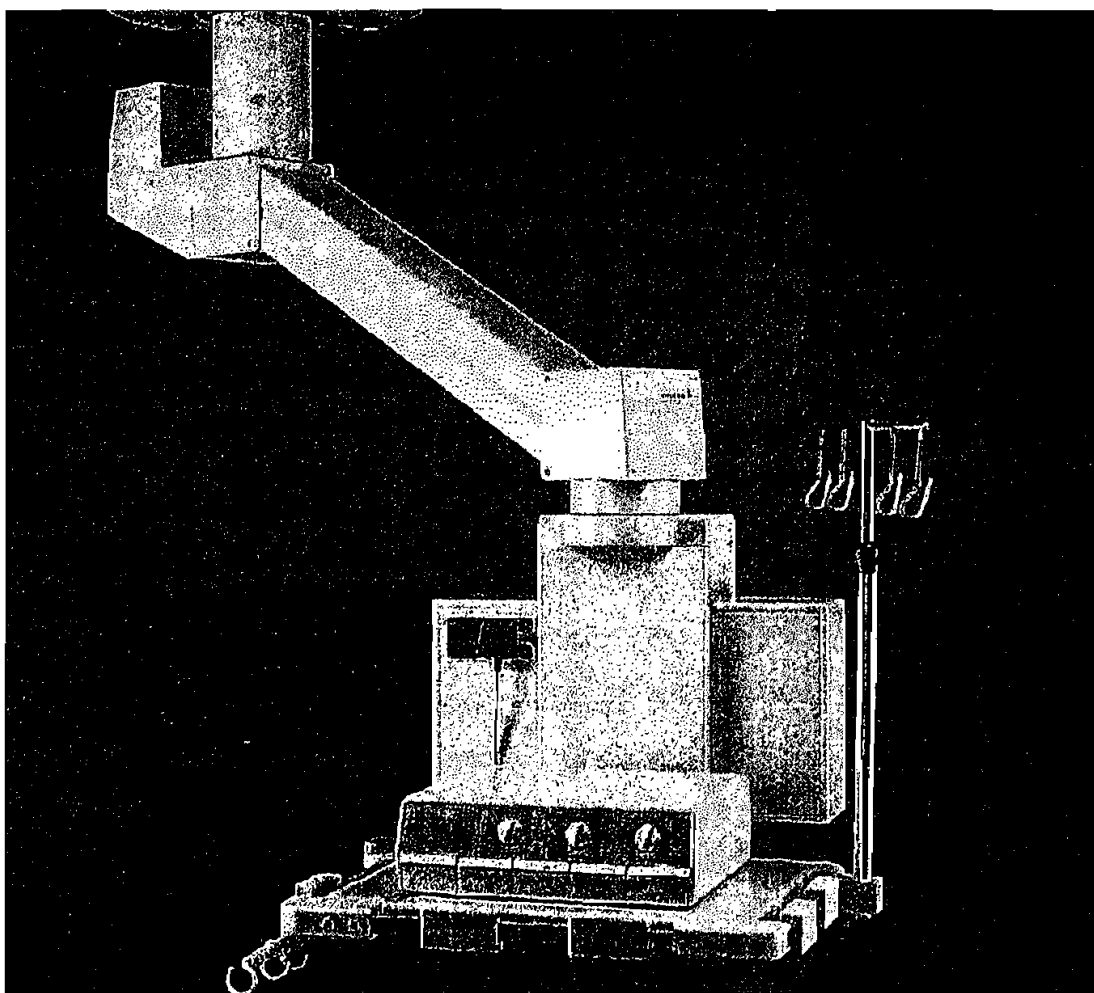
Todas las alternativas planteadas, para los tipos de conexiones de tomas rápidas, en el caso de la U.T.I., también son válidas para el C.Q.C.

Como se mencionó al principio de la propuesta de un C.Q.C. Tipo, una estación de trabajo modularizada para optimizar espacio y organizar el entorno del paciente de una manera eficiente ayudaría grandemente a cumplir las condiciones de planificación, en lo que respecta a accesibilidad. En la Figura 3.1.3.a. se presenta una estación de trabajo eficiente.



**Figura 3.1.3.a. Estación de trabajo eficiente para equipos de un quirófano.**

Existe una alternativa para colocar el electrobisturí también en una estación de trabajo eficiente. En la Figura 3.1.3.b. se presenta lo indicado. Nótese que si se tienen los equipos en estructuras modulares colgadas del techo, se tendrá mayor movilidad en el quirófano, y no se estará tropezando con los cables cruzados de los equipos conectados, lo que implicará menor riesgo de accidente o de desconexión de equipos que están siendo utilizados en la intervención quirúrgica de un paciente anestesiado.



**Figura 3.1.3.b. Estación de trabajo eficiente para un electrobisturí.**

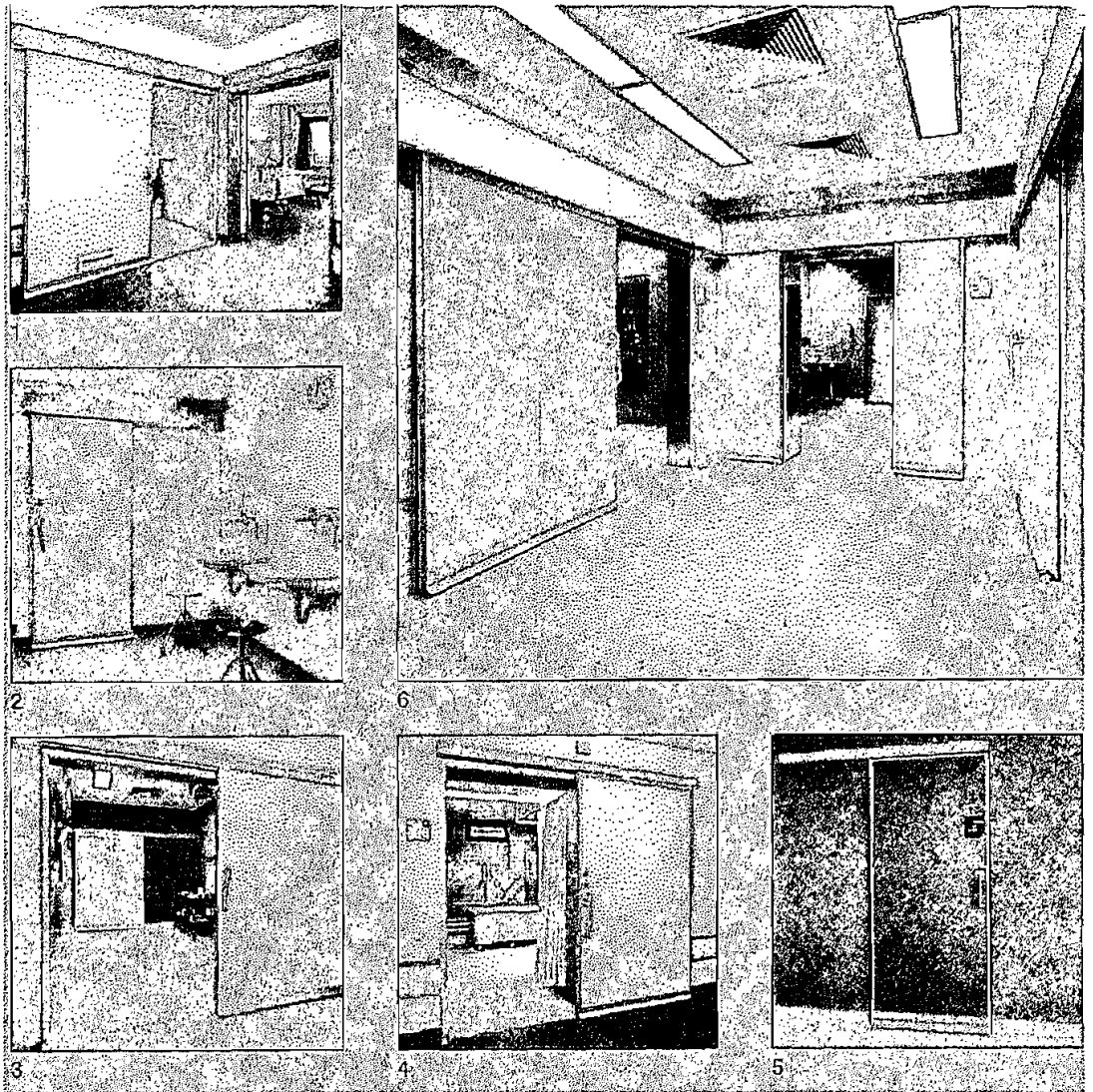
Es también importante tener la visualización completa de un quirófano con los equipos que se pueden implementar. En la Figura 3.1.3.c. se presenta ésto.



**Figura 3.1.3.c. Areas de trabajo típicas con equipamiento y alimentaciones centralizadas incorporadas de un quirófano.**



La apariencia externa e interna, así como la infraestructura de los quirófanos se presenta en la Figura 3.1.3.d. siguiente. Nótese la distribución de los lavamanos de los cirujanos, accesos de cada quirófano, y demás detalles que se sugieren para optimizar la circulación y distribución de un C.Q.C.



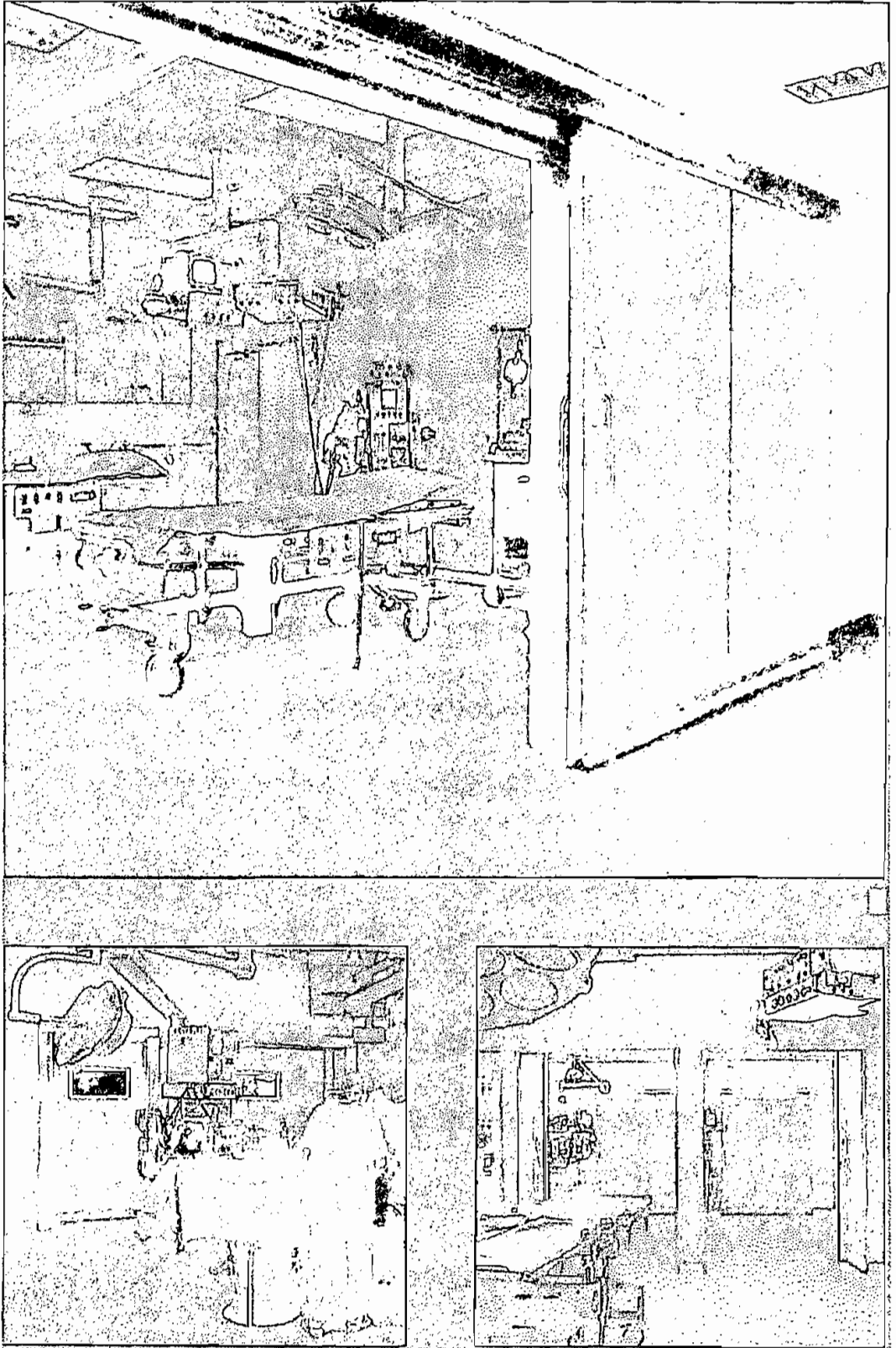


Figura 3.1.3.d. Ambientes de quirófanos de un Centro Quirúrgico Central.

### *Instalaciones eléctricas:*

La red eléctrica del Centro Quirúrgico Central, tal como en el caso de una U.T.I., debe planificarse con especial cuidado pues constituye el origen de muchos riesgos para los pacientes, así como para el personal médico que trabaja en el C.Q.C. El lector deberá referirse a las normas citadas en el Capítulo I en la sección de Seguridad Eléctrica para ampliar la información, aunque la planificación de sus instalaciones eléctricas tendrá el mismo tratamiento y seguridad que en el caso de una Unidad de Terapia Intensiva, con las siguientes diferencias:

- ✱ La distribución de energía eléctrica para cada quirófano se realizará con un transformador de aislamiento y por ende con su tablero de aislamiento propio (su ubicación física se encuentra indicada en la Figura 3.1.1.b.), lo que implicará planificar, tantos tableros y transformadores, cuantos quirófanos existan en el C.Q.C. El tablero de aislamiento que contendrá al transformador, será del tipo especificado en las Figuras 3.1.1.d.1. y 3.1.1.d.2.
- ✱ Los problemas eléctricos existirán de la misma forma que para el caso analizado de la U.T.I.; sin embargo, se deberá recordar que en el caso de los quirófanos del C.Q.C., se tienen a los pacientes con una desventaja eléctrica; es decir, están menos protegidos, ya que su resistencia será más baja pues están siendo sometidos a una cirugía y por lo tanto la interferencia será interna y no a nivel superficial.

Para evitar estos problemas eléctricos, se insiste en la exigencia de la instalación de los transformadores especiales de aislamiento, que eviten las fugas de corriente cuando ocurran cambios de voltaje en el circuito respectivo.

La red eléctrica debe considerar la instalación de varios circuitos de tal forma que de las seis salidas de 110 Voltios que se aconsejan para cada panel de distribución eléctrica de cada quirófano (recordar que son tres paneles por cada quirófano), tres queden conectadas a un circuito y el resto a otro (referirse a Figura 3.1.1.f.). Se debe disponer por lo menos de una salida para 220 Voltios, para ser utilizada para equipos móviles de Rayos X (ver Figuras 2.1.1.i. y 2.1.1.j. del Capítulo II) y otro tipo de equipo que requiera alto voltaje. Las salidas deben estar por lo menos a un metro de altura sobre el suelo y cada cama debe tener orificios para los polos positivo, negativo y neutro; o fase, neutro y tierra. Los enchufes deben manejarse con cuidado para evitar la desconexión de alguno de los tres cables.

La red eléctrica del Centro Quirúrgico Central debe estar conectada con el generador eléctrico de emergencia (ítem 4 de Figura 3.1.1.f.) en la Casa de Máquinas y de arranque automático (Tablero de transferencia automática de la Casa de Máquinas) para evitar el desabastecimiento cuando se presente una interrupción de energía eléctrica.

En la Figura 3.1.3.e. se muestra un ejemplo de distribución física y de instalación eléctrica de un quirófano general, el mismo que permite la instalación de ciertos equipos que pueden ser considerados como indispensables y los adicionales, indicándose además la ubicación del personal que interviene en una cirugía y el área de tránsito del mismo.

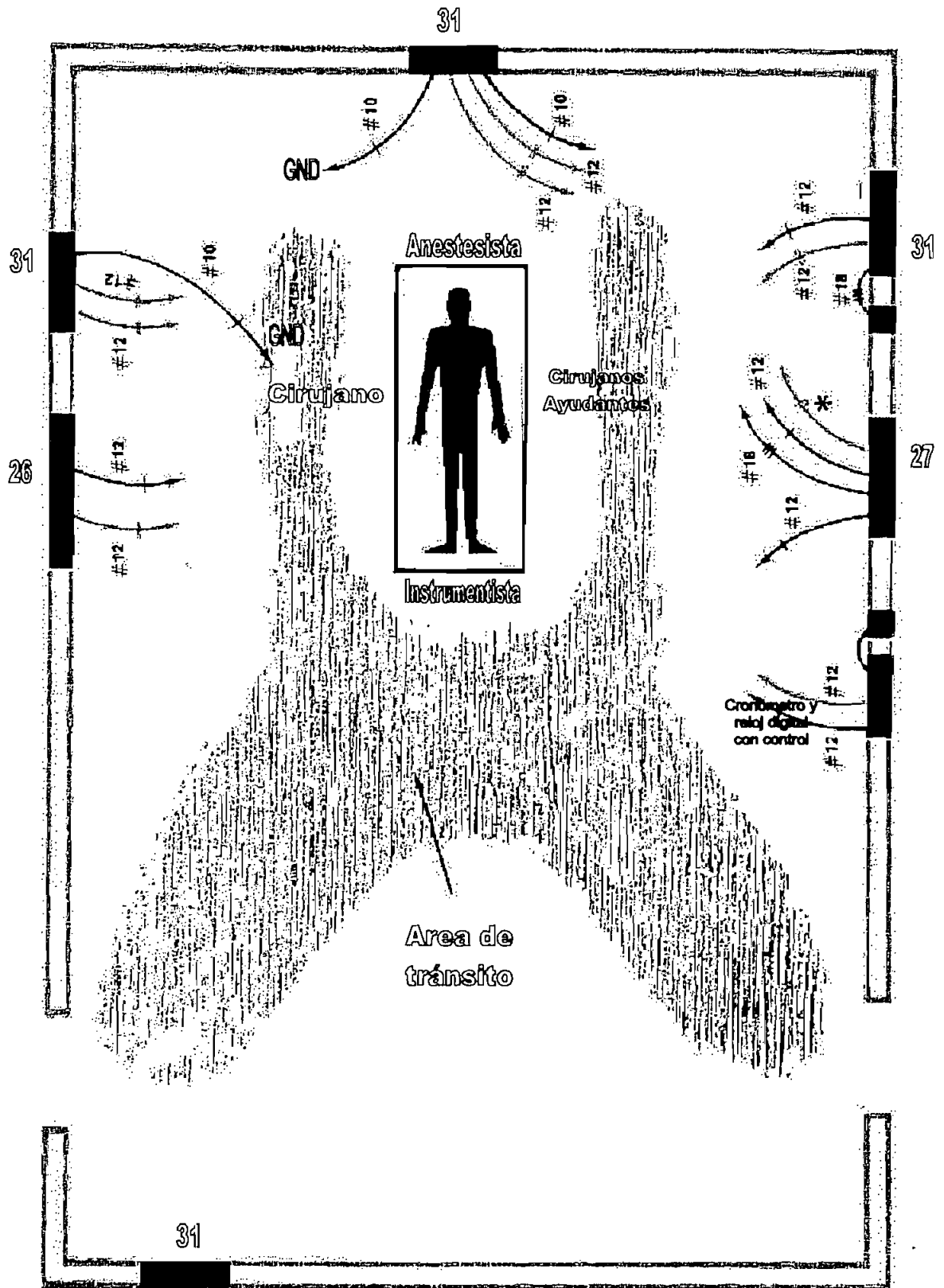


Figura 3.1.3.e. Distribución eléctrica física de un quirófano general de un Centro Quirúrgico Central.

*Sistema de iluminación:*

El sistema de iluminación en el C.Q.C. constituye una condición importante, debido a que no es deseable que, en medio de una intervención quirúrgica exista la interrupción de la red normal y se deba detener la intervención. Se vuelve a clarificar que se está hablando de la iluminación ambiental, y que ya se dieron recomendaciones con respecto a la iluminación del campo operatorio a través de las lámparas cielíticas y/o auxiliares.

Debe preverse instalaciones de iluminación de tipo fluorescente con suficiente cantidad de iluminación y uniformemente distribuida, para que puedan observarse todos los componentes del quirófano. El sistema de iluminación no debe estar conectado a los tableros de aislamiento, por lo que su alimentación eléctrica deberá tomarse de los tableros de alimentación general del hospital con su propio tendido de cables eléctricos.

*Sistema de comunicación:*

Las comunicaciones dentro del Centro Quirúrgico Central, de éste con el resto del hospital y fuera de éste son vitales.

Deben establecerse comunicaciones entre cada quirófano y la estación de enfermería; entre esta última, los cuartos de médicos de guardia y la oficina de coordinación del C.Q.C.; y entre la oficina de coordinación del C.Q.C. y el exterior.

Deberá suministrarse una línea telefónica externa independiente para el uso exclusivo del Centro Quirúrgico Central, y al menos dos líneas telefónicas internas para su uso en éste.

### 3.1.4. Sistemas contra incendios.

Como medida precautelatoria del paciente y personal médico que labora en el C.Q.C., es necesario tomar en cuenta estos sistemas, debido a que todas las recomendaciones que pueden seguirse con respecto a seguridad, confiabilidad, etc., no tendrían total efecto si son destruidos por el fuego. Existen algunos factores que son importantes de considerar en el diseño de estos sistemas:

- ☀ Características generales del sector:
  - \* Poca carga de fuego, es decir, no tiene grandes almacenes de material combustible que alimente a éste.
  - \* Peligrosidad de incendio en puntos y casos muy concretos: gases anestésicos (ya no utilizados actualmente), tensiones especiales.
  - \* La principal peligrosidad de incendio corresponde a la ocasionada por los numerosos equipos eléctricos y electrónicos que utiliza el C.Q.C.
  - \* Los pacientes del C.Q.C. están en un sector en el que no se puede parar, en muchos casos, la actividad, aunque se produzca un incendio en otras dependencias. En quirófanos de corazón abierto, neurocirugía, etc. se deberá continuar la intervención quirúrgica, excepto en el caso que éstos sean los focos de incendio.
  - \* Es un centro permanentemente atendido con numeroso personal médico y auxiliar del hospital.
- ☀ Evacuación:
  - \* Pacientes: los que se puedan evacuar deben disponer además de la entrada normal al C.Q.C., una salida de emergencia.

- \* Personal: además de las salidas para pacientes, pueden utilizar la salida al pasillo de la entrada normal.
- ☀ Detección:
  - \* Detectores de humo repartidos uniformemente por el C.Q.C.
  - \* Indicadores de actuación en las dependencias cerradas, como bodega y cuarto de material sucio, visibles desde la central de enfermería.
- ☀ Extinción:
  - \* Extinguidores portátiles manuales en el puesto de la central de enfermería y en la parte externa de cada quirófano.
  - \* La detección y la alarma, deberán complementarse por instalaciones de extinción automática. Del mismo modo, la electricidad debe suspenderse automáticamente en el compartimento siniestrado. Los sistemas centralizados, especialmente de oxígeno deberán también ser interrumpidos bajo estas circunstancias.
  - \* Armarios de equipos de manguera junto a la entrada normal al C.Q.C. y junto a la salida de emergencia.
- ☀ Plan de alarma:
  - \* Pulsadores de alarma en la central de enfermería.
  - \* Intercomunicador en la central de enfermería conectado al control general de la planta baja y central de servicio de extinción de incendios propio del edificio.
- ☀ Evacuación de humos: La extracción de humo debe realizarse, de forma particular para esta unidad, a través del almacén y del cuarto de material sucio.



### 3.2. Definición de un Centro Quirúrgico Central Básico.

Las limitaciones de espacio físico o de tipo económico pueden exigir la disminución del tamaño, número o especificaciones de las áreas y/o equipos que se han propuesto para conformar el C.Q.C. Tipo. En virtud a tales exigencias, la gran pregunta a contestar es ¿hasta dónde se pueden hacer recortes, a qué parámetros, y hasta qué límites, sin que el C.Q.C. pierda sus características correctas de funcionalidad o no cumpla las normas que lo descalifiquen, y el C.Q.C. deje de ser tal o de cumplir los objetivos específicos para los cuales fue creado, poniendo al ingeniero diseñador o al mismo Hospital en donde se realiza la implementación de la planificación recortada vulnerable a conflictos legales por violación de normas de procedimientos de seguridad?

