



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“Estudio de los Factores de Riesgos de una Instalación Eléctrica
en Hospitales y Medios de Control”.

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD
ESPECIALIZACION ELECTRONICA Y
AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

Presentada por:

Martha Elizabeth Saigua Martínez

Luis Vicente Navarrete Jiménez

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2008

AGRADECIMIENTO

Agradecemos principalmente a DIOS, por darnos salud y así poder cumplir esta meta, a nuestros padres quienes creen en nosotros y han sabido apoyarnos en todo momento, al personal de mantenimiento del Hospital de SOLCA, por permitirnos de manera desinteresada recopilar información para culminar este trabajo y especialmente al Ing. Juan Gallo, Director de Tesis, quien con mucha paciencia supo guiarnos técnicamente y así finalizar este tema.

DEDICATORIA

A NUESTROS PADRES
A NUESTROS HERMANOS

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Holger Cevallos
SUB-DECANO FIEC
PRESIDENTE

Ing. Juan Gallo
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Otto Alvarado M.
VOCAL

Ing. Alberto Larco G.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, nos corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Martha Saigua M.

Luis Navarrete J.

INDICE GENERAL

RESUMEN	
INTRODUCCION	1
CAPITULO 1	3
1.SISTEMAS DE ALIMENTACION PRINCIPAL Y DE EMERGENCIA.....	3
1.1.Tipos de Alimentación en Hospitales	7
1.2.Alimentación Principal.....	8
1.3.Fuentes de Energía y Generadores.....	18
1.4.Control del Sistema.....	24
1.4.1. Autómatas Programables	25
1.4.2. Sistema de gestión	27
CAPITULO 2.....	29
2. CIRCUITOS ELECTRICOS EN HOSPITALES	29
2.1. Circuitos derivados esenciales por áreas en el hospital	31
2.1.1. Circuitos derivados para camas de pacientes	33
2.1.2. Receptáculos para camas de pacientes	39
2.2. Circuitos en áreas de atención crítica	44
2.2.1. Fuente de poder ininterrumpida.....	45
2.2.2. Sistemas de aislamiento de seguridad	49
2.2.3. Superficies equipotenciales	50
2.2.4. Interruptor diferencial.....	53
2.2.4.1. Tipos de interruptor diferencial	54

2.2.4.2. Recomendaciones de instalación de interruptores diferenciales...	56
2.3. Instalaciones eléctricas en cuartos de anestesia.....	57
2.4. Instalaciones eléctricas para equipos de radiología.....	63
2.4.1. Funciones	64
2.4.2. Circuitos y tipos de tableros.....	66
2.5. Sistemas de puesta a tierra	689
CAPITULO 3.....	71
3. ANALISIS DE FACTORES PRESENTES QUE PRODUCEN PELIGROS Y RIESGOS ELECTRICOS EN HOSPITALES DE SOLCA.....	71
3.1. Identificación de peligros y riesgos (riesgos eléctricos)	72
3.1.1. Análisis de peligro.....	73
3.1.2. Áreas de riesgos.....	99
3.1.3. Factores que aumentan los riesgos en áreas de hospitales.....	104
3.1.4. Riesgos eléctricos en instalaciones eléctricas.....	108
3.1.5. Equipos electromédicos y sus riesgos.....	120
3.2. Efectos de descarga eléctrica	122
3.2.1. Efectos fisiológicos de la corriente eléctrica	123
3.2.2. Consecuencias de la corriente eléctrica en el cuerpo de pacientes....	125
3.2.3. Presencia de campo eléctrico.....	126
3.2.4. Arco eléctrico.....	128
3.2.5. Campo electromagnético.....	131
3.3. Formatos y procedimientos de evaluación de riesgos	132