Primero, se debe recordar la definición funcional de un Centro Quirúrgico Central Tipo mencionada en el Capítulo I:

*"El Centro Quirúrgico es un servicio para concentración de corto tiempo (mientras dure la cirugía) de enfermos en estado crítico, que requieren de una cirugía de extirpación, reemplazo (transplantes), corrección de anomalías fisiológicas o funcionales, asepsia de órganos internos, partos, etc., que cuenta con personal médico y paramédico adiestrado en el manejo de equipos electromédicos para apoyo orgánico-funcional, corte/coagulación de órganos, sedación y mantención de esta condición, asistencia vital en reemplazo de órganos que están siendo reparados (por ejemplo bomba de circulación extracorpórea mientras dura la cirugía de corazón) y vigilancia continua de las variables vitales. Está organizado de*

*modo que integra la atención médica temporal de esta área con los servicios de cuidados intermedios de la Unidad de Recuperación, y/o con la Unidad de Terapia Intensiva si el caso lo amerita.”.*

Todas estas concepciones se mantienen para un Centro Quirúrgico Central Básico (C.Q.C. Básico), la finalidad, los objetivos y forma de cumplir estos objetivos, ya que un CQC Básico debe cumplir la misma meta que un CQC Tipo, con las únicas diferencias que se enumeran a continuación y que, la mayoría, tienen que ver con la disponibilidad del recurso económico y políticas sociales:

- ✿ Considerando el recurso económico que se dispone, es posible que la capacidad del C.Q.C., espacio físico para cada quirófano, área para la estación de enfermería y áreas adicionales sean ajustados.
- ✿ Debido al recurso económico que se dispone, los requerimientos de equipamiento médico pueden relajarse en cuanto a opciones y número; las instalaciones centralizadas pueden no existir (reemplazándolas con alternativas más económicas), especialmente en referencia a la central de oxígeno, óxido nitroso, succión central y aire comprimido; las instalaciones eléctricas pueden tener menos protecciones sin abandonar su principal objetivo que es la Seguridad Eléctrica del paciente; y los sistemas de comunicación y de iluminación se pueden hacer menos óptimos.

### 3.3. Propuesta de un Centro Quirúrgico Central Básico.

De lo expresado anteriormente, se puede observar que las metas y objetivos de un C.Q.C. Básico no pueden cambiar respecto a un C.Q.C. Tipo y su reducción debe orientarse hacia la capacidad de atención al número de pacientes (que debe optimizarse), reducción de comodidad en el C.Q.C., y la posibilidad de disponer de sistemas de alimentación eléctrica y de gases un poco más económicos.

En este acápite, se propone lo que el autor considera como mínimo para que un C.Q.C. pueda ser considerado como tal.

¿Hasta qué punto se puede reducir las especificaciones y requerimientos sin que el C.Q.C. deje de ser considerado como tal, de acuerdo a las recomendaciones internacionales existentes?. A continuación se discutirá y analizará esta interrogante; sin embargo, es necesario indicar que las reducciones en cuanto a capacidad física, equipamiento médico e instalaciones centralizadas, se las realizará sobre la base de las recomendaciones internacionales indicadas anteriormente, de las recomendaciones de personal médico íntimamente ligado a estas áreas críticas, y del fruto de la experiencia adquirida a través de los años de trabajo realizado en estas áreas críticas por parte del autor de esta tesis, lo que ha posibilitado crear la siguiente propuesta de diseño para el Centro Quirúrgico Central Básico.

### 3.3.1. Recursos físicos.

*Planta física:* debe estar ubicado donde se encuentran los servicios de urgencia del Hospital como: Admisión Hospitalaria, Quirófanos, Terapia Intermedia, Respiratoria, Recuperación, Central de Esterilización, Imagenología y Laboratorio Especializado; es decir, con respecto a su ubicación no hay alternativas.

Por efectos económicos, si bien se ha considerado que un C.Q.C. debe tener un quirófano por cada 50 camas, en ciertos casos, esto no se podría cumplir, pues al menos deberá disponer de dos quirófanos para Cirugía General, uno de Partos, y uno de Especialización, por lo que se aconseja que cuatro quirófanos sería el mínimo justificable para un C.Q.C.

El espacio mínimo para 4 quirófanos debe ser de 450 metros cuadrados (incluida el área de recuperación de pacientes), manteniéndose que el área mínima para cada quirófano requiere un promedio de 30 metros<sup>2</sup> con dimensiones no menores a 6 x 5 metros.

Es inevitable que en el servicio de Emergencia se disponga de un quirófano para cirugías menores, ya que su ubicación es normalmente alejada del C.Q.C., convirtiéndose éste en el quirófano del Hospital del Día mencionado para el C.Q.C. Tipo.

La recomendación de que los quirófanos del C.Q.C. sean oscuros, que tengan una temperatura graduable entre 20 y 24°C y una humedad de 60%, con extracción de gases en la parte inferior, pisos y sistema eléctrico a prueba de explosión, lo mismo que el corredor común a ellos, se mantiene para el caso del C.Q.C. Básico, y que se tomen todas las medidas que ya se expusieron para evitar explosiones originadas por chispas, flamas o corrientes electrostáticas. Estos deberán ser ambientes

totalmente estériles, por lo que el personal médico y auxiliar deberá ingresar a él con ropa estéril.

En el caso del C.Q.C. Básico, el área de lavado de cirujanos y personal auxiliar se comparte en dos lugares dentro del Centro. El área para depósito de medicamentos, fármacos, instrumental e insumos médicos fungibles, gavetas para material de papelería e historias clínicas en tránsito será compartido en un solo ambiente. Y el área de lavado de instrumental, será común para todos los quirófanos.

El C.Q.C. Básico también dispone de un área suficiente para una estación central de enfermería que permita la coordinación de los trabajos en cada quirófano, con una bodega general para el almacenamiento de fármacos, medicamentos y anestésicos, en la que además será utilizada para el almacenamiento de equipos médicos e insumos fungibles secundarios; un cuarto séptico; un cuarto para los equipos de Rayos X portátiles con un ambiente oscuro para el revelado de las placas radiográficas.

El área para depósito de material, ropería, servicios sanitarios, cuarto de aseo (externo a los quirófanos), se prescindirá para optimizar espacio y costos, realizando las funciones desde el área interna.

El espacio para oficinas de coordinación médica y personal de secretaría, así como de la jefatura del C.Q.C., será compartida en un solo ambiente denominado Jefatura de C.Q.C. Se mantienen el área de descanso y vestidores para los médicos (uno para hombres y otro para mujeres), conteniendo por lo menos dos armarios metálicos dobles para cada equipo quirúrgico, con sanitarios y regadera, que será compartida con el área de descanso de enfermeras y vestidores (el uno para hombres y el otro para

mujeres), conteniendo por lo menos dos armarios metálicos dobles por cada equipo quirúrgico con sanitarios y regadera.

En la Figura 3.3.1.a. se presenta un esquema de la planta física de un C.Q.C. Básico, indicando las áreas necesarias especificadas en la planificación y los recortes que se han realizado para minimizar sus costos.

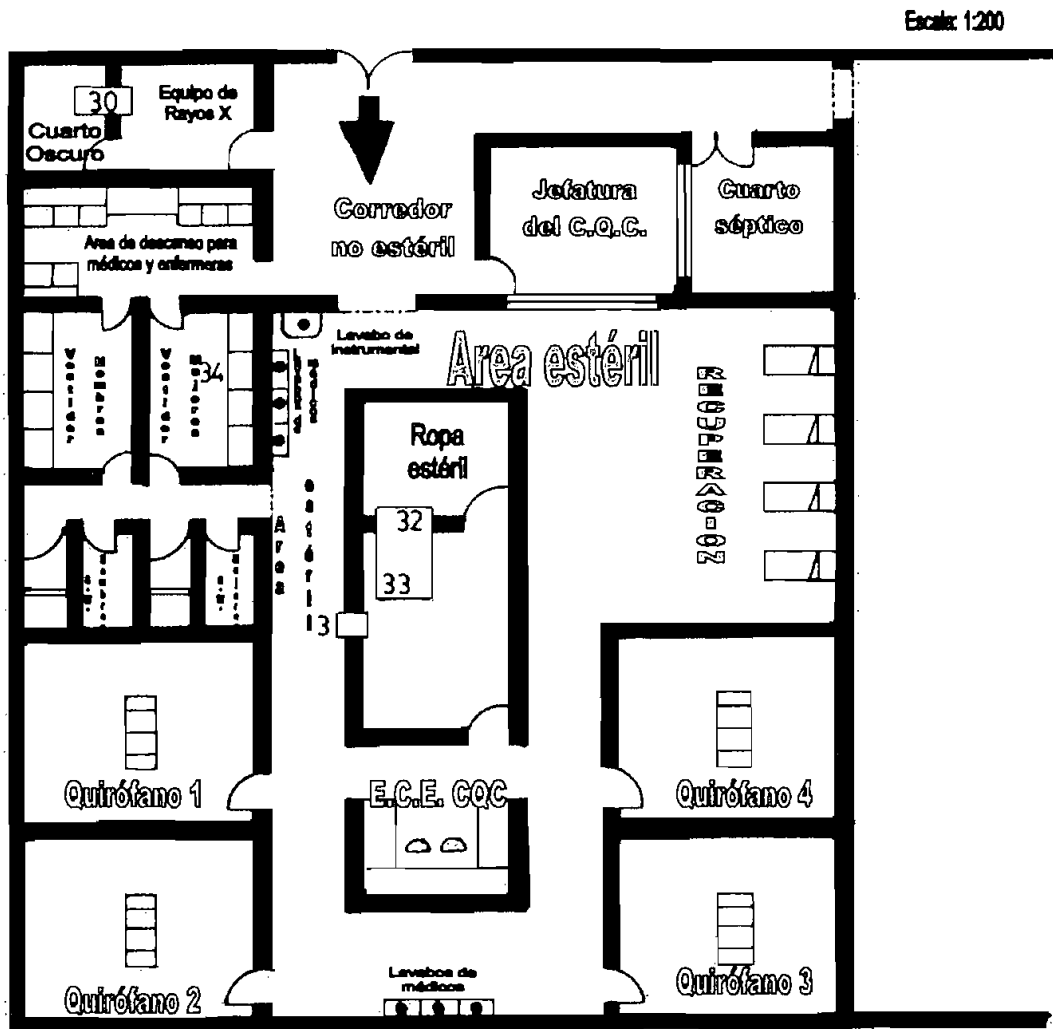


Figura 3.3.1.a. Esquema de la planta física de un C.Q.C. Básico.

Sobre el esquema de la planta física de un C.Q.C. Básico de la figura anterior, es necesario indicar que la salida de emergencia, prevista para el C.Q.C. Tipo, no existe debido a que ésta requiere de una infraestructura

adicional con escaleras, lo que implicaría más espacio y más costo. La salida de emergencia se la realiza por el mismo acceso principal, obteniéndose así la evacuación de pacientes y/o personal médico.

Tal como en el caso del C.Q.C. Tipo, dentro del C.Q.C. Básico deberá existir también una subcentral de esterilización en donde estarán los equipos (autoclaves y esterilizadores en seco), estanterías metálicas en donde se deberá colocar la ropa lavada a ser esterilizada y la ropa ya estéril. Recordar la motivación de independencia parcial explicada para el caso del C.Q.C. Tipo, que es válida en el caso del C.Q.C. Básico. Se debe indicar también que el C.Q.C. debe tener una ventanilla de acceso a la Central de Esterilización para la transferencia del material estéril, como ropa, instrumental, insumos, accesorios, etc.

El C.Q.C. Básico, dentro de su área, tendrá el Servicio de Recuperación, el mismo que deberá disponer un mínimo de una cama-camilla por cada quirófano y una adicional por cada cuatro quirófanos. Es decir con las mismas exigencias que para el caso del C.Q.C. Tipo, aunque su tamaño y ubicación estará dentro del C.Q.C. Básico.

En la Figura 3.3.1.b. se indica la distribución de un quirófano general Básico, en donde están ubicados físicamente, tanto los equipos, sistemas alternativos de alimentación de gases, es decir los tanques de los diferentes gases, como el mobiliario imprescindible y suficiente, numerados de acuerdo a la siguiente lista:

Ítem	Descripción del ítem
1	Alimentación general o línea de distribución del edificio.
2	Distribución en la planta o derivación individual.
3	Tablero de distribución en el Centro Quirúrgico Central.
4	Suministro complementario desde generadores de emergencia.
5	Transformador de aislamiento tipo médico.
6	Dispositivo de vigilancia de aislamiento y/o monitor de detección de fugas.
7	No existe
8	No existe
9	Radiador de calefacción central con control termostático 9 a.
10	Armaño metálico para instrumentos.
11	Partes metálicas de lavabos y suministro de agua.
12	No existe.
13	Cuadro de alarmas del dispositivo de vigilancia de aislamiento.
14	Máquina de anestesia tipo quirúrgico. Estará conectada a la toma polarizada aislada del panel de distribución eléctrico (ítem 31).
15	Monitor de parámetros vitales. Tipo de conexión como de ítem 14.
16	Mesa de cirugía universal, con accesorios. En este caso es mecánica y no requiere toma eléctrica.
17	Lámpara cirúrgica de un brazo.
18	No existe.
19	Lámpara auxiliar. Tipo de conexión como de ítem 14.
20	Unidad electroquirúrgica (electrobisturí). Tipo de conexión como de ítem 14.
21	Bomba móvil de succión de presión variable. Tipo de conexión como de ítem 14.
22	Bombas de infusión. Tipo de conexión como de ítem 14.
23	Equipo de Rayos X móvil y/o Equipo de Rayos X de Arco en C.
24	Interruptor de protección diferencial para toma de Equipo de Rayos X.
25	Monitor de electrocardiografía, registro en papel y desfibrilador/cardioversor. Tipo de conexión como de ítem 14.
26	Negatoscopio de pared.
27	Toma de pared para equipo de Rayos X.
28	Barra de puesta a tierra.
29	Barra equipotencial
30	Procesadora automática de películas radiográficas.
31	Panel de distribución eléctrico aislado y aterrizado (3 unidades/quirófano).
32	Autoclave eléctrico para C.Q.C.
33	Interruptor de protección diferencial para la instalación eléctrica del autoclave eléctrico.
34	Lockers para ropa de médicos, enfermeras y personal auxiliar.



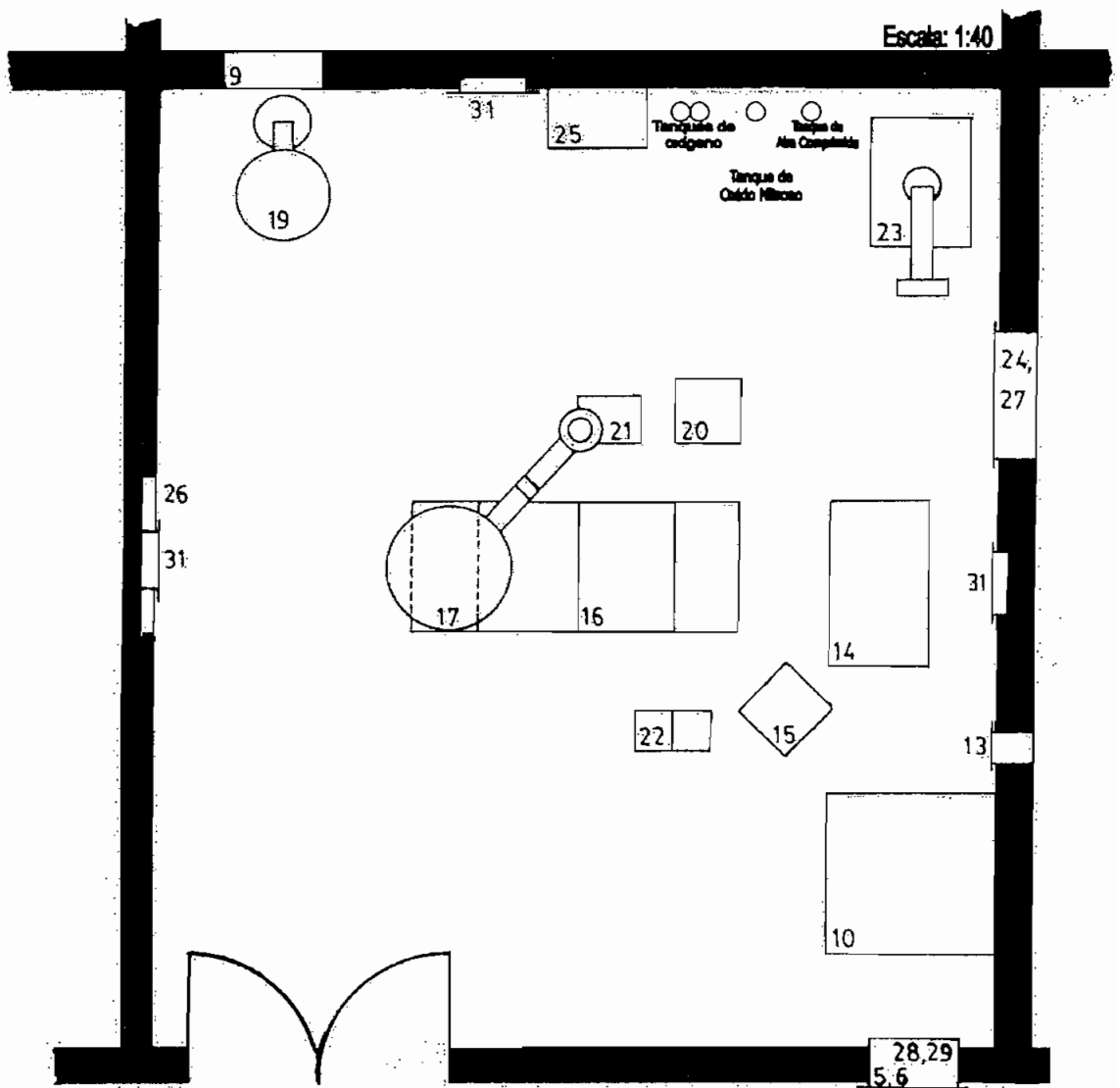


Figura 3.3.1.b. Esquema de distribución de un quirófano general de un C.Q.C. Básico.

Como se estableció anteriormente, si el cuarto séptico de aislamiento puede eliminarse, ya que el factor económico lo obliga, este espacio podrá ser ocupado por los vestidores de hombres y mujeres de forma colindante, reduciéndose aún más el espacio ocupado por todo el C.Q.C.

Se debe considerar el hecho de que, el listado de equipamiento indicado para la C.Q.C. Tipo indicado arriba, se lo ha dejado con todos los ítems numerados para establecer la diferencia con el C.Q.C. Básico, realizando las correcciones necesarias para marcar su variación.

La especificación del transformador de aislamiento (ítem 5) para un C.Q.C. Básico debe ser igual que para el caso de un C.Q.C. Tipo. No se debería aceptar ninguna variación de diseño.

En cuanto a los sistemas de vigilancia (indicadores remotos o incorporados de alarma Figura 2.1.1.d. del Capítulo II) y monitor de aislamiento (Figura 2.1.1.e. Capítulo II), asociados al tablero de aislamiento, tampoco existe variación. Por esto, para cualquier consulta deberá referirse a la Figura 3.1.1.d.2., en donde se indica claramente el detalle de instalación y distribución para este tablero.

Para el caso del C.Q.C. Básico, tanto los tipos de tomas especiales de alimentación eléctrica aislada (Figura 2.1.1.g. Capítulo II), como los tipos de cables de tierra (Figura 2.1.1.h. Capítulo II), que pueden utilizarse, serán de las mismas especificaciones que para el caso del C.Q.C. Tipo.

Para la alimentación eléctrica del Equipo de Rayos X Móvil, o del Equipo de Rayos X con intensificador de imagen de Arco en C (ítem 23), el tablero de distribución eléctrica (Figura 2.1.1.i. Capítulo II) y su toma rápida (Figura 2.1.1.j. Capítulo II) tendrán las mismas exigencias que en el C.Q.C. Tipo.

En la Figura 3.3.1.c. se encuentra el detalle de la distribución eléctrica para un quirófano general de un C.Q.C. Tipo.

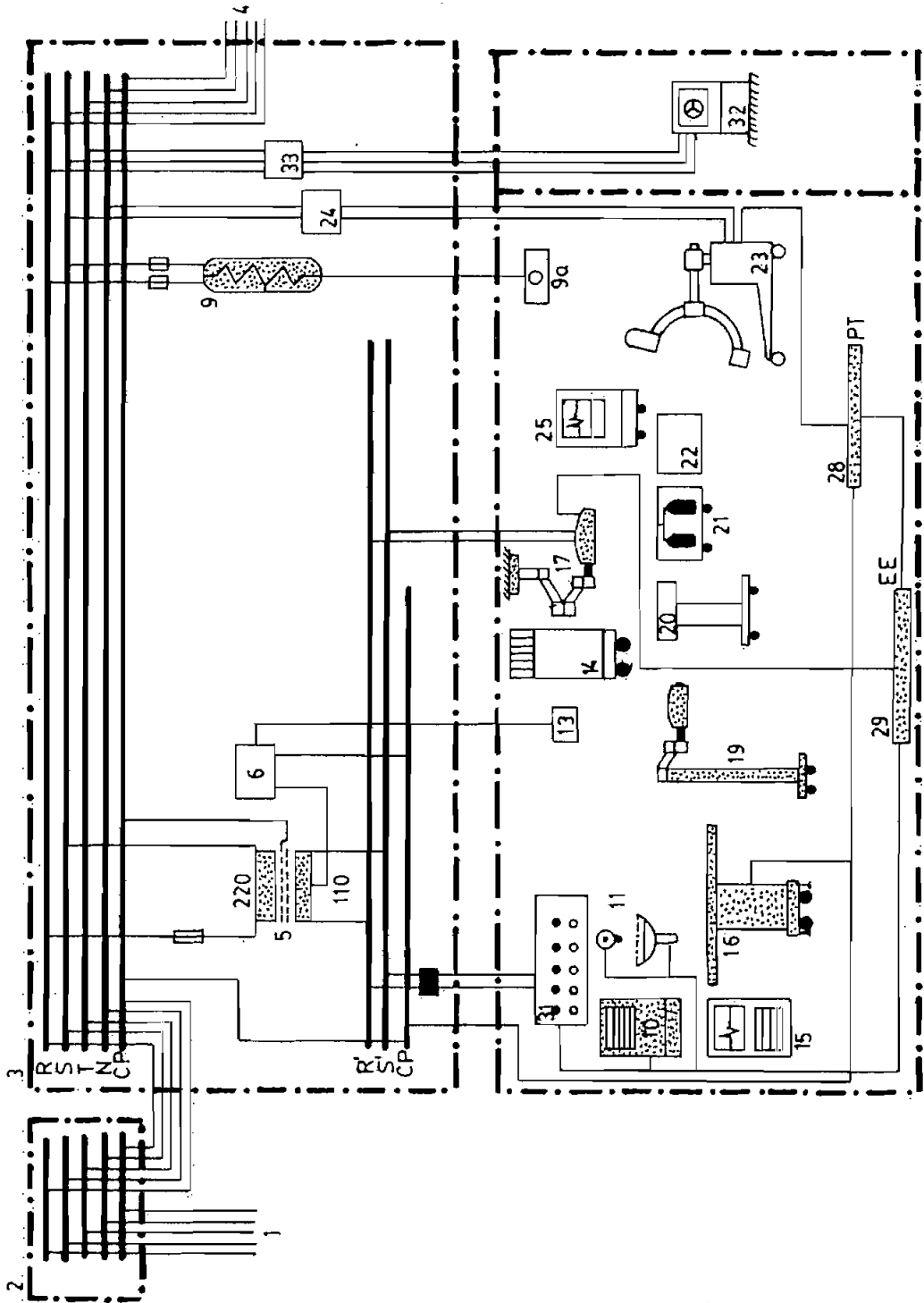


Figura 3.3.1.c. Distribución eléctrica para un quirófano general del C.Q.C. Básico.

### 3.3.2. Recursos de equipamiento médico.

Las propuestas que se hacen a continuación, se basan en el análisis estadístico de las patologías de los pacientes que se tratan más frecuentemente en un C.Q.C., lo que ha permitido, a través de la experiencia alcanzada en la ejecución de las labores técnicas en estas áreas críticas, reducir los requerimientos para obtener una reducción de costos, sin perder la calidad y confiabilidad de atención a los pacientes.

El equipamiento mínimo para un quirófano general de un Centro Quirúrgico Central deberá ser:

- ✱ Máquina de anestesia tipo quirúrgico.
- ✱ Monitor de signos vitales.
- ✱ Mesa de cirugía universal tipo mecánico, con accesorios.
- ✱ Lámpara cielítica de un brazo.
- ✱ Lámpara auxiliar.
- ✱ Unidad electroquirúrgica (electrobisturí).
- ✱ Bomba portátil de succión de presión variable.
- ✱ Bomba de infusión.
- ✱ Cubetas de acero inoxidable, montadas en ruedas de vinyl conductivo
- ✱ Banco de acero inoxidable, giratorios, de altura ajustable (para cirujano y anestesista).

Las mesas auxiliar de acero inoxidable para anestesista, mesa de acero inoxidable para instrumental, mesa de acero inoxidable para suministro de materiales, con campos, mesa Mayo de acero inoxidable, mesa semiluna de acero inoxidable, gradillas para pacientes y/o cirujanos y paquetes de instrumental mobiliario, serán las mismas del C.Q.C. Tipo, con todas las recomendaciones y sugerencias descritas.

A más de este equipamiento, que es propio de cada quirófano general, se tienen ciertos equipos de apoyo que son utilizados por cualquier quirófano del C.Q.C. Así deberán existir:

- ☼ Equipo de Rayos X móvil.
- ☼ Equipo de Rayos X Arco en C para fluoroscopia.
- ☼ Procesadora automática de películas radiográficas.
- ☼ Monitor móvil con electrocardiografía, registro en papel y desfibrilador/cardioversor.
- ☼ Autoclave eléctrico.

A continuación se describirán las necesidades y requerimientos mínimos de los equipos electromédicos imprescindibles en un C.Q.C. Básico, mismos que han sido modificados para lograr el objetivo de reducción de costo y por ende de especificaciones mínimas.

*Máquina de anestesia tipo quirúrgico:*

Deberá tener las mismas especificaciones que para el caso de la máquina de anestesia del C.Q.C. Tipo, con las siguientes variaciones:

- ☼ Si bien es cierto que la monitorización de la capnografía (cantidad de CO<sub>2</sub> espirado), concentración de agentes anestésicos, oximetría en el flujo inhalado, etc. es una necesidad fundamental, es posible prescindir de estas facilidades que brinde la máquina de anestesia, adaptando adicionalmente equipos que realicen estas funciones, lo que abaratará el costo de la máquina.

*Se deberá planificar una máquina de anestesia por cada quirófano implementado.*

Deberá cumplir los siguientes requerimientos mínimos:

MAQUINA DE ANESTESIA	
Vaporizadores:	Halothane. Control entre 0.2 a 4% vol. Ethrane. Control entre 0.2 a 5% vol. Isoflurane. Control entre 0.2 a 5% vol. Sevorane. Control entre 0.2 a 5% vol. Deben ser del tipo de enganche rápido por efectos de intercambiabilidad.
Ventilador:	Volumétrico ciclado por tiempo a volumen constante. Fuerza motriz: neumática o eléctrica. Ajustes: VT: 20 a 160ml con bellows niños 100 a 1250ml con bellows adultos F: 5 a 60 1/min $\pm$ 15% Vinsp.: 20 a 80 lpm Flujo de trabajo: 6 a 120 lpm Presión de trabajo máxima: 75 mbar, ajustado fijo. Trigger: 1 a 5 mbar. I:E: 1:1, 1:2, 1:3 $\pm$ 20% ajustable
Bloque de rotámetros:	O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O y aire, siendo de O <sub>2</sub> y N <sub>2</sub> O de doble columna (tubos de aforo de caudal conectados en serie). Para O <sub>2</sub> las columnas pueden ser: 0.1 a 2 lpm 2.5 a 15 lpm Para N <sub>2</sub> O las columnas pueden ser: 0.05 a 1 lpm 1.25 a 10 lpm Para aire: 0.8 a 15 lpm ORC. Sistema de seguridad para garantizar concentración mínima de 25% de O <sub>2</sub> : $\geq$ 0.6 lpm de flujo de O <sub>2</sub> . Corte de N <sub>2</sub> O si falla el suministro de O <sub>2</sub> : al pasar por debajo de una presión de suministro de O <sub>2</sub> de 2.0 bar debe accionarse, durante 7 segundos, una alarma acústica no desconectable. Si la presión sigue cayendo a 1.4 bar aproximadamente, el suministro de N <sub>2</sub> O debe ser estrangulado hasta llegar al bloqueo total, cuando la presión de O <sub>2</sub> es de unos 0.4 bar. Al aumentar de nuevo la presión de suministro de O <sub>2</sub> debe establecerse a partir de 2.7 bar la disposición de servicio de la alarma. Bypass para oxígeno de emergencia. Testigo de conexión de gases a red.
Sistema de paciente:	Válvula de limitación de presión y manómetro indicador. Presión de la vía aérea PAW: Regulable entre 2 a 80 mbar. Válvula de PEEP integrada. Regulable entre 0 a 15 mbar $\pm$ 20% Compliance interna: < 4ml/mbar Resistencia espiratoria: < 6 mbar para 60 lpm Resistencia inspiratoria: < 6 mbar para 60 lpm Ventilación manual mediante sistema de Magill a través de máquina o acoplable a mascarilla. Canister de cal sodada desmontable. Para funcionar como sistema semicerrado (con canister) o como sistema abierto (sin canister).

Bypass de O <sub>2</sub> (flujo):	35 hasta 75 lpm de O <sub>2</sub> (según sea la presión de oxígeno de suministro central. Al accionarlo, no debe haber aumento de presión (remanso) en el vaporizador.
<b>SECCION MONITORIZACION:</b>	
Monitorización de parámetros:	Presión inspiratoria Presión espiratoria Volumen tidal (Opcional) Volumen minuto inspirado (Opcional) Volumen minuto espirado (Opcional) Volumen espirado (Opcional) FiO <sub>2</sub> (Opcional) Avap (opcional) Caphnografía (CO <sub>2</sub> espirado) (Opcional) Concentración de hasta 5 agentes anestésicos medidos en el flujo inspiratorio. (Opcional)
Alarmas:	Señal de carencia de O <sub>2</sub> . Bloqueo de N <sub>2</sub> O por carencia de O <sub>2</sub> .
<b>REQUERIMIENTOS ELÉCTRICOS:</b>	
Tensión y frecuencia nominales	110V/120V – 60Hz En caso de falla del monitor, deberá disponer de baterías recargables para suministro de energía de por lo menos 1 hora.
Tolerancia en tensión	± 10 %
Tipo de protección contra descargas eléctricas	Tipo I
Grado de protección contra descargas eléctricas	Grado BF
<b>REQUERIMIENTOS DE INSTALACION:</b> Indicados en tabla de Figura 3.3.1. b.	
Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado BF, se deberá instalar al panel de distribución de energía en el tomacorriente que tenga el sistema de alimentación eléctrico aislado con buena instalación de tierra. Se necesita de 3 tomas con conectores a manorreductores de botellas para el funcionamiento de este equipo <sup>14</sup> . Para O <sub>2</sub> : 39.7 hasta 80.9 PSI (2.7 hasta 5.5 bar) Para N <sub>2</sub> O: 39.7 hasta 80.9 PSI (2.7 hasta 5.5 bar) Para Aire: 39.7 hasta 80.9 PSI (2.7 hasta 5.5 bar) Todas estas tomas de gases pueden estar reguladas a 50 PSI de presión cada una, para el trabajo normal.	

### *Monitor de signos vitales:*

Se deberá utilizar el mismo tipo de monitor descrito para el CQC Tipo, con las siguientes posibles variaciones:

- ✱ Se aconseja iniciar con un sistema de monitor simple para vigilar dos o tres parámetros: Electrocardiografía, Respiración y Temperatura.
- ✱ La monitorización de más parámetros vitales pueden ser: Presión arterial Invasiva (IBP), Presión Arterial No Invasiva (NIBP) y Oximetría

<sup>14</sup> Para las especificaciones de los gases, deberá remitirse al subcapítulo 3.3.3. de instalaciones centralizadas.

de pulso, que son más económicos que los otros parámetros que pueden implementarse.

*Se deberá planificar un monitor por cada cama implementada.*

Requerimientos mínimos:

<b>MONITOR DE SIGNOS VITALES:</b>	
Medición de parámetros:	ECG. Con selección de derivaciones: I, II, III, aVR, aVL, aVF y C. Onda y valor digital (solamente de la derivación seleccionada). NIBP. Con selección de valores: (Opción) Sistólica, Diastólica, Media y Pulso. Onda y valor digital (solo del parámetro seleccionado) SPO <sub>2</sub> . Con selección de valores: (Opción) Valor de %O <sub>2</sub> , y pulso. Onda y valor digital. Temperatura. Valor digital. Respiración. Onda y valor digital. Presión invasiva (IBP). (Opcional) Con selección de valores: Sistólica, Diastólica, Media, Sistólica/Diastólica alternada. Onda y valor digital.
Señales visibles de parámetros:	Al menos 2 señales simultáneamente en pantalla.
Valores digitales de señales:	Al menos 2 displays de valores digitales en la parte frontal del equipo.
Alarmas:	Audible y visual Definición de límites superiores e inferiores para cada parámetro monitorizado.
Memoria:	Almacenamiento de datos de parámetros para consulta posterior en trend o lista de documentación.
Tipo de registro:	ECG y presión seleccionada en papel, de paciente seleccionado en modo manual desde la central o desde un monitor, o en modo automático cuando se ha violado algún límite de alarma, marcando los datos de fecha, hora e identificación de paciente.
Alarmas:	Audible y visual Definición de límites superiores e inferiores para cada parámetro monitorizado.
<b>REQUERIMIENTOS ELÉCTRICOS:</b>	
Tensión y frecuencia nominales	110V/120V – 60Hz En caso de falla, deberá disponer de baterías recargables para suministro de energía de por lo menos 1 hora.
Tolerancia en tensión	± 10 %
Tipo de protección contra descargas eléctricas	Tipo I
Grado de protección contra descargas eléctricas	Grado BF
<b>REQUERIMIENTOS DE INSTALACION Indicado en tabla de Figura 3.3.1b</b>	
Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado BF, se deberá instalar al panel de distribución de energía en el tomacorriente que tenga el sistema de alimentación eléctrico aislado con buena instalación de tierra.	



*Mesa de cirugía universal, con accesorios:*

La mesa de cirugía general tendrá la misma aplicación que en el caso descrito para el C.Q.C. Tipo, con la única variación que ésta será del tipo de accionamiento mecánico, abaratándose su costo.

*Se deberá planificar una mesa quirúrgica por cada quirófano implementado.*

Deberá cumplir los siguientes requerimientos mínimos:

<b>MESA QUIRURGICA:</b>	
Tipo de accionamiento:	Mecánico
Movimientos:	Trendelemburg Fowler Lateralidad izquierda y derecha Ascenso y descenso de mesa completa Ascenso y descenso de cabecera Ascenso y descenso de pies Ascenso y descenso de cadera (para niño). Ascenso y descenso de espalda Accionamiento de ascenso y descenso de barra de columna.
Accesorios:	Brazos sujetadores de los brazos del paciente. Barra portadora de campo quirúrgico superior. Correa sujetadora de paciente. Colchonetas antiestáticas de vinyl conductivo. Garruchas de vinyl conductivo.
Adicionales:	Debe ser Radio OP. Pierneras (si el caso lo requiere). Soportes de hombros para cirugías posición Trendelemburg.
<b>REQUERIMIENTOS DE INSTALACION: Indicado en tabla de Figura 3-3-1 b</b>	
Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado BF, deberá tener una conexión fija, es decir, tendrá conexión permanente (sin enchufe) al tablero de distribución, en la toma de tierra para dar un camino de superficie equipotencial como el suelo del quirófano.	

*Lámpara cielítica de un brazo:*

La lámpara cielítica tendrá las mismas funciones a las indicadas para el caso de la utilizada en el C.Q.C. Tipo (Figura 3.1.2.c.2.), con la diferencia que podrá ser de un solo brazo, y se podrá tomar su alimentación eléctrica del tablero de distribución aislada del quirófano, como se indica en el diagrama eléctrico de la Figura 3.3.1.c.

*Se deberá planificar una lámpara cielítica de un brazo por cada quirófano implementado.*

Deberá cumplir los siguientes requerimientos mínimos:

LAMPARA CIELITICA:	
Tipo de servicio:	De un brazo.
Tipo de iluminación:	Luz indirecta tipo fría. Para lo cual deberá contar con filtros azules de luz incandescente. El único brazo deberá tener la lámpara con al menos 8 focos.
Tipo de accionamiento:	Encendido desde el panel de control de la pared con control de intensidad, o desde la misma lámpara. Accionamiento de perilla para concentración de iluminación en un punto o en campo más grande.
REQUERIMIENTOS ELÉCTRICOS:	
Tensión y frecuencia nominales	110V/120V – 60Hz
Tolerancia en tensión	± 10 %
Tipo de protección contra descargas eléctricas	Tipo I
Grado de protección contra descargas eléctricas	Grado BF
REQUERIMIENTOS DE INSTALACION: Indicado en Figura 3.3.1.c	
Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado BF, se deberá instalar al panel de distribución de energía en la sección que tenga el sistema de alimentación eléctrico aislado con buena instalación de tierra. Es decir, este equipo deberá tener conexión fija.	

*Lámpara auxiliar:*

La lámpara auxiliar tendrá las mismas funciones y especificaciones que la utilizada en el C.Q.C. Tipo.

*Se deberá planificar una lámpara auxiliar por cada quirófano implementado.*

Deberá cumplir los siguientes requerimientos mínimos:

LAMPARA AUXILIAR:	
Tipo de servicio:	De una sola campana.
Tipo de iluminación:	Luz indirecta tipo fría. Para lo cual deberá contar con filtros azules de luz incandescente. El brazo principal (único) deberá tener al menos 5 focos.
Tipo de accionamiento:	Encendido desde la misma lámpara, con control de intensidad. Accionamiento de perilla para concentración de iluminación en un punto o en campo más grande.
REQUERIMIENTOS ELÉCTRICOS:	
Tensión y frecuencia nominales	110V/120V – 60Hz
Tolerancia en tensión	± 10 %
Tipo de protección contra descargas eléctricas	Tipo I
Grado de protección contra descargas eléctricas	Grado BF
REQUERIMIENTOS DE INSTALACION Indicado en tabla de figura 3.3.1.b	
Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado BF, se deberá instalar al panel de distribución de energía en el tomacorriente que tenga el sistema de alimentación eléctrico aislado con buena instalación de tierra.	

*Unidad electroquirúrgica (electrobisturí):*

*Se deberá planificar un electrobisturí por cada quirófano implementado.*

El electrobisturí es de las mismas funciones y características al descrito para el caso del C.Q.C. Tipo, sin ninguna variación, por lo que se deberá referir para sus especificaciones mínimas al subcapítulo 3.1.2. y para una referencia visual a las Figuras 3.1.2.e.

*Bomba portátil de succión de presión variable:*

*Se deberá planificar 1 bomba de succión continua (succionador continuo) por cada quirófano implementado.*

Este equipo tiene las mismas especificaciones y requerimientos mínimos que los indicados para el caso del succionador continuo en un C.Q.C. Tipo, por lo que se deberá referir en cuanto a sus especificaciones mínimas al subcapítulo 3.1.2. y a la Figura 2.1.2.o. (Capítulo II) para una referencia visual.

*Bomba de infusión:*

*Se deberá planificar al menos 1 bomba de infusión por cada quirófano implementado.*

Este equipo, como en el caso de la bomba portátil de succión, tiene las mismas especificaciones que las indicadas en el caso del C.Q.C. Tipo, por lo que se deberá referir en cuanto a sus especificaciones mínimas al capítulo 3.1.2. y a la Figura 2.1.2.p. para una referencia visual.

*Equipos de apoyo:*

Estos equipos brindarán el apoyo necesario y la asistencia requerida en un Centro Quirúrgico Central y, como tal, tendrán las mismas especificaciones técnicas y requerimientos mínimos que los indicados para el caso del C.Q.C. Tipo, aunque en algunos casos serán de las mismas especificaciones que no se podrán reducir, para otros casos sí se podrá reducirlas.

☼ *Equipo de Rayos X móvil:*

No existe variación en cuanto a características técnicas, ni en cantidad, ya que este tipo de equipos es muy necesario para el diagnóstico y/o confirmación de resultados pre y post operatoria.

*Se deberá planificar un Equipo de Rayos X móvil para todo el C.Q.C.*

☼ *Equipo de Rayos X arco en C para fluoroscopia:*

No existe variación en cuanto a características técnicas, ni en cantidad, ya que este tipo de equipos es muy necesario para el diagnóstico y/o confirmación de resultados pre y post operatoria.

*Se deberá planificar un Equipo de Rayos X arco en C para todo el C.Q.C.*

☼ *Procesadora automática de películas radiográficas:*

No existe variación en cuanto a características técnicas, ni en cantidad, ya que este tipo de equipos es muy necesario para la asistencia y complementación de las tareas de los Equipos de Rayos X móvil y arco en C indicados anteriormente, en cuanto al revelado de las películas radiográficas tomados en éstos.

*Se deberá planificar una Procesadora Automática de películas radiográficas para todo el C.Q.C.*

☼ *Monitor móvil con electrocardiografía, registro en papel y desfibrilador/cardioversor.*

*Se deberá planificar un monitor móvil para todo el C.Q.C.*

☼ *Autoclave eléctrico.*

La capacidad y potencia de consumo son diferentes; ya que en un C.Q.C. Básico no se tiene que esterilizar tanto material como para el caso del C.Q.C. Tipo.

Se deberá planificar un Autoclave eléctrico para todo el C.Q.C.

Deberá cumplir los siguientes requerimientos mínimos:

AUTOCLAVE ELÉCTRICO:	
Temperatura de esterilización:	121°C – 1.2 Kg/cm <sup>2</sup> .
Capacidad de cámara:	65 litros.
Tamaño mínimo de la cámara:	Diámetro: 350mm Profundidad: 660mm
Control electrónico con programas de esterilización para:	Instrumental Ropa Caucho esterilizable Programable para otro material.
Display:	Tiempo transcurrido Temperatura alcanzada Presión de cámara Presión de camisa
REQUERIMIENTOS ELÉCTRICOS:	
Tensión y frecuencia nominales	220V/380V 3Ø – 60Hz.
Potencia requerida:	5 KVA
Tolerancia en tensión	± 10 %
Tipo de protección contra descargas eléctricas	Tipo I
Grado de protección contra descargas eléctricas	Grado B
REQUERIMIENTOS DE INSTALACION:	
Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado B, se deberá instalar al panel de distribución de energía en el tomacorriente que tenga el sistema de alimentación eléctrico no aislado con buena instalación de tierra. Deberá tener una conexión de tipo fija con un breaker trifásico. Adicionalmente se deberá proveer de una toma de agua potable para la entrada del equipo, y un desagüe para la evacuación del agua y vapor.	

Si bien el equipamiento necesario para un quirófano general de un C.Q.C. Básico es el que se acaba de describir, para cada quirófano de especialidad se deberá incrementar ciertos equipos, paquetes de instrumental y accesorios propios de cada quirófano de especialidad, como fue en el caso del C.Q.C. Tipo.

Para el caso del C.Q.C. Básico, en el tema referente a la Video Cirugía, ésta se podrá implementar si es que su costo de implementación no es tan alto. Un sistema de video cirugía para cualquiera de las disciplinas indicadas en el C.Q.C. Tipo es medianamente costoso, aunque por requerimientos de cirugía se lo puede implementar.

### 3.3.3. Instalaciones centralizadas.

Las instalaciones centralizadas, por su costo, serán reemplazadas por sistemas de suministros localizados en cada paciente, pudiendo ser, minicentrales contiguas a los Quirófanos que utilizan tanques de suministro de gas concentrados con manifold distribuidor, o tanques del gas a suministrar localizados en cada quirófano. Así, a continuación, se describen los suministros de los gases necesarios para un C.Q.C. Básico, con las mismas especificaciones, en lo que tiene que ver con su calidad, que las dadas para el C.Q.C. Tipo.

#### *Oxígeno:*

Se deberá asegurar la provisión de oxígeno mediante botellas de 12 m<sup>3</sup> de capacidad con mano-reductores de presión, que proveerán oxígeno medicinal 100% puro y presión de 50 PSI, para que puedan conectarse directamente los equipos médicos, o mediante flujómetros reductores de presión y controladores de flujo con humidificadores graduables o fijos, al paciente para su provisión regulada de oxígeno a mascarillas o bigoterías, según sea el caso.

Cada quirófano contará con dos botellas de oxígeno para provisión de oxígeno para cada paciente, una para el funcionamiento de la máquina de anestesia y la otra para el uso directo al paciente con los flujómetros supracitados.

Se deberá prever una reserva de varias botellas de oxígeno, para el caso de que se agote la botella de suministro normal.

*Vacío o succión:*

El suministro de vacío o succión debe realizarse mediante bombas móviles de succión (succionadores portátiles) en número que se considere necesario, los que deben poseer la facultad de también variar el nivel de presión negativa (vacío). Las especificaciones técnicas de estas succiones son las mismas que las ya indicadas para el C.Q.C. Tipo.

Presión negativa (vacío) variable entre: 0 – 750 mmHg.

Las bombas de succión tipo termótico deben ser de dos presiones fijas: 90 y 120 mmHg como las que se describió en los equipos de apoyo.

*Oxido Nitroso:*

Se deberá asegurar la provisión de óxido nitroso mediante botellas de 12 m<sup>3</sup> de capacidad con mano-reductores de presión, que proveerán óxido nitroso 100% puro y presión de 50 PSI, para que puedan conectarse directamente los equipos médicos.

Cada quirófano contará con una botella de óxido nitroso para el funcionamiento de la máquina de anestesia.

Se deberá prever una reserva de varias botellas de óxido nitroso, para el caso de que se agote la de alimentación normal.

*Aire Comprimido:*

Se deberá asegurar la provisión de aire comprimido mediante botellas de 12 m<sup>3</sup> de capacidad con mano-reductores de presión, que proveerán aire comprimido medicinal 98% puro, seco, filtrado (0,1μ), limpio de aceite y polvo y libre de agentes patógenos, a una presión de 50 PSI para que puedan conectarse directamente los equipos médicos.



Cada quirófano contará con una botella de aire comprimido para el funcionamiento de un ventilador volumétrico de la máquina de anestesia.

Se deberá prever una reserva de varias botellas de aire comprimido, para el caso de que se agote la de alimentación normal.

#### *Instalaciones eléctricas:*

La red eléctrica debe planificarse con el mismo especial cuidado indicado para el C.Q.C. Tipo.

Las posibles variaciones para un C.Q.C. Básico se indican a continuación:

- Para la despolarización, se mantendrá su vigilancia de la misma manera, pero prestando más atención a esto pues se plantea la posibilidad de eliminar un sistema de protección, situación que se analizará a continuación, luego de indicar la otra variante.
- Los problemas de fugas de corriente serán únicamente solventados por el sistema de tierra arriba referido, si se decide eliminar el sistema aislado. Esta recomendación no es la más óptima, pero el reemplazo por un sistema más económico no existe.

En este punto, como en el caso de una U.T.I., se deberá hacer un análisis completo de la situación, tomando en cuenta el factor riesgo para el paciente contra el factor económico. Este trabajo recomienda y a la vez exige no eliminar los sistemas aislados, sino en caso extremo del factor económico, siendo este factor real y no un aparente, es decir, si existe una carencia del factor económico se deberá pensar primero en la posibilidad de no crear el Centro Quirúrgico Central, ya que la seguridad eléctrica encomendada solamente al sistema de tierras no es tan efectiva por los antecedentes expuestos en todo el análisis hasta ahora elaborado.

*Sistema de iluminación:*

El sistema de iluminación en el Centro Quirúrgico Central Básico se regirá por las mismas recomendaciones que las indicadas para el C.Q.C. Tipo, sin embargo, si se obliga su reducción por el factor económico, se puede realizar la implementación del sistema de iluminación con una sola intensidad.