CAPITULO 4.....	136
4.EVALUACION Y RIESGOS ELÉCTRICOS EN AREAS DE HOSPITALES...	136
4.1. Análisis y Selección del Área de Mayor Riesgo.....	137
4.2. Descripción de las Salas de Quirófanos	138
4.3. Consideraciones Previas	142
4.4. Estudio Preliminar.....	143
4.5. Metodología de la Valoración por Hazop	145
4.6. Aplicaciones del Método HAZOP en el Hospital de SOLCA	147
CAPÍTULO 5.....	163
5. CONFIGURACIONES PARA EQUIPOS MEDICOS Y EQUIPOS ELECTRICOS.....	163
5.1. Equipos médicos.....	164
5.1.1. Paneles de distribución.....	167
5.1.2. Detector de fase	175
5.1.3. Interruptores diferenciales, diferencia entre tierra y neutro.....	1776
5.1.4. Efecto magnético y peligros en circuitos eléctricos.....	18079
5.1.5. Equipos eléctricos en quirófanos y salas de recuperación	1821
5.1.5.1. Bisturí eléctrico.....	1832
5.1.5.2. Monitores.....	1834
5.1.5.3. Desfibrilador	1865
5.1.5.4. Equipo para anestésiar.....	1887
5.2. Equipos eléctricos en servicios auxiliares del hospital de SOLCA.....	1898
5.2.1. Área de cocina.....	1898
5.2.2. Área de lavandería	1910

5.2.3. Acondicionador de aire (CHILLER).....	1921
5.2.3.1. Sistema de aire para quirófano	1943
5.2.4. Bomba de vacío.....	1965
5.2.5. Split de pared.....	1987
CAPITULO 6.....	199
6. ELEMENTOS Y DISPOSITIVOS PARA MINIMIZACION DE RIESGOS	199
6.1. Medidas para prevenir las sobre intensidades.....	2010
6.1.1. Protecciones contra sobrecargas	2010
6.1.2. Protecciones contra cortocircuitos	2065
6.1.3. Sobre intensidades	21009
6.1.4. Sobre tensiones.....	2110
6.1.5. Mallas puesta a tierra	2143
CONCLUSIONES	2221
RECOMENDACIONES.....	2243
ANEXOS	
BIBLIOGRAFIA	

RESUMEN

El Actual HOSPITAL DE SOLCA, fue construido el año de 1990, en un terreno de la H. Junta de Beneficencia de Guayaquil de aproximadamente 5000m², ubicado en la Avenida edro J Menéndez Gilbert, después de algunas dificultades en su construcción se edificó un hospital con oficinas administrativas que empezó sus funciones en el año 1991.

Este Hospital fue construido con los requerimientos y disponibilidades de aquel entonces, y arranco con el departamento de radioterapia y cirugía.

Posteriormente fue adquiriendo equipos médicos de alta tecnología con componentes electrónicos y radiactivos tales como: Acelerador Lineal, Tomógrafos, Equipos de Cobalto, Rayos X, etc. Por lo cual sus instalaciones eléctricas han sido ampliadas, modificadas y remodeladas, buscando ajustarse a las necesidades de las normas y requerimientos de seguridad eléctrica.

Tomando como base este hospital y teniendo que es uno de los que posee más equipos eléctricos y electrónicos por consiguiente sus instalaciones eléctricas deberían tener una buena seguridad eléctrica.

Se analizarán los circuitos eléctricos del mismo, se identificará, evaluará y tomará en cuenta dispositivos para disminuir los riesgos presentes.

Además se analizará si las instalaciones eléctricas cumplen con las normas y requerimientos internacionales con el fin de disminuir los riesgos tanto para pacientes como para el personal que aquí labora y sentar las bases para mejorar las instalaciones en este hospital como otros.

INTRODUCCIÓN

La seguridad eléctrica en establecimientos hospitalarios tiene como objetivo crear un ambiente cuyo nivel de riesgo sea mínimo para pacientes y usuarios, debido a que la electricidad esta presente desde el encendido de un foco hasta producir el funcionamiento de equipos electromédicos que son de vital importancia en la sobrevivencia del ser humano.