*Sistema de comunicación:*

El sistema de comunicación en el Centro Quirúrgico Central Básico se regirá por las mismas recomendaciones que las indicadas para el C.Q.C. Tipo. La reducción de costo estaría dada por el establecimiento de la comunicación exclusivamente entre el Centro Quirúrgico Central y el exterior.

#### 3.3.4. Sistemas contra incendios.

Se recomienda el uso exacto de las exigencias e indicaciones realizadas para el Centro Quirúrgico Central Tipo, excepto en el caso de la salida de emergencia, ya que en esta situación, se deberá evacuar a los pacientes y al personal médico y auxiliar por el acceso principal.

### 3.4. Análisis comparativo.

Una vez establecida la definición y propuesta de diseño para el Centro Quirúrgico Central Tipo y Básico, se deberá establecer claramente lo que se está sacrificando al convertir un C.Q.C. Tipo en Básico. Para esto se analizará a continuación todos los parámetros comprometidos en los cambios, estableciéndose así las diferencias fundamentales. Además, se pretende, como en el caso de la U.T.I., realizar un compendio resumen al que se pueda acceder fácilmente para cuando el lector ya lo haya leído, pueda consultarlo rápidamente sin tener que analizar todo el contexto de las dos propuestas del C.Q.C. Tipo y el C.Q.C. Básico.

#### 3.4.1. Recursos físicos.

CENTRO QUIRURGICO CENTRAL TIPO	CENTRO QUIRURG. CENTRAL BASICO
<b>PLANTA FISICA:</b>	
Un quirófano por cada 50 camas. El CQC no deberá ser mayor de 10 quirófanos.	Tamaño mínimo justificable: 4 quirófanos
Ubicación cercana a los servicios de urgencia del hospital: Admisión Hospitalaria, Unidad de Terapia Intensiva, Terapia Intermedia, Respiratoria, Recuperación, Central de Esterilización, Imagenología y Laboratorio especializado.	Idem
Area promedio para cada quirófano: 30 m <sup>2</sup>	Area mínima para 4 quirófanos: 450 m <sup>2</sup> Area promedio para cada quirófano: 30 m <sup>2</sup>
2 Quirófanos de Emergencia	Al menos un quirófano de Emergencia.
Quirófano del Hospital del Día	No existe y será el quirófano de emergencia.
Quirófanos periféricos: Otorrinolaringología, Oftalmología, Endoscopia y Sala de Yesos en el Servicio de Traumatología.	No existen. Se concentra en el C.Q.C.
Estación de enfermería.	Estación de enfermería compartida.
Salida de emergencia.	No existe una salida de emergencia independiente. Deberá realizarse la evacuación por el acceso principal.
Areas separadas para depósito de material, equipos, medicamentos, cuarto séptico (aislamiento), ropería, servicios sanitarios y cuarto de aseo.	Areas para depósito de material, equipos, medicamentos, ropería, servicios sanitarios y cuarto de aseo distribuidas en dos ambientes. Posibilidad de que no exista el cuarto séptico (aislamiento). Oficinas para coordinación médica y secretaría se compartirán con Jefatura de CQC.
Oficinas para coordinación médica y secretaría.	Idem
Quirófanos deben ser oscuros, temperatura graduable entre 20 y 24°C y humedad de 60%, con extracción de gases en la parte inferior.	Idem
Pisos y sistema eléctrico a prueba de explosión y corredor común a ellos.	Idem
Ambientes totalmente estériles, por lo que el personal médico y auxiliar deberá ingresar a él	Idem

con ropa estéril.	
Cada quirófano debe tener un área de lavado de cirujanos y personal auxiliar y de lavado de instrumental.	Area de lavado de cirujanos, personal auxiliar y lavado de instrumental estará compartida por todos los quirófanos y estará ubicada en la parte externa común a éstos.
Cada quirófano dispondrá de un área para depósito de medicamentos, fármacos, instrumental e insumos médicos.	Idem
Area independiente para los equipos portátiles de Rayos X y Procesadora automática de películas.	Idem
Area de vestidores, duchas, servicios higiénicos y descanso de médicos. Area de vestidores, duchas, servicios higiénicos y descanso para auxiliares.	Area de vestidores, duchas, servicios higiénicos y descanso de médicos y auxiliares, compartido.

- ☼ Un C.Q.C. Básico sacrifica espacio físico, al unificar los ambientes, para reducir costos.
- ☼ La concentración de los quirófanos periféricos y unificación del quirófano de emergencia con el del Hospital del Día, reduce grandemente los costos, sin embargo minimiza la cobertura de cirugías grandes que podrían estar realizándose en estos quirófanos generales en el tiempo que se realiza una cirugía medianamente grande que no pudo realizarse en el de emergencia, o en alguno de los periféricos.
- ☼ La posibilidad de eliminación del cuarto séptico es una situación contraproducente, aunque si se lo hace se deberían extremar las medidas de cuidado.
- ☼ La unificación de las áreas de vestidores, duchas, servicios higiénicos y descanso de los médicos con el de enfermeras abaratará el costo del proyecto, sin embargo creará una incomodidad al tener que turnarse el personal para efectuar estas funciones, manteniendo la separación de hombres y mujeres.

Es decir, al reducir el espacio físico, de una forma planificada, es posible tener todavía un C.Q.C. Básico pero a menor costo, aunque con menor cobertura simultánea de atención en las cirugías.

## 3.4.2. Recursos de equipamiento médico.

CENTRO QUIRURGICO CENTRAL TIPO	CENTRO QUIRURGICO CENTRAL BASICO
<b>Máquina de anestesia:</b>	
Cantidad planificada: 1 máquina por cada quirófano implementado	Idem
Vaporizadores: Halothane. Control entre 0.2 a 4% vol. Ethrane. Control entre 0.2 a 5% vol. Isoflurane. Control entre 0.2 a 5% vol. Sevorane. Control entre 0.2 a 5% vol. Deben ser del tipo de enganche rápido por efectos de intercambiabilidad. Doble enganche en serie (opcional).	Idem       No existe
Ventilador: Volumétrico ciclado por tiempo a volumen constante. Fuerza motriz: neumática y/o eléctrica. Ajustes: VT: 20 a 160ml con bellows para niños 100 a 1250ml con bellows para adultos F: 5 a 60 1/min $\pm$ 15% Vinsp.: 20 a 80 lpm Flujo de trabajo: 6 a 120 lpm Presión de trabajo máxima: 75 mbar, ajustado fijo. Trigger: 1 a 5 mbar. I:E: 1:1, 1:2, 1:3 $\pm$ 20% ajustable	Idem
Bloque de rotámetros: O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O y aire, siendo de O <sub>2</sub> y N <sub>2</sub> O de doble columna (tubos de aforo de caudal conectados en serie). Para O <sub>2</sub> las columnas pueden ser: 0.1 a 2 lpm 2.5 a 15 lpm Para N <sub>2</sub> O las columnas pueden ser: 0.05 a 1 lpm 1.25 a 10 lpm Para aire: 0.8 a 15 lpm ORC, Sistema de seguridad para garantizar concentración mínima de 25% de O <sub>2</sub> : $\geq$ 0.6 lpm de flujo de O <sub>2</sub> . Corte de N <sub>2</sub> O si falla el suministro de O <sub>2</sub> : al pasar por debajo de una presión de suministro de O <sub>2</sub> de 2.0 bar debe accionarse, durante 7 segundos, una alarma acústica no desconectable. Si la presión sigue cayendo a 1.4 bar aproximadamente, el suministro de N <sub>2</sub> O debe ser estrangulado hasta llegar al bloqueo total, cuando la presión de O <sub>2</sub> es de unos 0.4 bar. Al aumentar de nuevo la presión de suministro de O <sub>2</sub> debe establecerse a partir de 2.7 bar la disposición de servicio de la alarma. Bypass para oxígeno de emergencia. Testigo de conexión de gases a red.	Idem
Sistema de paciente: Válvula de limitación de presión y manómetro indicador. Presión de la vía aérea PAW. Regulable entre 2 a 80 mbar. Válvula de PEEP integrada. Regulable entre 0 a 15 mbar $\pm$ 20% Compliance interna: < 4ml/mbar Resistencia espiratoria: < 6 mbar para 60 lpm Resistencia inspiratoria: < 6 mbar para 60 lpm Ventilación manual mediante sistema de Magill a través de máquina o acoplable a mascarilla.	Idem

Grado BF	
<b>REQUERIMIENTOS DE INSTALACION:</b>	
Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado BF, se deberá instalar al panel de distribución de energía en el tomacorriente que tenga el sistema de alimentación eléctrico aislado con buena instalación de tierra.	Idem

- ☼ Iniciar con un sistema de monitores simple con módulos para vigilar dos o tres parámetros.
- ☼ El mostrar varios valores en pantalla encarece el costo y se puede prescindir, opciones que la tecnología actual las brinda, pero su costo las imposibilita.
- ☼ No existe reducción en cantidad. Es necesario que cada paciente esté siendo monitorizado continuamente sus parámetros vitales y no existe ninguna posibilidad de que dos pacientes compartan el mismo monitor, posibilidad tanto técnica referente al equipo, como de seguridad eléctrica.

CENTRO QUIRURGICO CENTRAL TIPO	CENTRO QUIRURG. CENTRAL BASICO
<b>Mesa de cirugía universal, con accesorios:</b>	
Cantidad planificada: 1 mesa de cirugía por cada quirófano implementado	Idem.
Tipo de accionamiento: Mecánico o eléctrico. Si es del tipo eléctrico (preferible por facilidad de accionamiento), deberá contemplar las condiciones de seguridad eléctrica necesarias para salvaguardar la integridad del paciente.	Mecánico
Movimientos: Trendelemburg (inclinación hacia anestesista) Fowler (inclinación contraria a anestesista) Lateralidad izquierda y derecha Ascenso y descenso de mesa completa Ascenso y descenso de cabecera Ascenso y descenso de pies Ascenso y descenso de cadera (para riñón). Ascenso y descenso de espalda Accionamiento de ascenso y descenso de barra de columna.	Idem
Accesorios: Brazos accesorios sujetadores de brazos del paciente. Barra portadora de campo quirúrgico superior. Correa sujetadora de paciente para fijarlo a la mesa. Colchonetas antiestáticas de vinyl conductivo. Garruchas de vinyl conductivo.	Idem
Adicionales: debe ser Radio OP. Piernas (si el caso lo requiere). Soportes de hombros para cirugías posición Trendelemburg.	Idem
<b>Requerimientos eléctricos:</b>	
Tensión y frecuencia nominales: 110V/120V – 60Hz	Mesa mecánica
Tolerancia de tensión: $\pm 10\%$	
Tipo de protección contra descargas eléctricas: Tipo I	Idem
Grado de protección contra descargas eléctricas: Grado BF	Idem
<b>REQUERIMIENTOS DE INSTALACION</b>	
Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado BF, se deberá instalar al panel de distribución de energía en la sección que tenga el sistema de alimentación eléctrico aislado con buena instalación de tierra. Este equipo deberá tener una conexión fija, es decir, tendrá conexión permanente (sin enchufe) al tablero de distribución.	Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado BF, deberá tener una conexión fija, es decir, tendrá conexión permanente (sin enchufe) al tablero de distribución, en la toma de tierra para dar un camino de superficie equipotencial como el suelo del quirófano.

- ✱ La facilidad del accionamiento eléctrico puede prescindirse utilizando un accionamiento mecánico.
- ✱ Los requerimientos eléctricos para la instalación de los dos tipos de mesas de cirugía cambian debido al tipo de accionamiento que tiene cada una, aunque las dos deben conectarse al sistema de superficie equipotencial del quirófano.

## CENTRO QUIRURGICO CENTRAL TIPO / CENTRO QUIRURG. CENTRAL BASICO

Unidad electroquirúrgica (electrobisturí):	
Cantidad planificada: 1 electrobisturí por cada quirófano implementado	Idem
Modos de operación: <b>Monopolar:</b> Corte puro: 0-400 W Coagulación pura: 0-180 W Blend: de acuerdo a corte y coagulación. <b>Bipolar:</b> Corte puro: 0-350 W Coagulación pura: 0-150W Blend: de acuerdo a corte y coagulación.	Idem
Tipo de aplicación: Puntual (Pin point) Esparcido (Spray)	Idem
Activación: Mediante pulsadores manuales en mango descartable o reusable (Hand switch), para corte (CUT) o coagulación (COAG.). Mediante pedal para mango reusable o descartable (Foot switch), para corte (CUT) o coagulación (COAG.)	Idem
Alarmas: Audible y visual en caso de ausencia de placa de paciente para el caso monopolar. Audible y visual para indicar ausencia de electrodo bipolar.	Idem
Requerimientos eléctricos:	
Tensión y frecuencia nominales: 110V/120V – 60Hz.	Idem
Tolerancia de tensión: $\pm 10\%$	Idem
Tipo de protección contra descargas eléctricas: Tipo I	Idem
Grado de protección contra descargas eléctricas: Grado CF	Idem
REQUERIMIENTOS DE INSTALACION	
Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado CF, se deberá instalar al panel de distribución de energía en el tomacorriente que tenga el sistema de alimentación eléctrico aislado con buena instalación de tierra.	Idem

- ☼ Es un equipo en el que no puede abaratare su costo, a no ser que se opte por un equipo de menor potencia, comprometiendo allí el alcance del tipo de cirugías que se pueden realizar, como en el caso de una RTU.
- ☼ No existe reducción en cantidad, pues es necesario que cada quirófano disponga de un electrobisturí durante la cirugía.



CENTRO QUIRURGICO CENTRAL TIPO	CENTRO QUIRURGICO CENTRAL BASICO
<b>Bomba portátil de succión de presión variable:</b>	
Cantidad planificada: Variable: 1 succión por cada quirófano implementado. Termótica: 1 succión por cada 3 quirófanos implementados.	Variable: 1 succión por cada quirófano implementado. Termótica: 1 succión para toda el C.Q.C.
<b>OPERATIVOS:</b>	
<b>Modo de trabajo: succión continua variable:</b>	Idem
Regulación de presiones: entre 0 a 750 mmHg.	Idem
Almacenamiento de líquido succionado: Botellas de 4 litros tipo irrompible	Idem
<b>Modo de trabajo: Termótica intermitente:</b>	Idem
Regulación de presiones: Conmutación entre 0 - 90 y 120 mmHg.	Idem
Almacenamiento de líquido succionado: Botellas de 4 litros tipo irrompible	Idem
<b>REQUERIMIENTOS ELÉCTRICOS:</b>	
Tensión y frecuencia nominales: 110V/120V – 60Hz	Idem
Tolerancia de tensión: $\pm 10\%$	Idem
Tipo de protección contra descargas eléctricas: Tipo I	Idem
Grado de protección contra descargas eléctricas: Grado B	Idem
<b>REQUERIMIENTOS DE INSTALACIÓN:</b>	
Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado B, se deberá instalar al panel de distribución de energía en el tomacorriente que tenga el sistema de alimentación eléctrico no aislado con buena instalación de tierra.	Idem

- \* En referencia a las especificaciones mínimas no existe cambio. En lo que respecta a la cantidad hay variación, pues para el C.Q.C. Básico se sugiere una succión tipo termótica para toda el C.Q.C., mientras que para el caso de la succión continua variable es igual en ambos casos. Se debe recordar que para el caso de las bombas de succión, éstas van asignadas para eliminar los residuos de sangre, orina o secreciones de los pacientes.

CENTRO QUIRURGICO CENTRAL TIPO	CENTRO QUIRURG. CENTRAL BASICO
<b>Bomba de infusión:</b>	
Cantidad planificada: 1 bomba por cada quirófano implementado.	Idem
<b>OPERATIVOS:</b>	
Modos de operación: Automática y manual para casos eventuales.	Idem
Volumen de suministro controlado: 0 a 1999 ml en pasos de 1 ml.	Idem
Tiempo de suministro: 1 minuto a 60 horas en pasos de 1 minuto.	Idem
Valores digitales: Volumen a administrar Tiempo a administrar Velocidad de administración Volumen faltante Tiempo faltante	Idem
Alarmas: Audible y visual Burbuja en la línea Puerta abierta (si la tiene) Operación solo con batería Falla de sistema No corresponde lo administrado con el flujo medido.	Idem
<b>Requerimientos eléctricos:</b>	
Tensión y frecuencia nominales: 110V/120V – 60Hz En caso de falla, deberá disponer de baterías recargables para suministro de energía de por lo menos 1 hora.	Idem
Tolerancia de tensión: $\pm 10\%$	Idem
Tipo de protección contra descargas eléctricas: Tipo I	Idem
Grado de protección contra descargas eléctricas: Grado B	Idem
<b>REQUERIMIENTOS DE INSTALACION:</b>	
Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado B, se deberá instalar al panel de distribución de energía en el tomacorriente que tenga el sistema de alimentación eléctrico no aislado con buena instalación de tierra.	Idem

Equipos de apoyo:

**CENTRO QUIRÚRGICO CENTRAL TIPO - CENTRO QUIRÚRG. CENTRAL BASICO**

<b>Equipo de Rayos X móvil:</b>	
Cantidad planificada: 1 Equipo de Rayos X móvil para todo el C.Q.C.	Idem
Valores de kilovoltaje (KV): De 30 a 125 KVpp, seleccionables.	Idem
Valores de miliamperaje (mA): 25, 50, 100 para foco fino 200, 300 mA para foco grueso seleccionables.	Idem
Valores de tiempo (s): 0.01 hasta 3 seg.	Idem
Accionamiento de compensación de línea: Compensación de línea para valores superiores e inferiores.	Idem
Accesorios: Rejilla antidifusora. Colimador manual o automático. Disparador a distancia del equipo. Ruedas de vinyl conductivo.	Idem
Corriente de conexión nominal: 10 A para 220V 16 A para 110V	Idem
Potencia suministrada: 1.6 KW según DIN 6822	Idem
Tiempo de conexión relativo: 1:20	Idem
Tipo de régimen: Régimen de corta duración, según factores de exposición.	Idem
<b>Requerimientos eléctricos:</b>	
Tensión y frecuencia nominales: 110V/120V – 60Hz En caso de falla, deberá disponer de baterías recargables para suministro de energía.	Idem
Tolerancia de tensión: $\pm 10 \%$	Idem
Tipo de protección contra descargas eléctricas: Tipo I	Idem
Grado de protección contra descargas eléctricas: Grado BF.	Idem
<b>REQUERIMIENTOS DE INSTALACION</b>	
Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado BF, se deberá instalar al panel de distribución de energía en el tomacorriente exclusivo (Figura 2.1.1.j. y tablero de distribución Figura 2.1.1.i indicado en el Capítulo II) previstos para este equipo con buena instalación de tierra.	Idem

CENTRO QUIRURGICO CENTRAL TIPO	CENTRO QUIRURG. CENTRAL BASICO
<b>Equipo de Rayos X: arco en C. para fluoroscopia:</b>	
Accionamiento de compensación de línea: Compensación de línea para valores superiores e inferiores.	Idem
Accesorios: Monitor de 19 pulgadas. Pedal para accionamiento de fluoroscopia a distancia. Disparador a distancia del equipo para radioscopia. Ruedas de vinyl conductivo.	Idem
Generador de Rayos X: Generador convertidor a CC	Idem
Puntos focales del tubo de Rayos X: Anodo estacionario de foco doble 0.6 y 1.8 (según IEC 336).	Idem
<b>SISTEMA DE FLUOROSCOPIA:</b>	
Intensificador de imágenes: Modelo de absorción cuántica elevada de 15 cm con salida de fibra.	Idem
Tubo de la cámara de TV: VIDICON con entrada de fibra.	Idem
Acoplamiento óptico entre el intensificador de imágenes y el tubo de la cámara de TV: Fibra de vidrio fotoconductor.	Idem
Distancia fuente a receptor de imágenes: 90 cm	Idem
Regulación de la dosis: Regulación automática y simultánea de kV/ma con recursos de bloqueo y anulación manual.	Idem
Escala de kV/ma: De 0,1 mA a 40 kV a 3mA a 100 kV.	Idem
Punto focal: 0.6	Idem
Rejilla: Rejilla circular fija, 44 líneas/cm, relación 8, DFR=90 cm.	Idem
<b>RADIOGRAFIA:</b>	
Corriente del tubo: Fija, 20 mA	Idem
Voltaje del tubo: De 40 a 100 kV. Ajustable en pasos de 5kV.	Idem
Tiempo de exposición: De 10 ms a 4.0 s pasos ajustables.	Idem
Foco: 1.8	Idem
Presentación de los parámetros radiográficos: Presentación digital del voltaje del tubo (kV) y del mAs.	Idem
Colimador: Si el diafragma iris se ajustó a menos de 15 cm durante la fluoroscopia, permanece así a menos que se cancele. Se deberán poder seleccionar campos circulares de $\leq 15, 30$ ó 40 cm.	Idem
Portachasis giratorio: Debe ser apto para chasis y chasis con rejilla de 24 x 30 y 20 x 40 cm. Relación 10,44 líneas/cm, DBF=90cm.	Idem
Filtración inherente: 3 mm Al a 75 kV	Idem
Factor de escape de radiación: 100 kV <sub>cc</sub> , 0.6 mA (2160 mAs/h).	Idem
Corriente de fugas a tierra: Menor de 100 $\mu$ A	Idem
<b>Requerimientos eléctricos:</b>	
Tensión y frecuencia nominales: 110V/120V –	Idem

60Hz En caso de falla, deberá disponer de baterías recargables para suministro de energía.	
Tolerancia de tensión: $\pm 10\%$	Idem
Resistencia de la red y fusibles: Tensión Resistencia Fusibles de la red máxima de a usar la red (lentos)	Idem
110V 0.15 $\Omega$ 30 A	
120V 0.18 $\Omega$ 30 A	
127V 0.20 $\Omega$ 30 A	
190V 0.45 $\Omega$ 20 A	
208V 0.54 $\Omega$ 20 A	
220V 0.60 $\Omega$ 16 A	
240V 0.72 $\Omega$ 16 A	
Tipo de protección contra descargas eléctricas: Tipo I	Idem
Grado de protección contra descargas eléctricas: Grado BF.	Idem
<b>REQUERIMIENTOS DE INSTALACION</b>	
Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado BF, se deberá instalar al panel de distribución de energía en el tomacorriente exclusivo (Figura 2.1.1.j. y tablero de distribución Figura 2.1.1.i indicado en el Capítulo II) previstos para este equipo con buena instalación de tierra.	

**CENTRO QUIRURGICO CENTRAL TIPO CENTRO QUIRURG. CENTRAL BASICO**

<b>Procesadora automática de películas radiográficas:</b>	
Cantidad planificada: 1 procesadora automática de películas radiográficas para todo el C.Q.C.	Idem
Tiempo de revelado: 90 seg. para placas 14 x 17.	Idem
Líquidos utilizados: Revelador Fijador Agua	Idem
<b>Requerimientos eléctricos:</b>	
Tensión y frecuencia nominales: 110V/120V – 60Hz.	Idem
Tolerancia de tensión: $\pm 10\%$	Idem
Tipo de protección contra descargas eléctricas: Tipo I	Idem
Grado de protección contra descargas eléctricas: Grado B.	Idem
<b>REQUERIMIENTOS DE INSTALACION</b>	
Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado B, se deberá instalar al panel de distribución de energía en el tomacorriente que tenga el sistema de alimentación no aislado con buena instalación de tierra. Adicionalmente se deberá proveer de una toma de agua potable para la entrada del equipo, y un desagüe para la evacuación de los líquidos procesados.	

CENTRO QUIRURGICO CENTRAL TIPO	CENTRO QUIRURG. CENTRAL BASICO
<b>Monitor móvil con cardioscopía, registro en papel y desfibrilador/cardioversor:</b>	
Cantidad planificada: 1 monitor móvil por cada tres quirófanos implementados.	1 monitor para todo el C.Q.C.
<b>MÓDULO MONITOR:</b>	
Medición de parámetros: ECG. Con selección de derivaciones: I, II, III, AVR, AVL, AVF y C. Onda y valor digital. Respiración. Onda y valor digital. Presión invasiva (IBP). Con selección de valores: Sistólica, Diastólica, Media, Sistólica/Diastólica alternada. Onda y valor digital.	Idem
Señales visibles de parámetros: Al menos 2 señales simultáneamente	Idem
Valores digitales de señales: Al menos 2 displays de valores digitales	Idem
Alarmas: Audible y visual Definición de límites superiores e inferiores para cada parámetro monitorizado.	Idem
Memoria: Almacenamiento de datos de parámetros para consulta posterior en trend o lista de documentación.	Idem
<b>MÓDULO DE REGISTRO EN PAPEL:</b>	
Tipo de papel: De un canal.	Idem
Tipo de registro en papel: Puede ser por pluma y papel termosensible o mediante matriz en papel termosensible.	Tipo de registro en papel: Puede ser por pluma y papel termosensible.
Tipo de registro: ECG y presión seleccionada en papel, de paciente seleccionado en modo manual desde el monitor, o en modo automático cuando se ha violado algún límite de alarma, marcando los datos de fecha, hora. Memorización de hasta 7 alarmas en caso de registro ocupado.	Tipo de registro: ECG y presión seleccionada en papel, de paciente seleccionado en modo manual desde el monitor, o en modo automático cuando se ha violado algún límite de alarma, marcando los datos de fecha, hora.
<b>MODULO DESFIBRILADOR/CARDIOVERSOR:</b>	
Pulso: Monofásico, 3.2 ms de ancho a 50% de amplitud sobre una carga de 50Ω a 360 Joules.	Idem.
Tiempo de carga: energía máxima en 10 seg.	Idem.
Energía de salida: 0-400 Joules variables en pasos de 5.	Idem.
Aplicación mediante: Paletas redondas para adultos y para niños. Paletas deben ser sensibles para captar el complejo QRS cardíaco del paciente.	Idem.
Métodos de operación: Manual y automática sincronizado el disparo con la onda R.	Idem.
Descarga: Si no se usa la energía cargada debe descargarse mediante un circuito de descarga interna del equipo.	Idem.
Alarmas: Audible y visual Definición de límites superiores e inferiores para cada parámetro monitorizado.	Idem.
Temperatura de operación: 0 a 40°C	Idem.
<b>REQUERIMIENTOS ELECTRICOS PARA MODULOS INDICADOS:</b>	
Tensión y frecuencia nominales: 110V/120V – 60Hz En caso de falla, deberá disponer de baterías recargables para suministro de energía de por lo menos 1 hora.	Idem.
Tolerancia de tensión: ± 10 %	Idem.
Tipo de protección contra descargas eléctricas: Tipo I	Idem.
Grado de protección contra descargas	Idem.

eléctricas: Grado CF	
<b>REQUERIMIENTOS DE INSTALACION:</b>	
Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado CF, se deberá instalar al panel de distribución de energía en el tomacorriente que tenga el sistema de alimentación eléctrico aislado con buena instalación de tierra.	Idem

- ☼ En el módulo de registro en papel, la limitación a pluma térmica y eliminación de memoria de eventos, reduce el costo.
- ☼ La reducción de su número en cantidad proporcional, implicará una reducción en costo, ya que para el caso de un C.Q.C. Básico solamente se necesita de una unidad.

CENTRO QUIRÚRGICO CENTRAL TIPO	CENTRO QUIRÚRG. CENTRAL BÁSICO
<b>Autoclave eléctrico:</b>	
Cantidad planificada: 1 Autoclave eléctrico para todo el C.Q.C.	Idem
Temperatura de esterilización: 121°C – 1.2 Kg/cm <sup>2</sup> .	Idem
Capacidad de cámara: 360 litros.	65 litros
Tamaño mínimo de la cámara: Diámetro: 600mm Profundidad: 1300mm	Diámetro: 350mm Profundidad: 660mm
Control electrónico para programas de esterilización para: Instrumental Ropa Caucho esterilizable Programable para otro material.	Idem
Display: Tiempo total de esterilización Tiempo transcurrido Temperatura alcanzada Presión de cámara Presión de camisa Estado de ciclo de esterilización	Idem
<b>REQUERIMIENTOS ELÉCTRICOS PARA MÓDULOS INDICADOS:</b>	
Tensión y frecuencia nominales: 220V/380V 3Ø – 60Hz. En caso de falla, deberá disponer de baterías recargables para suministro de energía de por lo menos 1 hora.	Idem
Potencia requerida: 30 KVA	5 KVA
Tolerancia de tensión: ± 10 %	Idem
Tipo de protección contra descargas eléctricas: Tipo I	Idem
Grado de protección contra descargas eléctricas: Grado B	Idem
<b>REQUERIMIENTOS DE INSTALACION:</b>	
Este equipo, debido a que es del Tipo I y Grado B, se deberá instalar al panel de distribución de energía en el tomacorriente que tenga el sistema de alimentación eléctrico no aislado con buena instalación de tierra. Deberá tener una conexión de tipo fija con un breaker trifásico. Adicionalmente se deberá proveer de una toma de agua potable para la entrada del equipo, y un desagüe para la evacuación del agua y vapor.	Idem

- ☼ No existen variaciones en cantidad, aunque en capacidad y potencia de consumo es posible que si existen, ya que en un C.Q.C. Básico no se tiene que esterilizar tanto material como para el caso del C.Q.C. Tipo.



## 3.4.3. Instalaciones centralizadas.

CENTRO QUIRURGICO CENTRAL TIPO	CENTRO QUIRURG. CENTRAL BASICO
<b>OXIGENO CENTRAL</b>	<b>OXIGENO</b>
1 toma rápida de pared a 1.60 mts. en cada quirófano.	2 botellas de oxígeno de 12 m <sup>3</sup> de capacidad con mano-reductores de presión para cada quirófano.
Oxígeno medicinal 100% puro. Presión: 50 PSI.	Oxígeno medicinal 100% puro. Presión: 50 PSI obtenida mediante los mano-reductores de presión.
Reserva: varias botellas de oxígeno	Reserva: varias botellas de oxígeno.
<b>SISTEMA DE VACIO O SUCCION CENTRAL</b>	<b>VACIO O SUCCION</b>
Presión negativa variable entre: 0 a 750 mmHg	Bombas móviles de succión (succionadores portátiles) con presión negativa variable entre: 0 a 350 mmHg.
1 toma tipo manguera de vacío para cada quirófano.	
Reserva: bombas móviles de succión	Reserva: bombas móviles de succión
Bombas de succión tipo termótico con dos presiones fijas: 90 y 120 mmHg.	Bombas de succión tipo termótico con dos presiones fijas: 90 y 120 mmHg.
<b>OXIDO NITROSO</b>	<b>OXIDO NITROSO</b>
1 toma rápida de pared a 1.60 mts. en cada quirófano.	1 botella de óxido nitroso de 12 m <sup>3</sup> de capacidad con mano-reductor de presión para cada quirófano.
Oxido nitroso medicinal 100% puro. Presión: 50 PSI.	Oxido nitroso medicinal 100% puro. Presión: 50 PSI obtenida mediante los mano-reductores de presión.
Reserva: varias botellas de óxido nitroso	Reserva: varias botellas de óxido nitroso.
<b>SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO</b>	<b>AIRE COMPRIMIDO</b>
1 toma rápida de pared a 1.60 mts. en cada quirófano.	1 botella de aire comprimido de 12 m <sup>3</sup> de capacidad con mano-reductor de presión para cada quirófano.
Aire comprimido medicinal 98% puro, seco, filtrado (0.1μ), limpio de aceite y polvo y libre de agentes patógenos. Presión: 50 PSI.	Aire comprimido medicinal 98% puro, seco, filtrado (0.1μ), limpio de aceite y polvo y libre de agentes patógenos. Presión: 50 PSI obtenida mediante el mano-reductor de presión.
Reserva: varias botellas de aire comprimido.	Reserva: varias botellas de aire comprimido.

- ✿ Para el suministro de oxígeno y de óxido nitroso, no se ha eliminado su utilización, ya que es imposible por su función vital. En lugar de esto, se ha reducido los costos de implementación, al cambiar el sistema centralizado por botellas individuales.
- ✿ En el caso del sistema de vacío o succión central, también se ha disminuido el costo de implementación, al reemplazar el sistema centralizado por bombas de succión portátiles.
- ✿ En el caso del sistema de aire comprimido, es el mismo método utilizado que para el de oxígeno.

Estos cambios planteados en cada suministro de gas, deben ser revisados con periodicidad, de acuerdo al incremento de pacientes y/o quirófanos del C.Q.C., pues es posible que por su crecimiento, ya sea económicamente justificable la implementación del suministro central para cada uno de ellos.

CENTRO QUIRURGICO CENTRAL TIPO	CENTRO QUIRURG. CENTRAL BASICO
<b>INSTALACIONES ELECTRICAS</b>	
Tablero de aislamiento con transformador para cada quirófano.	Idem
Sistema de tierra óptimamente diseñado. Resistencia ideal de conexión a tierra: $0.2 \Omega$	Idem
Despolarización combatida mediante dispositivos controladores de: Polaridad invertida (fase con neutro) Intercambio de neutro con tierra Intercambio de fase con tierra Falla de fase Falla de neutro Falla de tierra Este procedimiento se lo deberá realizar antes de conectar cualquier equipo médico a la red eléctrica.	Idem
Fugas de corriente vigiladas por sistemas de aislamiento. Impedancia interna del cuerpo: $500 \Omega$ Corriente máxima de fugas: $10 \mu A$ Voltaje máximo al paciente: $5 mV$ Superficies equipotenciales. Impedancia propia de la instalación: $> 50 K \Omega$ Corriente total de falla: $4.4 mA$ Corriente máxima por el cuerpo de paciente: $0.59 \mu A$ Implementación de monitores LIM	Ninguna posibilidad de eliminar sistema de protección de fugas de corriente que son vigiladas por sistemas de aislamiento. Por lo que se mantiene sistema de aislamiento.

- Del análisis de las normas y requerimientos técnicos de los sistemas de protección eléctrica revisados en el Capítulo I en la sección de Seguridad Eléctrica, se concluye que este trabajo no recomienda en ningún caso la eliminación de los sistemas aislados de protección, como medida de abaratamiento de costos al planificar e implementar un C.Q.C., como se lo indicó anteriormente en el subcapítulo 2.3.3. sección de instalaciones eléctricas para una U.T.I. Básica.

CENTRO QUIRURGICO CENTRAL TIPO	CENTRO QUIRURG. CENTRAL BASICO
<b>SISTEMA DE ILUMINACIÓN</b>	
Iluminación tipo incandescente de una intensidad.	Idem
<b>SISTEMA DE COMUNICACIÓN</b>	
Dentro del C.Q.C.	
Del C.Q.C. con el resto del hospital	Idem.
Del C.Q.C. hacia fuera del hospital	Idem.
Quirófanos y estación de enfermería	
Estación de enfermería y cuartos de médicos de guardia.	
Estación de enfermería y oficina de coordinación del C.Q.C.	En este caso es un solo ambiente.
Estación de enfermería y resto del hospital	
Estación de enfermería y fuera del hospital	

### 3.4.4. Sistemas contra Incendios.

<b>SISTEMAS CONTRA INCENDIOS</b>	
Características del sector: Poca carga de fuego Peligrosidad por equipos eléctricos y electrónicos Pacientes no evacuables C.Q.C. permanentemente atendida con numeroso personal médico.	Idem
Evacuación: Pacientes en caso emergente, salida de emergencia. Personal salidas de pacientes, salida principal	Evacuación: Pacientes en caso emergente y personal médico y auxiliar por salida de acceso principal.
Detección: Detectores de humo Indicadores de acción en dependencias cerradas.	Idem
Extinción: Extintores portátiles manuales en central de enfermería. Amaríos de equipos de manguera a la entrada principal de la unidad.	Idem
Plan de alarma: Pulsadores de alarma en central de enfermería Intercomunicador en central de enfermería conectado al control de la planta baja y central de servicio de extinción del hospital.	Idem
Evacuación de humos: Extracción de humo por cuarto de material sucio.	Idem

- ✱ Para estos sistemas, se mantienen en ambos casos, para el C.Q.C. Tipo y el C.Q.C. Básico, las mismas concepciones de planificación, con ciertas variaciones marcadas para cada sistema.

## C A P I T U L O   I V

### Conclusiones y Recomendaciones.

#### 4.1. Conclusiones.

Luego de haber realizado el análisis del comportamiento humano bajo la influencia de estímulos eléctricos externos y establecido los parámetros de Seguridad Eléctrica que están involucrados en la seguridad del paciente, cuando éste es sometido a interacción evaluatoria, asistencial en soporte de vida y de intervención directa con equipos electromédicos, se pueden establecer las siguientes conclusiones:

- ☀ Las experimentaciones y observaciones científicas iniciales realizadas en animales permitió establecer que la electricidad animal de Galvani o potencial bioeléctrico existe en todos los nervios, músculos, tejidos y células del organismo humano también.
- ☀ El adecuado balance químico dentro de las células y tejidos dependen y determinan su actividad eléctrica. Cada célula tiene una propiedad eléctrica similar. Cuando una célula está estable o en reposo, tiene un potencial de 70 mV entre el lado interno y el externo, denominado voltaje de reposo (*resting potencial*) de la membrana.
- ☀ Cuando un nervio acarrea un impulso eléctrico al músculo, el potencial de membrana (70 mV) desaparece en las fibras musculares individuales, dando como resultado la contracción del músculo. Después del colapso del potencial de membrana, las células del tejido inmediatamente se recargan para restablecer su potencial. El tejido muscular y el nervio utilizan el oxígeno para

mantener su potencial de carga y su habilidad para recargarse inmediatamente. Los músculos y las fibras nerviosas tienen solamente dos condiciones posibles: en reposo o totalmente activados, respondiendo totalmente en el umbral de disparo (threshold) o crítico, y deben ser silentes eléctricamente cuando están en reposo. Contienen una densa concentración de sustancia química requerida para pasar los impulsos de una célula a la siguiente. El movimiento iónico y el intercambio de iones de Sodio y Potasio ocurren de esta forma. El curare, estrocurina y otras pociones o fármacos son capaces de interferir con la conducción de los impulsos a través de las regiones sinápticas. Estas pociones impiden la salida de los iones de Sodio de la membrana ocasionando una parálisis.

- ☼ Todas las partes del cuerpo dependen del suministro de sangre para alimentación y limpieza. Cientos de miles de arterias, venas y capilares conforman el sistema circulatorio. Cada día varias toneladas de sangre oxigenada se bombean a través de este sistema, sin embargo la potencialidad de esta minibomba (corazón) que pesa menos de una libra es capaz de trabajar cientos de años sin reparación. La sangre contaminada (venosa) que requiere oxígeno y que trae dióxido de carbono o material de desecho, llega al corazón por la aurícula derecha; luego es transportada por grandes venas. Cuando la cámara receptora (aurícula derecha) se contrae, fuerza a la sangre a ir al ventrículo derecho contrayéndose a su vez y empujando la sangre a la arteria pulmonar que la regresará

a los pulmones, en donde se remueve el dióxido de carbono y se añade un nuevo suministro de oxígeno.

En la pared de la aurícula derecha existe una región de tejido especializado llamado *nodo sinoatrial (SA)* que actúa como un marcapasos ya que genera pulsos eléctricos a una frecuencia de 60 a 80 pulsaciones por minuto en condiciones normales. Las fases eléctricas cardíacas forman lo que se denomina abreviadamente complejo QRS (formado por la onda P, complejo QRS, onda T y segmento U), el mismo que sirve como parámetro de análisis de las constantes vitales del paciente.

- ✿ La *fibrilación ventricular* (una de las tantas patologías cardíacas) es una contracción ventricular no sincronizada y rápida de hasta 500 pulsaciones por minuto, en la cual realmente los ventrículos no se contraen, están temblando. El flujo de sangre de salida del corazón baja a cero, siendo esta condición fatal a menos que sea terminada en pocos minutos. Los *desfibriladores* producen un choque eléctrico en la zona cercana al corazón paralizándolo, para que luego el mismo corazón inicie adecuadamente su ciclo de pulsaciones normales y/o otra descarga para forzarle al nodo SA ejecutar su función principal de marcapasos. Esta acción debe ser de forma sincronizada.
- ✿ Por efectos preventivos, se considera que la resistencia del cuerpo humano interna es de  $500\Omega$  y la externa de  $1,500\Omega$ .
- ✿ También se ha podido establecer que una corriente máxima de  $10\mu\text{A}$  (micro amperios) no llegaría a producir fibrilación ventricular.

- ☀ La Bioingeniería es una disciplina que revolucionó la ciencia médica, la misma que aplica las concepciones indicadas anteriormente y se la está explotando paso a paso de acuerdo al desarrollo de nuevas tecnologías.
- ☀ Otra conclusión muy importante es que para obtener una máxima confiabilidad en la aplicación de los equipos electromédicos, deben seguirse ciertas normas y recomendaciones que deben ser adoptadas para corregir los problemas que ya se han presentado o que se deberán evitar al diseñar las áreas de Terapia Intensiva y Centro Quirúrgico Central.
- ☀ Un equipo electromédico está diseñado para alcanzar un mínimo requerimiento de seguridad. Cuando los equipos envejecen, los componentes de protección también lo hacen. Cuando ocurre una falla de seguridad, el equipo se convierte en peligroso tanto para el paciente como para los médicos y personal auxiliar. Esto se agrava más con el hecho (muy frecuente) de que se los use simultáneamente para formar un sistema completo de monitoreo Biomédico.
- ☀ Las altas corrientes que pasan a través del cuerpo pueden ser a veces menos letales que las bajas. Además, las mismas cantidades de corriente producen diferentes efectos fisiológicos, dependiendo de que si son AC (alterna), DC (Directa) o energía de alta frecuencia.
- ☀ Las fuentes peligrosas de corriente son numerosas. El contacto directo con una fase del suministro eléctrico es un ejemplo obvio. Cualquier dispositivo eléctrico conectado puede ser una fuente de corriente si existe un contacto directo entre la fuente de alimentación

y la carcasa metálica del equipo o alguna parte conductiva accesible del mismo. Esta conexión puede ser el resultado de un cortocircuito, por conducción a través de sustancias conductivas como fluidos sucios, biológicos o agua, por acoplamiento indirecto de efectos inductivos o capacitivos, o por conexiones incorrectas en los tomacorrientes y/o enchufes de los equipos o en conexiones equivocadas hacia entradas de un dispositivo, etc. Una fuente de corriente como una de las descritas anteriormente dependerá de qué tan peligrosa es de la magnitud de la corriente disponible, en la calidad de contacto que esté ejerciéndose entre la fase y neutro o tierra, y en las condiciones físicas individuales.

- ☀ Otra conclusión que debe tomarse muy en cuenta es que la mayoría de situaciones eléctricas peligrosas requieren un contacto simultáneo con una fuente de corriente y un camino de tierra. Este término *tierra* se refiere a cualquier camino de retorno a la fuente de corriente, sea o no conectado a *tierra física*.
- ☀ Un miliamperio (mA) de corriente alterna de 60 Hz que fluya en el cuerpo puede producir una sensación de temblor; 16 mA puede causar "congelamiento" es decir imposibilidad de contraer los músculos flexores; y, a altos niveles, produce daño en el tejido, detención respiratoria y paro cardíaco. Corrientes sobre 80mA, aplicadas en la superficie del cuerpo humano, puede causar fibrilación ventricular.

Para corrientes mayores a 100 mA existe una tendencia a la contracción muscular rápida y forzada como un sacudón involuntario para alejarse del contacto que tiene esa fuente de corriente. Tal



macroshock causando un accidente de efectos secundarios que puede resultar en daños irreparables e incluso la muerte. Los pacientes que han sido tratados con marcapasos artificiales deben estar protegidos a ciertos tipos de campos eléctricos o magnéticos que son producidos por motores eléctricos, sistemas de ignición de automóviles, unidades electroquirúrgicas, diatermias, hornos de microondas y una variedad de otros dispositivos que van siendo clasificados como peligrosos al haberse analizado sus efectos nocivos. Los campos eléctricos o magnéticos producidos por estos dispositivos pueden provocar en algunos casos que los marcapasos se apaguen e incluso los marcapasos de frecuencia fija no son inmunes a estos campos.

- ☀ Se puede concluir que no es real el hablar de valores de intensidad peligrosa sino se acompaña del término tiempo de paso. El conjunto ligado de valores Intensidad-tiempo es el que determina realmente la gravedad de las consecuencias.
- ☀ La seguridad absoluta en cualquier aplicación no existe y por ende tampoco en los riesgos eléctricos; sin embargo, es necesario tratar de minimizar sus efectos, tratando de corregir las causas que originan las fallas, para que mediante un concepto estadístico se pueda obtener el mayor margen razonable posible de seguridad.

En conclusión, las medidas que se pueden adoptar para obtener el objetivo supracitado, según los investigadores, son englobadas en tres grandes grupos:

\* ***Medidas referentes a los Equipos Electromédicos.***

Esta protección se obtiene por:

- \* Limitación del voltaje o corriente, o puesta a tierra.
- \* Protección de partes vivas contra contactos.
- \* Aislamiento adecuado y construcción muy cuidadosa.

Los equipos se clasifican de acuerdo al **tipo** de protección contra descargas eléctricas en: Tipo I, Tipo II, Tipo III y equipos alimentados por una fuente de energía interna (baterías).

Los equipos se clasifican de acuerdo al **grado** de protección eléctrica en: Grado B (Body), Grado BF (Body-Floating), Grado CF (Cardiac-Floating).

- \* ***Medidas referentes a la instalación eléctrica en baja tensión que deben existir en los ambientes donde se conectarán estos Equipos Electromédicos.***

Se establecen normas de protección:

❶ Norma P-0. Uso no médico.

Esta norma tiene que ver con el conjunto de medidas aplicables a los recintos de uso no médico, por lo tanto son las que están especificadas en el reglamento de baja tensión.

❷ Norma P-1. Red de tierras para protección.

El uso de esta norma se sugiere en todos los ambientes de un Hospital, formado por ambientes de uso médico, al que se le debe dotar de un sistema de tierras de protección.

En un lugar del edificio, generalmente en su planta inferior, se dispondrá de una barra colectora de tierras (malla) conectada con la toma general de tierra del edificio, a la que se le irán conectando los ramales secundarios comunicados con las

partes metálicas de las instalaciones y con las barras colectoras de tierra para protección secundaria, instaladas en los ambientes de uso médico o grupos de éstos, así como también confluirán todos los conductores conectados a partes metálicas de instalaciones, tierras funcionales de protección correspondiente a equipos electromédicos, tierras de protección de enchufes, motores, lámparas, accesorios eléctricos, apantallamientos contra interferencias, etc.

La impedancia del conductor que une esta barra colectora y el punto protegido por tierra no deberá exceder de  $0.2 \Omega$  (ohmios), siempre que la corriente protegida por los dispositivos protectores para sobreintensidades no sea superior a 16 A. Si excede esta cantidad, se deberá multiplicar por un coeficiente:

$$R = \frac{4}{I_{lim}}$$

Donde  $I_{lim}$ : Sobreintensidad limitada

Pero en ningún caso la impedancia del conductor deberá ser mayor a  $0.2\Omega$ . *De esta forma se trata de limitar los voltajes de contacto a 24V como máximo, entre distintos puntos conductores de la instalación, que es el fundamental objeto de esta norma.*

La norma NFPA 56 A prohíbe el uso de adaptadores y cables de extensión a pesar de su uso muy frecuente en los hospitales en la actualidad.

Los códigos y estándares actuales de corrientes para áreas de anestesia indican que no debe existir más de 40mV entre las superficies conductoras que podrían entrar en contacto con el paciente o dentro de su alcance, con la corriente falla máxima de 220mA.

Para las Unidades de Terapia Intensiva, este requerimiento de máximo voltaje permitido es de 100 mV, lo que implicará que la corriente de falla no deberá exceder de aproximadamente 550 mA.

Estas magnitudes pueden minimizarse, mediante el uso de los sistemas aislados, en donde se pueden tener fallas de fase a tierra de máximo 5 mA si el sistema está trabajando en la condición de seguridad. Esto se cubre en la norma P-5.

#### ③ Norma P-2. Red suplementaria equipotencial.

Para minimizar los efectos de los voltajes de contacto, en esta norma se contempla unir con una red de conductores equipotenciales, todas las partes conductoras ajenas a la instalación, que serán todas aquellas cuya superficie sea mayor de 200 cm<sup>2</sup> y donde tuberías, mesas metálicas, incluso pertenecientes a la obra civil (ventanas, rejillas de ventilación, etc.), mobiliario metálico, piso semiconductor, etc. salvo los elementos alojados dentro de los muros que no tengan contacto con la superficie exterior del ambiente, o que estén a distancia mayor de 2.5 mts. del paciente o fuera del alcance del personal que lo asiste.

Se dispondrá de una barra colectora equipotencial, donde se conectarán los conductores unidos a las partes indicadas anteriormente, debiendo su impedancia no ser mayor a  $0.1\Omega$ , siendo su sección mayor a 4mm. de cobre o su equivalente, con conductores aislados.

#### ④ Norma P-3. Limitación de voltaje de contacto.

En esta norma se prescribe, como complemento con la anterior, limitar los voltajes entre la barra colectora equipotencial y las partes conductoras accesibles, a 10 mV, haciéndose extensiva la anterior indicación a las partes conductoras ajenas a la instalación durante las condiciones normales.

El empleo de esta norma se dedica específicamente a los locales destinados a Cateterización Cardíaca, pudiendo hacerse extensiva al Centro Quirúrgico Central, Unidades de Terapia Intensiva y similares.

#### ⑤ Norma P-4. Dispositivos protectores contra corrientes residuales.

Con el objeto de limitar las corrientes residuales, se incluye en esta norma el empleo de dispositivos diferenciales capaces de producir una interrupción del circuito protegido cuando la corriente residual alcanza su límite predeterminado y que se fijan todos ellos iguales o inferiores a 30 mA.

Este medio de protección debe ser usado conjuntamente a las normas P-1 y P-2 necesariamente, debiendo ser utilizado un dispositivo para cada ambiente o grupo de ambientes.

No podrá utilizarse en todas aquellas dependencias donde una interrupción de corriente puede ser peligrosa para la vida del paciente, es decir en el Centro Quirúrgico Central, Cateterización Cardíaca, Unidades de Terapia Intensiva y en conjunto donde se realicen manipulación o se dispongan de equipos de soporte de vida, cuya interrupción puede causar peligros o trastornos en los enfermos.

⑥ Norma P-5. Alimentación eléctrica aislada.

Esta norma sugiere el uso de un sistema de alimentación aislado (flotante), sin ninguna conexión física con tierra y sin ningún dispositivo de corte (tipo interruptor diferencial) que puede abrir el circuito como resultado de una corriente de falla a tierra. Es decir, si se mide el voltaje entre cualquiera de los conductores del secundario del transformador de aislamiento con respecto a tierra, no se obtendrá una diferencia de potencial o ésta será muy baja, aunque entre los dos conductores se obtendrá la medida del voltaje requerido de alimentación para los equipos médicos que estarán conectados a éste y que típicamente en nuestro medio será de  $100 V_{AC}$ , excepto en casos muy especiales en donde los equipos médicos requieran de  $220 V_{AC}$ .

Este dispositivo se complementa con un sistema de vigilancia de posible falla a tierra, que avise con anticipación el primer fallo en el aislamiento (LIM), a un valor máximo de 5mV.

**⑦ Norma P-6. Separación eléctrica de un circuito individual.**

Esta norma se refiere a la separación eléctrica de un solo circuito, es decir que solamente un equipo se conectará a un transformador de aislamiento.

Generalmente esta disposición se aplica en algunos equipos especiales, como los de hidroterapia, o en equipos cuyas exigencias en cuanto a corrientes de fuga puedan superar las limitaciones medidas del conjunto de equipos electromédicos que componen la dotación del ambiente hospitalario.

**⑧ Norma P-7. Bajos voltajes de seguridad.**

Esta norma se refiere a la adopción de bajos voltajes de seguridad, no pudiendo exceder éstos de 24V en corriente alterna o 50 V en corriente continua.

Las fuentes de energía utilizadas serán: un transformador de aislamiento u otra fuente que deberá tener por lo menos la misma separación y aislamiento a tierra que los exigidos para dicho transformador. Las partes vivas no se conectarán a partes vivas o conductores de protección que forman parte de otros circuitos, esto incluye a tierras.

**⑨ Normas G.E. – E.1. – E.2. – O.**

Describen las condiciones generales que deben reunir las fuentes de energía de emergencia dando un desarrollo complementario a lo indicado en la instrucción MIBT 025 epígrafes 1 y 2.

adecuadamente siguiendo las especificaciones y acatando las prohibiciones del fabricante.

Adicionalmente se han realizado las propuestas, analizado y establecido los requerimientos mínimos tanto de espacio físico como de equipamiento médico e instalaciones que deberá tener una Unidad de Terapia Intensiva Tipo y Básica, así como un Centro Quirúrgico Central Tipo y Básico. En resumen, de esta parte del trabajo, se pueden obtener las siguientes conclusiones:

- ✿ En general para crear un área especial (de U.T.I. o C.Q.C.) se deberá tener muy en claro que la consideración de espacio físico, equipamiento médico e instalaciones necesarias para dotar de la suficiente seguridad al paciente y al equipo de médicos y paramédicos que intervendrán en su asistencia y curación deberá implicar una inversión económica que, en términos reales, no es tan baja, pudiendo así obtener un área (de U.T.I. o C.Q.C.) Tipo con todas las exigencias que requieren las normas y recomendaciones. Sin embargo, realizando un cuidadoso análisis para reducir no las exigencias técnicas de seguridad, sino más bien la comodidad, privacidad, cobertura de atención simultánea y la forma de monitorizar a un paciente, se pueden optimizar los parámetros que intervienen en su conformación, siendo posible reducir los costos de inversión, llegando así a obtener la propuesta de diseño de un área (de U.T.I. o C.Q.C.) Básico, todavía válido y seguro para ofrecer la debida confiabilidad al paciente y al personal que lo asiste, elementos imprescindibles en toda unidad de este tipo.



- Se debe insistir en el hecho de que dentro de la optimización planteada no está la eliminación del sistema de protección aislado, necesario en un área (de U.T.I. o C.Q.C.), que permite mantener alto el índice de confiabilidad del área. Se deberá tener en cuenta que la inversión económica en este parámetro es de aproximadamente el 20% para una U.T.I. y el 15% para un C.Q.C. del costo de equipamiento de un área (de U.T.I. o C.Q.C.)<sup>1</sup>, sin considerar el costo de la obra civil, que en ciertos casos se la adaptará si el objetivo es crear este servicio en un Hospital que no lo tenía (siendo su costo menor) y en otros casos se deberá construir completamente el área física (siendo su costo mayor).

Además, y como particularización de cada área propuesta, se pueden establecer las siguientes conclusiones que rigen y que deben ser consideradas para la planificación de su diseño:

#### **Unidades de Terapia Intensiva (U.T.I.).**

- Al haber eliminado la salida de emergencia en una U.T.I. Básica implica, en una primera apreciación, que se está sacrificando una parte importante de la seguridad en la evacuación de enfermos y personal que está en esta área; sin embargo, no es así ya que la entrada y salida de la U.T.I. Básica se la planifica con suficiente amplitud como para que su evacuación no sea dificultosa.

---

<sup>1</sup> Se deberá recordar que el costo del sistema aislado implica el tablero de aislamiento con su transformador, monitor LIM, tablero de distribución eléctrica con sus breakers de protección, indicadores de alarma en el tablero y remotos, paneles de distribución eléctrica en cada cubículo, tomas especiales (para Rayos X) en cada cubículo, cableado hacia y desde el tablero de aislamiento, sistema de protección de tierra, piso de vinyl conductivo, etc.

de los parámetros vitales de los pacientes, que evidentemente son necesarios, pero reemplazables (aunque no totalmente) con ciertas características evaluatorias aplicables en los enfermos, así como la facilidad de manejarlo con menor esfuerzo mediante el uso de una mesa quirúrgica eléctrica. En otros casos, se plantea la eliminación de ciertos equipos, pero con la misma motivación supracitada.

Una vital conclusión final: el hecho de reducir algún costo no debe implicar la eliminación de algún parámetro o factor que esté involucrado con la seguridad del paciente.

#### 4.2. Recomendaciones.

En un sentido general para el caso de los equipos electromédicos, tanto de una U.T.I. como de un C.Q.C. se pueden hacer las siguientes recomendaciones:

- ✿ Antes de instalar por primera vez un equipo electromédico se deberá comprobar la adecuada polarización de los cables de alimentación, es decir que la línea activa 1, línea activa 2 y tierra (en un sistema aislado no se puede hablar de fase, neutro y tierra) ocupen el correcto sitio en las tomas polarizadas, mediante el uso de los dispositivos ya indicados anteriormente que permiten monitorizar este estado.
- ✿ Una recomendación muy importante es que antes de poner en funcionamiento un equipo electromédico, se deberán medir sus corrientes de fuga y verificar el estado del cable de protección de tierra del cable de alimentación para asegurar su óptimo

funcionamiento y confirmar sus parámetros de seguridad (a pesar de que vienen probados de fábrica, pero que su transporte y/o manipulación puede afectar su confiabilidad y seguridad). Para esto, se recomienda el uso de la siguiente tarjeta de control:

TARJETA DE CONTROL DE SEGURIDAD	
Cliente:	
Fecha: (AA/MM/DD)	
Número de serie del equipo:	
Cable de tierra de alimentación OK:	
Corriente de fugas de equipo: ( $\mu\text{A}$ )	
Probado por:	
Fecha del siguiente control:	

Esta tarjeta (que es pequeña) deberá colocarse en la parte posterior del equipo para tener la constancia de control realizado, comparando sus valores con las recomendaciones y especificaciones del fabricante que vienen indicadas en el manual técnico del mismo.

- ☼ La recomendación anterior es válida también para el caso en que se ha realizado el mantenimiento correctivo o preventivo de un equipo. Es decir, se deberán medir estos parámetros también, luego de realizar una reparación.
- ☼ Una vez que se ha puesto en funcionamiento los equipos médicos, se recomienda que éstos estén sometidos a programas periódicos de mantenimiento preventivo/correctivo siguiendo las recomendaciones y especificaciones de cada fabricante para cada equipo. La ejecución correcta y periódica de los programas de mantenimiento, asegurará el continuo y prolongado funcionamiento de los equipos, logrando alargar su tiempo de vida útil, y reduciendo los costos de repuestos utilizados al ejecutar tan solo un

mantenimiento correctivo. Estos programas de mantenimiento, que no son la parte principal de este trabajo y sería bastante extenso tratar de analizarlos, si el lector tiene necesidad de consultarlos, puede hacerlo en las siguientes referencias que están normalizadas:

- \* Electrical Equipment Maintenance, NFPA 76B.
- \* Electronic Equipment in Critical Care Areas - Part 1, Society Commission for Heart Disease Resources.
- \* Electronic Equipment in Critical Care Areas - Part 3.
- \* Selection and Maintenance Programs publicada por Report of Inter - Society Commission of Heart Disease Resources.

La evolución del Mantenimiento permitió perfeccionar los procedimientos que se realizaban rudimentariamente, así:

- \* En la época de la Revolución Industrial hasta la Segunda Guerra Mundial el mantenimiento se caracterizó por tres elementos fundamentales:
  - ① La situación de *reparaciones urgentes*, que consistía en atacar y resolver el problema en el momento que se producía y de una forma urgente.
  - ② Situación *caballo-caballero*, por la que el cuidado de la maquinaria se confiaba al operador de la misma.
  - ③ Situación *sin planificación*, por la que las intervenciones se hacían a medida que surgían las necesidades.

Esta época se puede simbolizar mediante la siguiente fórmula:

**Mantenimiento = Urgencia + Personalismo + Falta de programación**

- \* La segunda época nace en Italia en la Postguerra con la *novedad norteamericana*. Es a lo que se le denomina *Mantenimiento Preventivo*, que tiene el principal concepto de *evitar la avería*. Así, periódicamente se realizan paros programados de los equipos para que éstos sean sometidos a una gran revisión en la que se reparen o modifiquen los componentes fundamentales del equipo. Este programa obliga a disponer de un programa y de organización. Esta segunda época se puede simbolizar mediante la fórmula:

$$\begin{aligned} \text{Mantenimiento} &= \text{Evitar averías} + \text{Grandes revisiones} + \text{Intervalos fijos} \\ &= \text{Organización} + \text{Programación} \end{aligned}$$

- \* Este programa se ve frenado por los grandes avances tecnológicos, muy necesarios para el perfeccionamiento. Se produce por tanto una dicotomía entre aumentar la seguridad (reduciendo las averías) y disminuir las escalas técnicas (paros por servicio), lo que obliga al apareamiento del *Sistema de control de condiciones*, basado en la medida de parámetros dentro de los cuales debe operar un equipo, durante su operación normal. Así surge el *Mantenimiento basado en las condiciones (Mantenimiento Predictivo)* según el cual la intervención no depende ya del tiempo de funcionamiento, sino de las condiciones del componente, o de sus elementos, y de la fiabilidad determinada del sistema. Por ello, esta tercera generación se puede simbolizar por la fórmula:

**Mantenimiento = Funcionamiento + Medida de parámetros +**  
**+ Límites establecidos =**  
**= Control de las condiciones**  
**Control de las condiciones = Componentes + Confiabilidad =**  
**= Mantenimiento Predictivo**

En conclusión, se puede establecer que a lo largo de la historia, el concepto de mantenimiento ha ido evolucionando desde una idea preocupada por la reparación urgente hacia una idea de mantenimiento encaminado a mejorar la confiabilidad de las instalaciones y equipos electromédicos y que por lo tanto se recomienda debería adoptarse siempre.

Todos estos conceptos de mantenimiento van dirigidos hacia la *Seguridad* del paciente, recordando que se entiende como seguridad a la *ausencia de riesgo*.

El mantenimiento es un factor primordial para la reducción del riesgo, y su costo estimado por año es del orden del 5 al 7%<sup>2</sup> del costo de los equipos; sin embargo, en nuestro medio los recursos que se destinan a esta labor son normalmente escasos no llegando ni al 1% del costo del equipo (cuando se ejecuta el mantenimiento correctivo y hasta veces más), por considerar *no necesario el gasto* que se produce al invertir en un programa de mantenimiento preventivo. Se recomienda, por tanto, que este es un tema en el que el Ingeniero Biomédico debe trabajar para crear conciencia en los directivos de un hospital y reflejar eficiencia al introducirlos en un programa de

---

<sup>2</sup> TEMES J.L.; *Manual de Gestión Hospitalaria*; Interamericana; 1992; Madrid; p. 434.

mantenimiento preventivo de una manera responsable y adecuada. Lamentablemente, en muchos casos, es culpa del mismo personal técnico que labora en estas áreas que, tratando de implementar programas de mantenimiento preventivo y sin conocer sus alcances, condiciones y obligaciones, produce un efecto negativo en los directivos de los hospitales al no poder reflejar un cambio en optimización y confiabilidad de los equipos, convirtiéndolo (al programa de mantenimiento preventivo) en un simple proceso de limpieza, siendo esta acción necesaria pero no como la fundamental y única dentro del programa de mantenimiento.

Se vuelve a recomendar e insistir en el hecho de que un Ingeniero Biomédico deberá cambiar esta idea en los directivos hospitalarios para que pueda desarrollar sus planes y programas de mantenimiento en los equipos electromédicos con responsabilidad, conocimiento técnico y puntualidad (respetando las fechas previstas para su ejecución), sacando de esto una información tan importante como la que se indicó anteriormente para dar el paso siguiente hacia el Mantenimiento Predictivo.

- ✿ Como se mencionó en el análisis de las etapas de evolución del Mantenimiento a través de los años, si se ha logrado someter a un buen Programa de Mantenimiento Preventivo/Correctivo a todos los equipos electromédicos de un hospital, manteniendo adecuadamente su periodicidad y objetivos principales que se persigue, el siguiente paso puede ser la implementación de un Programa de Mantenimiento Predictivo en el que se pueden, de acuerdo a los datos suministrados por el Programa de

Mantenimiento Preventivo/Correctivo, predecir los posibles daños y estimar el tiempo de ocurrencia de falla de ciertos dispositivos que pertenecen a los equipos médicos, consiguiendo así adelantarse al daño y reparar y/o cambiar cierto componente que se estima se va a dañar en un corto período más. Se debe notar la importancia de este programa de mantenimiento mencionado, obviamente se observa una anticipación a los daños, reduciendo así el tiempo de paro de un equipo por daño inesperado.

Si se logra llegar a la meta del Mantenimiento Predictivo y mantener un buen programa real, se puede afirmar que se aplica una buena Bioingeniería, reflejando resultados óptimos de operación, lo cual es algo que se recomienda de sobremanera.

Las normas y procedimientos de comprobación del funcionamiento de los equipos electromédicos, dentro de cualquier programa de mantenimiento ya sea correctivo, preventivo o predictivo, deben considerar lo siguiente:

- ☀ El equipo es real
- ☀ El personal es real
- ☀ El paciente no debe ser real

Por esto, se recomienda que un servicio de mantenimiento eficiente en el área de electromedicina deberá contar con una dotación suficiente de simuladores de parámetros vitales que permitan conocer mejor el comportamiento de los equipos electromédicos en su interacción con las diferentes situaciones clínicas, permitiendo así que el mantenimiento correctivo practicado en un equipo pueda ser avalizado en su correcto



funcionamiento (control de calidad) dentro de las condiciones diseñadas y esperadas por el fabricante y no convertirse en una fuente de riesgo. Lo mismo ocurre luego de una sesión de mantenimiento preventivo y/o predictivo si es del caso. Es decir, un ingeniero Biomédico puede ofrecer su solvencia técnica en ciertas áreas de equipamiento electromédico, pero si no dispone de los equipos simuladores de signos vitales en estas áreas, es muy probable que no pueda asegurar su adecuado funcionamiento. Se debe notar que la complementariedad de estas acciones es necesariamente exigible para poder lograr la seguridad del paciente tantas veces mencionada.

Con respecto a las pruebas que se pueden realizar en el sistema de protección aislado, se recomienda lo siguiente:

- ✿ Cada tres meses se deberá medir la resistencia del lazo de protección de tierra para asegurar su integridad. Se debe recordar que este valor no deberá exceder de  $0.2\Omega$ . El resultado de la medida se registrará (en la hoja de trabajo que se indica a continuación, nombrada como C-SPA) y se comparará su evolución para observar una posible pérdida de contacto del lazo de protección de tierra y así poder tomar las medidas correctivas que sean necesarias, como realizar un mantenimiento de las fosas del sistema de tierras del hospital, o limpieza de contactos de los cables que están situados en los tableros y/o subtableros de distribución.
- ✿ Una vez a la semana se deberá pulsar el botón de prueba (TEST) del LIM para verificar los límites de alarma a los que están definidos y su estado actual. Si es necesario corregir estos límites se deberá

recalibrar el LIM, caso contrario solamente se registrará los resultados de la prueba en la hoja C-SPA.

- ✿ Una vez al mes, se deberá realizar la prueba de falla de impedancia colocando los dispositivos de resistencia y capacitancia indicados y calculados en el Capítulo I en la sección de Seguridad Eléctrica, registrando los resultados en la hoja C-SPA. Las medidas que se realicen deberán ser ejecutadas con todos los breakers del secundario del transformador apagados (OFF) y luego nuevamente con todos los breakers prendidos (ON).
- ✿ Una vez al año se deberá probar la integridad de conducción del vinyl conductivo mediante el uso del equipo Medidor de aislamiento de pisos conductivos mencionado en el Capítulo I en la sección de Seguridad Eléctrica correspondiente a la Figura 1.3.2.n. Los valores medidos se deberán registrar en la hoja de trabajo (nombrada como C-PVC) que permita ir acumulando estos resultados para ver la evolución de conductividad del piso del área bajo prueba. Se deberá recordar que los valores medidos deberán ser:
  - \* Medido entre los electrodos del equipo de prueba: de  $25\text{ K}\Omega$  a  $1\text{ M}\Omega$ .
  - \* Medido entre el piso a tierra: mayor a  $25\text{ K}\Omega$ .

CONTROL DEL SISTEMA DE PROTECCION AISLADO (C-SPA)					
Cliente:					
Area:					
Tablero #:			de		Serie #:
Fechas de medición	Alarmas de LIM			Valores de falla de Impedancia (mA)	
	Audible	Visual	Valor (mA)	Resistencia (24K $\Omega$ )	Capacitancia (110 $\mu$ F)
Semana 1: / /					
Semana 2: / /					
Semana 3: / /					
Semana 4: / /				OFF:	OFF:
				ON:	ON:
Semana 5: / /					
Semana 6: / /					
Semana 7: / /					
Semana 8: / /				OFF:	OFF:
				ON:	ON:
Semana 9: / /					
Semana 10: / /					
Semana 11: / /					
Semana 12: / /				OFF:	OFF:
				ON:	ON:
Resistencia del lazo de protección de tierra( $\Omega$ ): / /					

CONTROL DEL PISO DE VINYL CONDUCTIVO (C-PVC)		
Cliente:		
Area:		
Fechas de medición:	Medidas entre electrodos (25K $\Omega$ - 1M $\Omega$ )	Medidas de piso a tierra (> 25K $\Omega$ )
Año : / /		
Año : / /		
Año : / /		
Año : / /		
Año : / /		
Año : / /		
Año : / /		
Año : / /		
Año : / /		
Año : / /		

Por tanto se deberá revisar:

- ☀ Funcionamiento de los sistemas de vigilancia de protección.
- ☀ Continuidad de los conductores activos y de los conductores de protección y puesta a tierra.
- ☀ Resistencia de conexiones de conductores de protección y conexiones de equipotencialidad.
- ☀ Resistencia de aislamiento entre conductores activos y tierra en cada circuito.
- ☀ Resistencia de puesta a tierra.
- ☀ Resistencia de aislamientos de suelos anti-electrostáticos (conductivos).

Otra recomendación que se puede realizar con respecto a la organización de las dos áreas que han sido propuestas en este trabajo es que éstas guarden cierta unificación con respecto a la forma de alimentación tanto eléctrica como de los gases de alimentación. Se deberá recordar que se mencionó en el capítulo respectivo a cada área, que existen sistemas modulares que organizan eficientemente estos sistemas. Esta concepción se puede extender para todo el hospital a diseñarse o a modificarse, como se indica en la Figura 4.2.a. que se indica a continuación, en donde se observan varias áreas involucradas en su normal funcionamiento.

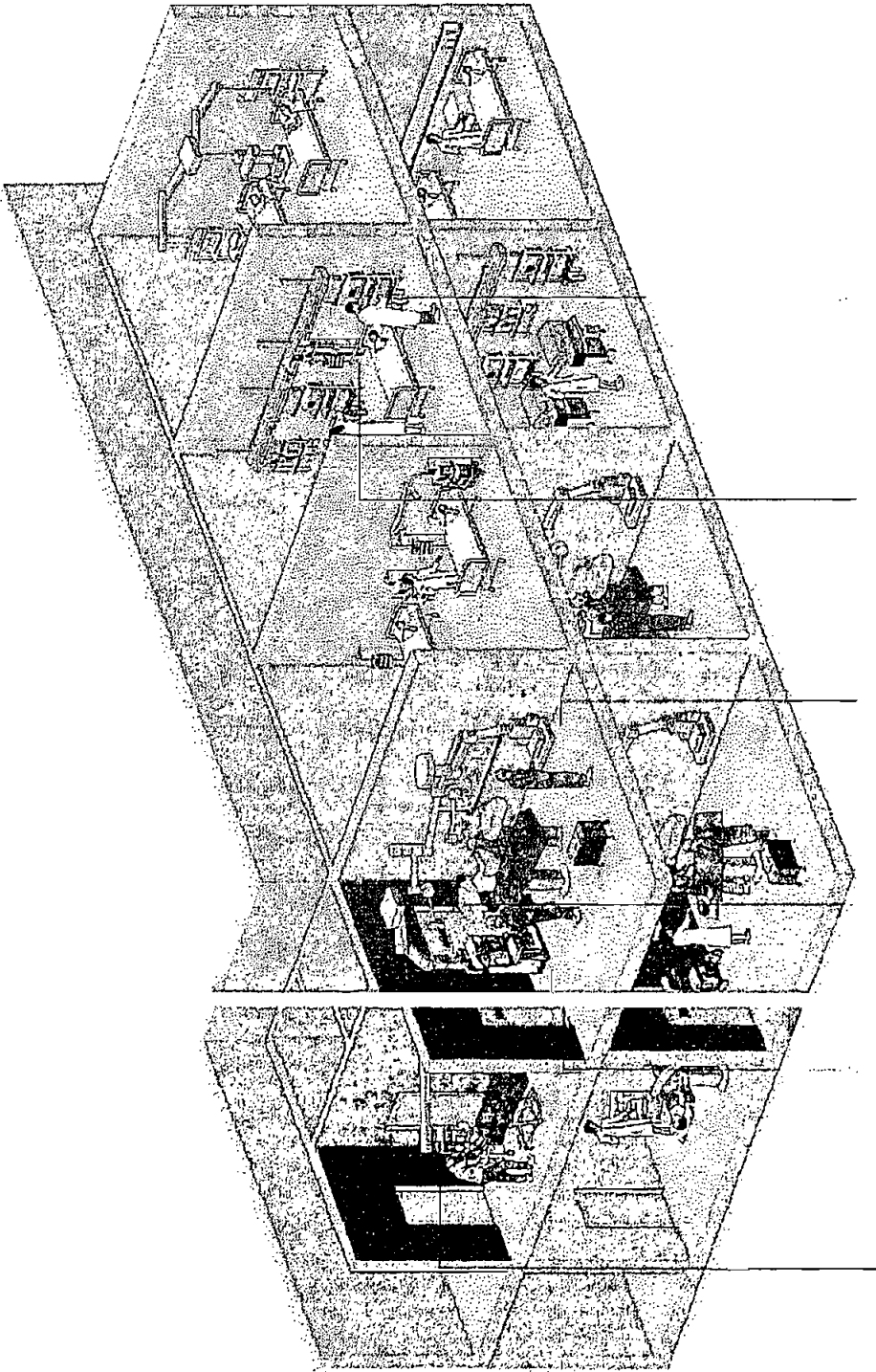


Figura 4.2.a. Ambientes Hospitalarios con instalaciones optimizadas.

En la actualidad, otro factor de riesgo para el paciente, que está cobrando importancia, es la influencia de las interferencias electromagnéticas denominadas efecto EMI<sup>3</sup>, producidas por el uso de los sistemas de comunicación inalámbrica en la cercanía de los equipos médicos que están siendo usados en los pacientes.

De los estudios de laboratorio in-vitro realizado por KOK-SWANG TAN PhD e IRWIN HINBERG PhD en Ontario Canadá, se puede indicar que se han analizado 20 marcapasos (9 de cámara simple y 11 de cámara dual) con el fin de investigar los efectos de la EMI de los dispositivos de comunicación inalámbrica en marcapasos cardíacos implantados<sup>4</sup>. Cada marcapaso fue colocado en un simulador de torso humano, el mismo que consiste de una caja de almacenamiento transparente de plástico llenada con solución salina al 0.18 %; sus salidas eléctricas fueron monitorizadas en la medida que el dispositivo de comunicación inalámbrico estaba siendo operado a diferentes posiciones espaciales desde la superficie del marcapasos. Los 20 marcapasos fueron probados para la susceptibilidad EMI con un teléfono celular digital de 0.6 W operando a 841 MHz, un teléfono celular análogo de 0.6 W operando a 831 MHz y un sistema de Servicio Personal de Comunicaciones (PCS) de 125 mW operando a 1887 MHz. Nueve de los 20 marcapasos probados fueron susceptibles a la EMI de los teléfonos celulares digitales, los mismos que decrementan la frecuencia de los pulsos de salida de 2 de los marcapasos de cámara simple y 2 de los marcapasos de cámara dual. Esta alteración puede ser de vital importancia para los pacientes que dependen totalmente de sus marcapasos. El teléfono digital

---

<sup>3</sup> EMI de las siglas en inglés Electromagnetical Interference que significa Interferencia Electromagnética.

<sup>4</sup> Este estudio es de vital importancia debido que en Norte América más de 500,000 personas tienen implantados marcapasos cardíacos.

celular también indujo "pacing" rítmico en 2 marcapasos de cámara simple y 5 marcapasos de cámara dual cuando la salida del marcapasos fue inhibida por una señal externa ECG. Este "pacing" no deseado podría competir con el ritmo normal SINUS e inducir fibrilación. También se ha observado un incremento de 10 veces (ten-fold) en las amplitudes de pico de monitorización de las salidas de pacing para ambos tipos de marcapasos del mismo fabricante. Estos efectos EMI no fueron observados cuando el teléfono celular estaba a más de 15 cm de distancia del marcapasos, no obstante existió un caso de interferencia a una distancia de 40 cm. En todos los casos, el problema EMI ocurrió solamente cuando el teléfono estaba en modo de transmisión. Cuando el teléfono fue apagado, la interferencia se detuvo y los marcapasos volvieron a su funcionamiento normal. El problema EMI no se presenta con los teléfonos celulares análogos o con los sistemas PCS. Estos descubrimientos sugieren que los pacientes dependientes del marcapaso podrían usar un teléfono celular análogo o un sistema PCS.

También se probaron 2 modelos de marcapasos de cámara dual, con y sin filtros, con el fin de investigar cuando los circuitos de filtrado pueden eliminar los efectos EMI, observándose que efectivamente son eliminados. La misma investigación recomienda que se debería estimular los esfuerzos de los fabricantes para que reduzcan la susceptibilidad de los marcapasos a los efectos EMI mediante el uso de circuitos de filtrado. Toda la información de las investigaciones realizadas puede ser localizada en el informe emitido<sup>5</sup> por los científicos supracitados.

---

<sup>5</sup> TAN Kok-Swang PhD, HINBERG Irwin; *Biomedical Instrumentation and Technology*, Medical Devices Bureau, Health Protection Branch, Health Canada, Ottawa, Ontario, 1997.

### *EFFECTOS ESPACIALES 3-D*

Se realizaron pruebas adicionales en los marcapasos para ver la susceptibilidad al efecto EMI y determinar la distancia vertical entre el sistema inalámbrico y un marcapasos que induzca este efecto. El teléfono celular digital fue posicionado en bloques de madera sobre la grilla del simulador y se midió la distancia cuando se observó una inhibición o una reactivación. No se observaron generalmente efectos de interferencia cuando la distancia vertical fue 3.4 cm sobre el marcapasos. Existió un caso de interferencia a una distancia de 40 cm desde un marcapasos modelo A<sup>6</sup>. En todos los casos, el problema EMI ocurrió solamente cuando el teléfono estaba en el modo de transmisión.

Además, no se observaron diferencias significativas del efecto EMI cuando los marcapasos fueron programados con pacing bipolar o unipolar y sensibilidad, con la excepción de que no se observó interferencia en la configuración unipolar AA1 del marcapasos modelo A.

Sin embargo, en el transcurso de las investigaciones posteriores dirigidas por KOK-SWANG TAN para analizar un mayor campo de acción del efecto EMI de los dispositivos de comunicación inalámbrica en los equipos médicos (50 clases de equipos médicos fueron analizados), se encontraron nuevos parámetros de evaluación. Se utilizaron cuatro radios de dos vías que operan en bandas de VHF y UHF y un teléfono celular análogo para generar los campos electromagnéticos. Los resultados confirmaron que, los equipos de comunicación mencionados, pueden causar mal funcionamiento en equipos de monitoreo, terapia y diagnóstico electromédico, debido a:

---

<sup>6</sup> El modelo A del marcapasos corresponde a un marcapasos MEDITRONIC Thera-DR 7950 de cámara dual.



- ☀ Cambios en la salida<sup>7</sup>, pero su operación y seguridad del paciente no son afectados.
- ☀ Puede mostrar un mensaje de error transitorio y no necesita *resetear* el equipo para anularlo.
- ☀ Lecturas falsas de salida las cuales pueden afectar el tratamiento del paciente.
- ☀ Puede mostrar un mensaje de error en el display pero necesita *resetear* manualmente el equipo para eliminar el error, si es que ha desaparecido la causa.
- ☀ La operación del equipo es afectada pero no muestra un error en el display.

Algunos de los equipos médicos probados mostraron alteraciones a muy cortas distancias y solamente a determinadas frecuencias.

A cierta distancia determinada, los radios de dos vías causaban mayor interferencia y mal funcionamiento de los equipos médicos que los teléfonos celulares análogos.

En conclusión, se encontró que los radios de dos vías pueden causar mal funcionamiento a distancias de hasta 3m, mientras que los teléfonos celulares análogos lo hacían a distancias de hasta 1m.

Estos resultados confirman la necesidad de establecer normas en el manejo del efecto EMI con los dispositivos de telecomunicación inalámbrica dentro de los hospitales.

Los equipos médicos probados y que reportaron mal funcionamiento por el efecto EMI se encuentran indicados en la Tabla siguiente:

---

<sup>7</sup> Cambios en la salida significa por ejemplo una distorsión en la forma de onda.

Equipo médico	Incidente	Severidad
Ventilador volumétrico BEAR 5	EMI producida por radio de dos vías afecta el funcionamiento correcto del ventilador.	Daño reversible o temporal.
Ventilador volumétrico microprocesado PURITAN BENNETT 7200	EMI desde teléfono celular análogo AT&T 3710 induce respiraciones extra al ventilador.	Potencial para daño permanente.
Sistema de transmisión de telemetría. HEWLETT PACKARD	Radio de dos vías induce picos similares a los producidos por un marcapasos en la forma de onda de ECG.	Potencial para daño reversible o temporal.
Espirómetro de diagnóstico VITALOGRAPH	EMI producida por radio de dos vías afecta al correcto funcionamiento del espirómetro y oxímetro.	Daño reversible o temporal.

En la Tabla siguiente se resume las cantidades de los equipos médicos y de telecomunicación inalámbrica que se analizaron y los resultados obtenidos en la investigación, respecto al efecto EMI.

Clase de equipo	Fabricante	Modelo	Modelos afectados por	
			Radios dos vías	Teléfono celular
Defibriladores	2	2	2	1
Ventiladores	5	6	6	2
Bombas de infusión	2	4	3	2
Bombas de jeringa	3	4	4	1
Bombas parenterales	1	1		
Cardíacos	5	8		
Dializadores	1	1	1	1
Incubadoras infantiles	1	1	1	1
Oxímetros de pulso	3	8	7	1
Monitores cardíacos	2	3	3	1
ECG/Apnea	1	1	1	1
Monitores de oxígeno	1	1	1	1
Presión arterial	2	2	2	
Glucosa de sangre	5	8	1	1
<b>TOTALES:</b>	<b>34</b>	<b>50</b>	<b>32</b>	<b>13</b>

En la actualidad, en los E.E.U.U. algunos hospitales han restringido totalmente el uso de estos dispositivos de telecomunicación inalámbrica dentro de sus instalaciones, mientras que otros han restringido su uso a ciertas distancias críticas que si son transgredidas pueden afectar a la operación normal de los equipos médicos.

La necesidad de implantar un sistema de control y normativa para restringir el uso de los sistemas de telecomunicación inalámbrica en las cercanías de las áreas de funcionamiento de equipo médico en nuestro medio es imperiosa. Según el registro en la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, en nuestro país están asignadas las siguientes frecuencias para estos sistemas de comunicación:

- ☼ Radio de dos vías: 30 MHz a 512 MHz.
- ☼ Beepers: 400 o 800 MHz.
- ☼ Celulares: 800 MHz.

Lo que implica que están dentro del rango de las frecuencias de investigación y por ende de alteración mediante el efecto EMI.

Las investigaciones dirigidas por TAN y su grupo de científicos continuaron debido a que el uso del espectro de radio frecuencia ha incrementado dramáticamente en esta última década. Este incremento en la demanda en parte se puede atribuir a la introducción y desarrollo de la popularidad de los teléfonos celulares. El amplio y difundido uso de los teléfonos celulares y radios de dos vías ha despertado un interés en el efecto que éstos provocan en los equipos médicos. Los factores tales como portabilidad, conveniencia y proximidad en su uso pueden causar efectos adversos en los equipos médicos, poniendo inclusive a los pacientes en peligro. Este estudio realizado, se inspiró en un predecesor en el que se analizaba los efectos de los campos electromagnéticos radiados de 10V/m en ciertos

equipos médicos sobre una frecuencia de 1 MHz a 2 GHz. El protocolo de pruebas utilizado en este estudio se basó en el standard IEC 801-3<sup>8</sup>.

Se seleccionó el equipamiento médico de más frecuente utilización en los hospitales, quedando ocho dispositivos más susceptibles a ser radiados con campos eléctricos.

Los campos simulados se obtuvieron de transmisores: radios de dos vías en VHF, radios de dos vías en UHF y teléfonos celulares portátiles.

El rango de frecuencia normal del IEC standard 801-3 que es de 27 a 500 MHz se expandió a un rango de investigación desde 1 MHz a 2 GHz, debido a que se deseaba incluir el rango comercial de AM, FM y estaciones de televisión, así como transmisores comerciales y/o personales de uso tan frecuente en la actualidad. La modulación de amplitud de 1 KHz a 50% fue incrementada para elevar la severidad de las pruebas.

El IEC Standard 601-1-2<sup>9</sup> exige que los equipos electromédicos sean inmunes a los campos EMI de severidad Nivel 2 es decir 3V/m. El nivel de severidad 3 del IEC Standard 801-3 exige inmunidad a los campos EMI de 10V/m.

Los 60 equipos médicos probados fueron sometidos a campos eléctricos radiados desde cinco transmisores de diferentes potencias y frecuencias.

Los resultados obtenidos son:

---

<sup>8</sup> IEC Standard 801-3 "Electromagnetic compatibility for industrial-process measurement and control equipment. Part 3: Radiated electromagnetic field requirements". First edition, Bureau Central de la Commission Electrotechnique International, Geneve, Suisse, 1984.

<sup>9</sup> IEC Standard 601-1-2 "Medical electrical equipment. Part 1: General requirements for safety. 2. Collateral standard: Electromagnetic compatibility-Requirements and tests", First Edition, Bureau Central de la Commission Electrotechnique International, Geneve, Suisse, 1993.

Equipo médico	Resultados de medición	Respuesta
Bomba de Infusión IVAC Modelo 570	El nivel de susceptibilidad de la bomba de infusión en el rango de frecuencia de 1 MHz a 2 GHz estuvo cerca a 10V/m. Fue más sensible en el rango de 30 a 150 MHz, reaccionando cuando los niveles fueron desde 9.8 V/m o mayores.	Generación de códigos de error "FIX ME".
Ventilador Aequitron Medical Inc. Modelo LP6 Plus	Sensibilidad a efectos en el rango de frecuencia de 150 a 1000 MHz, con nivel de reacción desde 5.8 V/m o mayor.	Iluminación pobre de foco de señalización de esfuerzo en respiración.
Monitor/defibrilador Physio Control Corp. Modelo Life-Pack 6S	Sobre el rango de frecuencia de 30 a 350 MHz, la línea base del monitor cambia cuando está expuesto a niveles de 3.0 V/m o mayor. En el rango de 5 a 1000 MHz el dispositivo fue muy sensible a campos de 0.9 V/m o mayor.	Línea base de monitor se altera.
Oxímetro de pulso NELLCOR Modelo N-200	Las lecturas de la barra gráfica del oxímetro se afectan por campos radiados de 1.6 V/m o mayor en el rango de frecuencia de 7.5 a 600 MHz.	Variación en lecturas de barra gráfica.
Incubadora de infantes AIR SHIELDS Modelo C100-2	La incubadora fue afectada en el rango de 30 a 2000 MHz para campos de 0.2 V/m o mayores.	Lecturas erróneas de temperatura en el display del controlador y operación espúrea del calefactor interno.
Ventilador volumétrico BEAR Modelo 5	El ventilador tuvo alteración en el rango de 30 a 1000 MHz cuando estuvo sometido a campos de 0.9 V/m o mayores.	Activación de alarma de humidificador, cierta interferencia con varias de las lecturas principales y operación defectuosa del ventilador.
Monitor fetal Advanced Medical Systems Inc. Modelo 2261	El equipo fue sensible en el rango de 1 a 2000 MHz para campos de 12 mV/m o mayores.	Interfieren con los valores de actividad uterina dando lecturas falsas.
Monitor fisiológico HEWLETT PACKARD Modelo 78534B	El monitor fisiológico fue afectado en el rango de 7.5 a 350 MHz para campos de 1.1 V/m o mayores.	Activación de alarmas y distorsión de las formas de onda mostradas.

De las investigaciones realizadas se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Los equipos electromédicos que tienen cables conectados para monitorización de señales (como el monitor HP 78534B) fueron más

susceptibles que aquellos que solamente tienen cables de alimentación de red (como el ventilador LP6 Plus).

- ✿ Los equipos médicos que tienen circuitos análogos de alta sensibilidad (como el monitor fetal 2261) fueron más susceptibles que aquellos que no tienen mayor sensibilidad (como la bomba de infusión 570).
- ✿ Dado que los transmisores de radio frecuencia de baja potencia pueden fácilmente producir campos eléctricos de 4 V/m a una distancia de 1 m y los de alta potencia pueden producir campos de 12 V/m, es indudable que el cumplimiento del IEC Standard 801-3 que exige la protección para campos de hasta 10 v/m, podría reducir pero no eliminar los resultados de operación errónea de los equipos médicos probados.
- ✿ Cuando los equipos electromédicos están en un hospital, los campos de los transmisores de radio frecuencia pueden combinarse y ser dependientes de la ubicación y orientación del equipo electromédico, orientación del cable y posición del paciente, pudiendo producir campos localizados de 2 mV/m hasta 20 V/m.
- ✿ A pesar de que algunos de los equipos electromédicos probados fueron susceptibles en este rango (1 MHz a 2 GHz), y que algunos equipos fueron más resistentes a ciertos campos y frecuencias, estos no garantiza su operación libre de errores.
- ✿ El estudio realizado por TAN muestra que los transmisores de radio frecuencia pueden afectar a la operación normal del equipamiento electromédico cuando están muy cerca de su área de funcionamiento, por lo que se debe tener extrema precaución

cuando se utilice la combinación de transmisores de radio frecuencia con equipos electromédicos.

Como puede observarse en el análisis expuesto anteriormente sobre la influencia de los sistemas de tele comunicación inalámbrica en los equipos electromédicos, es un tema que resulta preocupante y para conseguir el objetivo planteado por el IEC Standard 801-3 en el ámbito internacional se han propuesto varias alternativas; sin embargo, se recomienda que la más óptima puede ser el apantallamiento contra los campos electromagnéticos de las áreas críticas mediante la denominada jaula de Faraday que implica una malla protectora que rodee toda el área crítica a proteger, que para el caso del presente trabajo sería las Unidades de Terapia Intensiva y los Centros Quirúrgicos Centrales. No es objeto del presente trabajo analizar a profundidad esta problemática en particular ya que como pudo observarse, en el resumen abreviado presentado, su análisis completo podría cubrir un trabajo independiente completo como el que se presenta aquí para el caso de las propuestas de diseño de las áreas de U.T.I. y C.Q.C., pero no podía dejarse de lado enumerar los problemas existentes y mencionar las normativas que corregirían esta situación.

Como recomendación final, se sugiere enseñar sobre la existencia de estas y otras normas a todos los estudiantes y/o profesionales que tengan acceso a cursos de actualización de conocimientos para que conozcan que cuentan con las mismas como referencia y como algo obligatorio a seguir en sus actividades profesionales. Además se recomienda hacer extensivas estas normas, conclusiones y recomendaciones citadas para las otras áreas médicas que existen en un hospital adaptándolas en cada una.

# A N E X O S

## ANEXO I

### VALORES DE RESISTENCIA EN CONDUCTORES DE COBRE

Conductor	Ohmios/1000'	Ohmios/10'	Volt a 5A en 30'	Ohmios/cm
#18	6.5100	0.065100	0.976500	0.002563
#16	4.3000	0.043000	0.645000	0.001693
#14	2.6200	0.026200	0.393000	0.001031
#12	1.6200	0.016200	0.243000	0.000638
#10	1.0180	0.010180	0.152700	0.000401
#8	0.6404	0.006404	0.096060	0.000252
#6	0.4100	0.004100	0.061500	0.000161
#4	0.2590	0.002590	0.038850	0.000102
#2	0.1620	0.001620	0.024300	0.000064
#0	0.1020	0.001020	0.015300	0.000040
#00	0.0811	0.000811	0.012165	0.000032
#000	0.0642	0.000642	0.009630	0.000025
#0000	0.0509	0.000509	0.007635	0.000020
250MCM	0.0431	0.000431	0.006465	0.000017
300MCM	0.0360	0.000360	0.005400	0.000014
350MCM	0.0308	0.000308	0.004620	0.000012
400MCM	0.0270	0.000270	0.004050	0.000011
500MCM	0.0216	0.000216	0.003240	0.000009



**ANEXO II****Norma ANSI/AAMI ES1****Part 3.3.1.1. Cord-Connected Apparatus.**

The maximum chassis source current shall not exceed  $100\mu\text{A}$  rms for electromedical apparatus with isolated patient connection, for electromedical apparatus with nonisolated patient connection, and for electromedical apparatus likely to contact the patient.

The maximum chassis source current for electromedical apparatus with no patient contact shall not exceed  $500\mu\text{A}$  rms, except that with intact ground the limit shall be  $100\mu\text{A}$  rms.

**Part 3.3.1.2. Permanently Connected Apparatus.**

The maximum chassis source current for permanently connected apparatus shall not exceed  $5000\mu\text{A}$  rms for all categories of electromedical apparatus, except that with intact ground the limit shall be  $100\mu\text{A}$  rms.

**Part 3.3.2.1. Apparatus with Isolated Patient Connection.**

The maximum source current at the patient connection(s) of apparatus with isolated patient connection shall not exceed  $10\mu\text{A}$  rms.

**Part 3.3.2.2. Apparatus with Nonisolated Patient Connection.**

The maximum source current at the patient connection(s) of apparatus with nonisolated patient connection shall not exceed  $50\mu\text{A}$  rms.

**Part 3.4. Patient sink current.**

Is that current measured in a patient connection if a source of 120V 60 Hz potencial with respect to power (earth) ground is connected to the patient connection.

**Part 3.4.1. Apparatus with Isolated Patient Connection.**

The maximum patient sink current shall not exceed  $10\mu\text{A}$  rms at the input to the device and  $20\mu\text{A}$  rms at the patient end of the cable when it is attached to the device.

**Part 3.4.2. Apparatus with Nonisolated Patient Connection.**

Patient sink-current measurements are not applicable to apparatus with nonisolated patient connection.

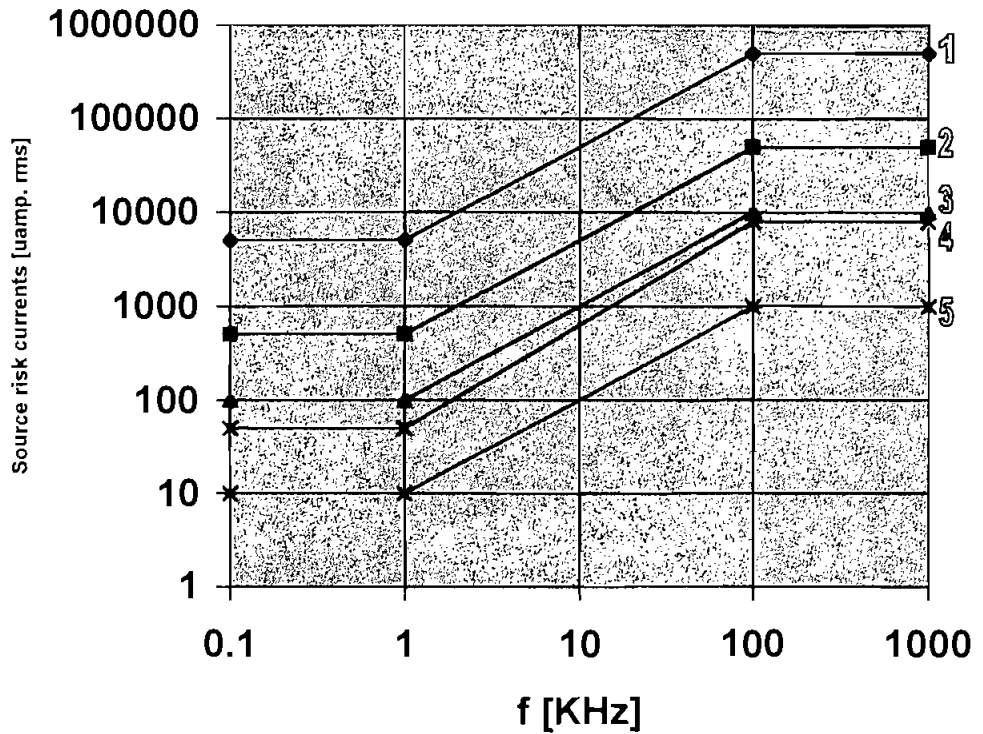
**Part 3.5. Risk current limits vs frequency.**

The risk current limits specified in secc. 3.3. and. 3.4 are for frequencies from dc to 1 KHz.

From 1 KHz to 100 KHz, the limit is increased linearly to a maximum value 100 times the limit at 1 KHz.

Above 100 KHz, the limit is that which is determined for 100 KHz.

## Patient connection source current limits versus frequency



- Where:
- 1 All categories permanently connected (ground open)
  - 2 Electromedical apparatus with no patient contact; cord connected (ground open).
  - 3 Electromedical apparatus likely to contact patient or with patient connections; cord connected; and for all apparatus with ground intact.
  - 4 Non insulated patient connection.
  - 5 Isolated patient connection.

**BIBLIOGRAFIA**

1. AVILA MONTESO José; *La Seguridad en el Hospital*; Cedel; 1978; Barcelona.
2. BARQUIN Manuel; *Dirección de Hospitales*; Interamericana; 1986; México; 5ta. Edición.
3. BIDANI A.; *Trastornos de electrolitos y ácido-base*; Interamericana; 1987; Barcelona.
4. BOYD E.; *Growth of the surface area of the human body*; U. Of Minnesota Press; 1979; Minnesota.
5. DIAZ DE LEON Manuel; *Normas de la Unidad de Cuidados Intensivos*; Siglo XXI; 1990; México.
6. DIAZ DE LEON Manuel; *Medicina Crítica*; Limusa; 1993; México; 2da. Edición.
7. DIAZ DE LEON Manuel; *Medicina Crítica, Nefrología mexicana*; Limusa; 1988; México.
8. DUBOVY Joseph; *Introduction to Biomedical Electronics*; McGraw-Hill; 1978; New York.
9. EROS Bela; *Mechanical ventilators: Principles of operation, International Anesthesiology, Clinics*; Col; 1980; vol. 18, No. 2.
10. FERNANDEZ Enrique; *The use and abuse of ventilators*; Harrisons Mac Graw-Hill; 1981; Los Angeles.
11. GOMEZ Bautista; *La organización del Quirófano de un Hospital General. Sala de operaciones*; Unam; 1987; México.

12. GRIFFIN Noyce; *Electronics for Hospital patient care*; U.S. Department of Health, Education and Welfare; 1987; Washington.
13. HERMACH F. L.; *Hazards from Static Electricity*; 1972; Washington.
14. HEWLETT PACKARD; *Physician's guide to the HP catheterization data analysis system*; HEWLETT PACKARD; 1979; Waltham.
15. IBSS; *Proyecto Sub-regional de fortalecimiento y desarrollo de servicios de Ingeniería y Mantenimiento de Unidades de Salud*; 1988; Cochabamba.
16. IMSS; *Manual técnico administrativo de las unidades de cuidados del paciente en estado crítico*; I.M.S.S.; 1987; México.
17. OMS; *Proyecto Sub-regional de Fortalecimiento y desarrollo de Servicios de Ingeniería y Mantenimiento de Unidades de Salud*; OMS; 1988; Cochabamba.
18. OPS-Centro de Ingeniería Biomédica; *Criterios para adquisición y contratación de equipamientos*; CEB; 1988; Campiñas.
19. OPS-Centro de Ingeniería Biomédica; *Elaboración de un proyecto de selección de equipamiento*; CEB; 1988; Campiñas.
20. OWEN J.K.; *Modern concepts of Hospital administration*; W.B. Saunders Company; 1982; Filadelfia.
21. TEMES J.L.; *Manual de Gestión Hospitalaria*; Interamericana; 1992; Madrid.

## INDICE DE FIGURAS

Descripción	Figura #	Página
<b>CAPITULO I:</b>		
Respuesta del comportamiento de fibras nerviosas	1.3.1.a.	22
Esquema simplificado del corazón	1.3.1.b.	29
Ciclo cardíaco completo	1.3.1.c.	31
Curvas características que limitan el campo de intensidad en su acción sobre el cuerpo humano	1.3.2.a.	45
Curva de seguridad propuesta I.E.C. TC.64	1.3.2.b.	45
Efectos del paso de la corriente eléctrica alterna	1.3.2.c.	47
Medidor de corrientes de fuga	1.3.2.d.	55
Origen de las corrientes de fuga	1.3.2.e.	64
Camino de las corrientes de fuga en condición de fallo	1.3.2.f.	65
Fallas en cables de tierra de equipos médicos	1.3.2.g.	66
Protección por puesta a tierra	1.3.2.h.	80
Circuito equivalente de protección por puesta a tierra	1.3.2.i.	80
Protección por sistema aislado	1.3.2.j.	81
Circuito equivalente de protección por sistema aislado	1.3.2.k.	82
Instalación de un monitor de aislamiento de línea LIM	1.3.2.l.1.	85
Apariencia física de un monitor de aislamiento de línea LIM	1.3.2.l.2.	85
Esquema de protección para un sistema aislado	1.3.2.m.	88
Probador de aislamiento de tierras	1.3.2.n.	92
Efectos del uso de dos equipos en forma simultánea	1.3.2.o.	97
<b>CAPITULO II:</b>		
Esquema de la planta física de una U.T.I. Tipo	2.1.1.a.	105
Esquema de distribución de un cubículo de paciente para una U.T.I. Tipo	2.1.1.b.	107
Detalle del tablero de aislamiento para una U.T.I. Tipo	2.1.1.c.	108
Indicadores de alarma remotos o incorporados al tablero de aislamiento (ítem 12) de figura anterior	2.1.1.d.	109
Detalle de medidor de aislamiento LIM	2.1.1.e.	110
Distribución eléctrica para cubículo de un paciente de U.T.I.	2.1.1.f.	111
Tomas especiales de alimentación eléctrica aislada	2.1.1.g.	112
Tipos de cables de tierra para tableros de figura anterior	2.1.1.h.	112
Tablero aislado de distribución eléctrica para el Equipo de Rayos X alternativa de ítem 20	2.1.1.i.	113
Detalle de toma rápida para Equipo de Rayos X (ítem 23)	2.1.1.j.	114
Tipos de camas-camilla eléctricas y manuales para U.T.I.	2.1.2.a.	116
Tipos de esfigmomanómetros de manómetro de presión o columna de mercurio para U.T.I.	2.1.2.b.	117
Monitor de parámetros vitales con todas las opciones para suplir las necesidades de una U.T.I.	2.1.2.c.	123
Unidad central de monitoreo típica	2.1.2.d.	124
Conexión de Unidad Central de Monitoreo (U.C.M.) con monitores de cada cubículo de paciente	2.1.2.e.	125

Ubicación en cubículo de paciente de respirador de presión positiva tipo electrónico	2.1.2.f.	128
Monitores desfibriladores para una U.T.I.	2.1.2.g.	130
Electrocardiógrafo de 1 canal para una U.T.I.	2.1.2.h.	132
Esquema de conexión de marcapaso de batería	2.1.2.i.	133
Aplicación física de un marcapaso de batería	2.1.2.j.	134
Aplicación física de un equipo de masaje cardíaco	2.1.2.k.	135
Gasómetro para uso en una U.T.I.	2.1.2.l.	138
Respirador de presión tipo mecánico (portátil)	2.1.2.m.	139
Alternativas de respirador de presión positiva tipo mecánico (portátil)	2.1.2.n.	140
Bomba móvil de succión de presión variable	2.1.2.o.1.	141
Bomba móvil de succión tipo termótica	2.1.2.o.2.	142
Bomba de infusión para el uso en U.T.I.	2.1.2.p.	143
Conexiones a tomas rápidas de oxígeno de U.T.I.	2.1.3.a.	147
Distribución de gases a varios ambientes en un Hospital	2.1.3.b.	150
Tomas rápidas de pared para los diferentes gases en una U.T.I.	2.1.3.c.	150
Alternativas de tomas rápidas de pared para los gases de alimentación	2.1.3.d.	151
Alternativas de instalaciones vistas con tomas rápidas de pared y extensiones para los gases de suministro	2.1.3.e.	152
Centrales de suministro de gases para Oxígeno controlado con manifold microprocesado (1), Vacío (2) y Aire Comprimido (3)	2.1.3.f.	153
Estación de trabajo eficiente para cubículo de paciente de una U.T.I.	2.1.3.g.	154
Áreas de trabajo típicas con equipamiento y alimentaciones centralizadas incorporadas de una U.T.I.	2.1.3.h.	155
Esquema de planta física de una U.T.I. Básica para 6 camas	2.3.1.a.	164
Esquema de distribución de un cubículo de paciente para una U.T.I. Básica	2.3.1.b.	167
Distribución eléctrica para un cubículo de paciente en la U.T.I. Básica	2.3.1.c.	169
Mano-reductor de presión para botellas de oxígeno	2.3.3.a.	183
Mano-reductor de presión para botellas de Aire Comprimido	2.3.3.b.	184

### **CAPITULO III:**

Esquema de la planta física de un C.Q.C. Tipo	3.1.1.a.	210
Esquema de distribución de un quirófano general de un C.Q.C. Tipo	3.1.1.b.	213
Esquema de distribución del Hospital del Día perteneciente al C.Q.C.	3.1.1.c.	214
Detalle físico del tablero de aislamiento para un quirófano general	3.1.1.d.1.	215
Detalle de conexiones eléctricas y contenido del tablero de aislamiento para un quirófano general	3.1.1.d.2.	216
Tipos de paneles de distribución eléctrica para un quirófano	3.1.1.e.1.	218

general.

Estructura física interna de los tipos de paneles de distribución eléctrica para un quirófano general.	3.1.1.e.2.	220
Distribución eléctrica para un quirófano general de un C.Q.C. Tipo	3.1.1.f.	222
Cronómetros y relojes digitales para quirófanos generales	3.1.1.g.1.	224
Tableros auxiliares de control para los cronómetros y relojes digitales para quirófanos generales	3.1.1.g.2	225
Ubicación de una máquina de anestesia con paciente en un quirófano general	3.1.2.a.	232
Mesa de cirugía general, tipo de control: eléctrico	3.1.2.b.1.	236
Mesa de cirugía general, tipo de control: mecánico	3.1.2.b.2.	236
Lámpara cielítica de 2 brazos	3.1.2.c.1.	238
Lámpara cielítica de 1 brazo	3.1.2.c.2.	238
Lámpara auxiliar normal y alternativa de lámpara auxiliar con baterías	3.1.2.d.	240
Electrobisturí para el uso en un quirófano general del C.Q.C	3.1.2.e.	243
Equipo de Rayos X móvil	3.1.2.f.	246
Equipo de Rayos X Arco en C	3.1.2.g.1.	249
Cubiertas protectoras estériles para uso en quirófanos de Equipo de Rayos X Arco en C	3.1.2.g.2.	250
Procesadoras automáticas de películas radiográficas	3.1.2.h.	252
Autoclaves eléctricos pequeños	3.1.2.i.	255
Estación de trabajo eficiente para equipos de quirófanos	3.1.3.a.	264
Estación de trabajo eficiente para un electrobisturí	3.1.3.b.	265
Áreas de trabajo típicas con equipamiento y alimentaciones centralizadas incorporadas de un quirófano	3.1.3.c.	266
Ambientes de quirófanos de un C.Q.C.	3.1.3.d.	268
Distribución eléctrica física de un quirófano general de un C.Q.C.	3.1.3.e.	271
Esquema de la planta física de un C.Q.C. Básico	3.3.1.a.	280
Esquema de distribución de un quirófano general de un C.Q.C. Básico	3.3.1.b.	283
Esquema de distribución eléctrica para un quirófano general del C.Q.C. Básico	3.3.1.c.	285

#### **CAPITULO IV:**

Ambientes hospitalarios con instalaciones optimizadas	4.2.a.	352
---	--------	-----

#### **ANEXOS**

Corrientes peligrosas en función de la frecuencia		366
---	--	-----



## INDICE DE TABLAS Y TARJETAS DE CONTROL

Descripción	Tabla #	Página
<b>CAPITULO I:</b>		
Control de cada órgano que pertenece al sistema nervioso autónomo	1.3.1.	26
Diferentes valores de resistencia de contacto	1.3.2.a.	35
Relación entre los valores Intensidad-tiempo y consecuencias del choque eléctrico	1.3.2.b.	37
Efectos cuantitativos de la corriente eléctrica en humanos	1.3.2.c.	39
Ambientes de potenciales peligrosos	1.3.2.d.	43
Zonas de efecto del paso de la corriente eléctrica en el organismo humano	1.3.2.e.	46
Valores admisibles de corrientes de fuga continua y corrientes auxiliares en pacientes en mA en los distintos tipos de equipos electromédicos	1.3.2.f.	54
Valores típicos de corrientes de fuga de equipos electromédicos	1.3.2.g.	56
Medidas de protección para diferentes ambientes de uso médico	1.3.2.h.	59
Valores de las corrientes de los dispositivos diferenciales	1.3.2.i.	70
Consumos típicos de corriente de varios equipos electromédicos	1.3.2.j.	74

Descripción	Tarjeta #	Página
<b>CAPITULO IV:</b>		
Tarjeta de control de seguridad		342
Control del sistema de Protección Aislado	C-SPA	350
Control del Piso de Vinyl Conductivo	C-PVC	350

## INDICE DE UBICACION RAPIDA

Sección #	Descripción	Página
<b>CAPITULO I: Fundamentos teóricos</b>		
1.1.	Antecedentes	3
1.2.	Descripción de las áreas constitutivas de un Hospital Tipo y su interrelación con las Unidades de Terapia Intensiva (U.T.I.) y Centro Quirúrgico Central (C.Q.C.)	8
1.2.1.	Áreas Críticas:	8
	- Unidad de Terapia Intensiva	8
	- Centro Quirúrgico Central	10
	- Emergencia	10
	- Nefrología	11
	- Unidad de Quemados	11
1.2.2.	Área de Cuidados Intermedios: Recuperación	12
1.2.3.	Área de Diagnóstico y Tratamiento:	12
	- Imagenología y Rayos X	12
	- Laboratorio Clínico	13
	- Neonatología	13
	- Rehabilitación	13
1.2.4.	Áreas de Hospitalización	14
1.2.5.	Consulta Externa	14
1.2.6.	Áreas de Servicio	15
1.2.7.	Piso Técnico	15
1.2.8.	Casa de Máquinas	16
1.3.	Consideraciones de Seguridad Eléctrica en las Instalaciones de U.T.I. y C.Q.C.	17
1.3.1.	Comportamiento orgánico humano	17
1.3.2.	Parámetros de Seguridad Eléctrica:	33
	- Medidas referentes a los Equipos Electromédicos	52
	- Medidas referentes a la instalación eléctrica en baja tensión que deben existir en los ambientes donde se conectarán estos Equipos Electromédicos	57
	. Norma P-0. Uso no médico	59
	. Norma P-1. Red de tierras para protección	59
	CALCULOS DE SISTEMAS DE TIERRA	61
	. Norma P-2. Red suplementaria equipotencial	68
	. Norma P-3. Limitación de voltaje de contacto	69
	. Norma P-4. Dispositivos protectores contra corrientes residuales	70
	. Norma P-5. Alimentación eléctrica aislada	71
	PISO CONDUCTIVO CON MALLA DE COBRE	89
	. Norma P-6. Separación eléctrica de un circuito individual	94
	. Norma P-7. Bajos voltajes de seguridad	94
	. Normas G.E. – E.1. – E.2. – O y Norma A	95

	- Medidas referentes al uso adecuado de los Equipos Electromédicos	95
1.4.	Definición de una Unidad de Terapia Intensiva (U.T.I.) Tipo	99
1.5.	Definición de un Centro Quirúrgico Central Tipo	101
<b>CAPITULO II: Planificación de una Unidad de Terapia Intensiva</b>		
2.1.	Propuesta de una Unidad de Terapia Intensiva Tipo	103
2.1.1.	Recursos físicos	104
2.1.2.	Recursos de equipamiento médico	114
	Equipo monitor con Unidad central de monitoreo	118
	Equipo de sustentación de vida y reanimación:	126
	- Respirador de presión positiva tipo electrónico (Ventilador volumétrico, de presión y flujo)	126
	- Monitor móvil con electrocardiografía, registro en papel (electrocardiograma) y desfibrilador/cardioversor	129
	- Electrocardiógrafo de 1 o 3 canales (según necesidades)	131
	- Marcapaso de batería	133
	- Equipo de masaje externo cardíaco (opcional)	134
	- Un carro de urgencias	136
	Equipo de apoyo:	136
	- Gasómetro	136
	- Respirador de presión positiva tipo mecánico portátil (Ventilador de presión)	139
	- Bomba portátil de succión de presión variable	141
	- Bomba de infusión	142
	- Unidades de hipo-hiper termia (Mantas térmicas)	144
	- Bandejas estériles	145
	- Bandejas con instrumental	145
	- Paquetes de instrumental	145
2.1.3.	Instalaciones centralizadas:	146
	- Oxígeno central	146
	- Sistema de vacío o succión central	148
	- Sistema de Aire Comprimido	148
	- Instalaciones eléctricas	156
	- Sistema de iluminación	158
	- Sistema de comunicación	158
2.1.4.	Sistemas contra incendios	159
2.2.	Definición de una Unidad de Terapia Intensiva Básica	161
2.3.	Propuesta de una Unidad de Terapia Intensiva Básica	162
2.3.1.	Recursos físicos	163
2.3.2.	Recursos de equipamiento médico	170
	Equipo monitor	171
	Equipo de sustentación de vida y reanimación:	173
	- Respirador de presión positiva tipo electrónico (Ventilador volumétrico, de presión y flujo)	173
	- Monitor móvil con electrocardiografía, registro en papel (electrocardiograma) y desfibrilador/cardioversor	174
	- Electrocardiógrafo de 1 o 3 canales (según necesidades)	176
	- Marcapaso de batería	177

	- Un carro de urgencias	178
	Equipo de apoyo:	178
	- Gasómetro	178
	- Respirador de presión positiva tipo mecánico portátil (Ventilador de presión)	179
	- Bomba portátil de succión de presión variable	180
	- Bomba de infusión	180
	- Bandejas estériles	181
	- Bandejas con instrumental	181
	- Paquetes de instrumental	181
2.3.3.	Instalaciones centralizadas:	182
	- Oxígeno	182
	- Vacío o succión	183
	- Aire Comprimido	184
	- Instalaciones eléctricas	185
	- Sistema de iluminación	185
	- Sistema de comunicación	186
2.3.4.	Sistemas contra incendios	186
2.4.	Análisis comparativo	187
2.4.1.	Recursos físicos	187
2.4.2.	Recursos de equipamiento médico	188
	Equipo monitor con Unidad central de monitoreo	188
	Equipo de sustentación de vida y reanimación:	190
	- Respirador de presión positiva tipo electrónico (Ventilador volumétrico, de presión y flujo)	190
	- Monitor móvil con electrocardiografía, registro en papel (electrocardiograma) y desfibrilador/cardioversor	192
	- Electrocardiógrafo de 1 o 3 canales (según necesidades)	193
	- Marcapaso de batería	195
	- Equipo de masaje externo cardíaco (opcional)	196
	Equipo de apoyo:	196
	- Gasómetro	196
	- Respirador de presión positiva tipo mecánico portátil (Ventilador de presión)	198
	- Bomba portátil de succión de presión variable	199
	- Bomba de infusión	200
	- Unidades de hipo-hiper termia (Mantas térmicas)	201
2.4.3.	Instalaciones centralizadas:	202
	- Oxígeno central	202
	- Sistema de vacío o succión central	202
	- Sistema de Aire Comprimido	202
	- Instalaciones eléctricas	203
	- Sistema de iluminación	204
	- Sistema de comunicación	204
2.4.4.	Sistemas contra incendios	204

### **CAPITULO III: Planificación de un Centro Quirúrgico Central**

3.1.	Propuesta de un Centro Quirúrgico Central Tipo	205
3.1.1.	Recursos físicos	206

3.1.2.	Recursos de equipamiento médico	226
	Máquina de anestesia tipo quirúrgico	229
	Monitor de signos vitales	233
	Mesa de cirugía universal con accesorios	235
	Lámpara cielítica de dos brazos	237
	Lámpara auxiliar	239
	Unidad electroquirúrgica (electrobisturí)	241
	Bomba portátil de succión de presión variable	244
	Bomba de infusión	244
	Equipos de apoyo:	244
	- Equipo de Rayos X móvil	245
	- Equipo de Rayos X Arco en C para fluoroscopia	247
	- Procesadora automática de películas radiográficas	251
	- Monitor móvil con electrocardiografía, registro en papel y desfibrilador/cardioversor	253
	- Autoclave eléctrico	253
	- Video Cirugía	255
3.1.3.	Instalaciones centralizadas:	260
	- Oxígeno central	260
	- Sistema de vacío o succión central	261
	- Oxido Nitroso Central	261
	- Sistema de Aire Comprimido	262
	- Instalaciones eléctricas	269
	- Sistema de iluminación	272
	- Sistema de comunicación	272
3.1.4.	Sistemas contra incendios	273
3.2.	Definición de un Centro Quirúrgico Central Básico	275
3.3.	Propuesta de un Centro Quirúrgico Central Básico	277
3.3.1.	Recursos físicos	278
3.3.2.	Recursos de equipamiento médico	286
	Máquina de anestesia tipo quirúrgico	287
	Monitor de signos vitales	289
	Mesa de cirugía universal con accesorios	291
	Lámpara cielítica de un brazo	292
	Lámpara auxiliar	293
	Unidad electroquirúrgica (electrobisturí)	293
	Bomba portátil de succión de presión variable	294
	Bomba de infusión	294
	Equipos de apoyo:	294
	- Equipo de Rayos X móvil	295
	- Equipo de Rayos X Arco en C para fluoroscopia	295
	- Procesadora automática de películas radiográficas	295
	- Monitor móvil con electrocardiografía, registro en papel y desfibrilador/cardioversor	295
	- Autoclave eléctrico	295
	- Video cirugía	296
3.3.3.	Instalaciones centralizadas:	297
	- Oxígeno	297
	- Vacío o succión	298

	- Oxido Nítrico	298
	- Aire Comprimido	298
	- Instalaciones eléctricas	299
	- Sistema de iluminación	300
	- Sistema de comunicación	300
3.3.4.	Sistemas contra incendios	300
3.4.	Análisis comparativo	301
3.4.1.	Recursos físicos	301
3.4.2.	Recursos de equipamiento médico	303
	Máquina de anestesia tipo quirúrgico	303
	Monitor de signos vitales	305
	Mesa de cirugía universal con accesorios	307
	Lámpara cielítica de dos brazos	308
	Lámpara auxiliar	309
	Unidad electroquirúrgica (electrobisturí)	310
	Bomba portátil de succión de presión variable	311
	Bomba de infusión	312
	Equipos de apoyo:	313
	- Equipo de Rayos X móvil	313
	- Equipo de Rayos X Arco en C para fluoroscopia	314
	- Procesadora automática de películas radiográficas	315
	- Monitor móvil con electrocardiografía, registro en papel y desfibrilador/cardioversor	316
	- Autoclave eléctrico	318
3.4.3.	Instalaciones centralizadas:	319
	- Oxígeno central	319
	- Sistema de vacío o succión central	319
	- Oxido Nítrico Central	319
	- Sistema de Aire Comprimido	319
	- Instalaciones eléctricas	320
	- Sistema de iluminación	321
	- Sistema de comunicación	321
3.4.4.	Sistemas contra incendios	321

#### **CAPITULO IV: Conclusiones y recomendaciones**

4.1.	Conclusiones generales y comunes para U.T.I. y C.Q.C.	322
	Conclusiones para U.T.I.	338
	Conclusiones para C.Q.C.	339
4.2.	Recomendaciones	341
	Lineamientos generales de la evolución y establecimiento de los Programas de mantenimiento Correctivo, Preventivo y Predictivo	342
	Pruebas periódicas de Control al Sistema de Protección Aislado. Tarjeta de control C-SPA	348
	Pruebas periódicas de Control de integridad de conducción del Piso de Vinyl Conductivo. Tarjeta C-PVC	349
	Influencia de las interferencias electromagnéticas EMI de los equipos de tele comunicación inalámbrica sobre los equipos electromédicos	353

**ANEXOS:**

Anexo I Valores de resistencia en conductores de cobre	363
Anexo II Norma ANSI/AAMI ES1	364
Bibliografía	367
Indice de Figuras	369
Indice de Tablas y Tarjetas de Control	372
Indice de ubicación rápida	373