Este trabajo se basa en el estudio de riesgos en instalaciones eléctricas hospitalarias, tomando como modelo el Hospital de SOLCA de la ciudad de Guayaquil. Para su realización se ha tomado en cuenta las normas del NEC y a la vez se han ido revisando las instalaciones eléctricas de las diferentes áreas del nosocomio, con el propósito de establecer una estandarización de las instalaciones bajo los criterios de seguridad.

El capítulo 1, se describen los sistemas de alimentación principal y de emergencia instalados en el Hospital de SOLCA. El capítulo 2 muestra una descripción de los circuitos eléctricos internos del nosocomio.

El análisis de factores presentes que producen peligros y riesgos eléctricos, se lo hará en el capítulo 3 y con estos resultados en el capítulo 4, se evaluará

el área de mayor riesgo tomando como referencia principal el lugar en que el paciente depende de varios equipos electromédicos para poder sobrevivir.

En el capítulo 5, se describen las configuraciones eléctricas para un equipo médico. Por último en el capítulo 6 se especificarán las protecciones necesarias para prevenir sobreintensidades y sobretensiones.

CAPITULO 1

SISTEMAS DE ALIMENTACION PRINCIPAL Y DE EMERGENCIA

Los sistemas de alimentación eléctrica en el hospital de SOLCA son fundamentales para garantizar el continuo funcionamiento en los procesos que se llevan a cabo en el nosocomio.

Los equipos eléctricos para soporte de la vida ayudan a mantener y monitorear la estabilidad de los pacientes en estado crítico, debido a esto no debe haber cortes en su alimentación eléctrica. Para satisfacer este requerimiento, se cuenta con más de un sistema de alimentación.

El edificio de SOLCA (Fig. 1), cuenta con 2 sistemas de alimentación para energizar los circuitos que se encuentran distribuidos en los 5 pisos que posee, de acuerdo a las exigencias de las instalaciones del hospital.



Fig. 1 Hospital de SOLCA

Estos sistemas se encuentran instalados con el fin de garantizar la operación de las instalaciones eléctricas para asegurar la protección personal y de los equipos en las diferentes áreas del hospital, para así permitir el buen desarrollo de los servicios hospitalarios cuyas funciones son las de efectuar diagnósticos y tratamientos de los tumores malignos.

Se estructura con los siguientes Servicios:

Pre-Admisión, Oncología Clínica, Hematología Clínica, Pediatría Oncológica, Neumología Oncológica, Endocrinología, Infectología, Terapia Intensiva, Psicología, Consultorio Familiar, Medicina Transfusional y Cardiología.

Los servicios hospitalarios que ofrece SOLCA se llevan a cabo en:

Planta Baja

Donde encontramos las siguientes áreas, Fig. 1.1 (Véase ANEXO 1):

- Área de Mantenimiento.- casa de máquinas, generador de emergencia, carpintería, electricidad, electrónica, almacenes, etc.
- Área de Lavandería
- Central de Unidades manejadoras de aire
- Central de Transformación
- Área de alimentación y cocina
- Central de Oxígeno
- Área de Medicina Nuclear y de radiología
- Área de Rehabilitación
- Área de laboratorios
- Área de Administración
- Área de Consulta Externa
- Área de Emergencia
- Parqueos

Primer Piso

Donde encontramos las siguientes áreas, Fig. 1.2 (Véase ANEXO 1):

- Centro quirúrgico
- Unidad de Cuidados Intensivos(U.C.I)
- Central De Esterilización
- Capilla
- Área de Cirugía u Hospitalización

Segundo Piso

Donde encontramos las siguientes áreas, Fig. 1.3 (Véase ANEXO 1):

- Área de Cirugía u Hospitalización (Adultos)

Tercer Piso

Donde encontramos las siguientes áreas, Fig. 1.4 (Véase ANEXO 1):

- Área de Medicina u Hospitalización (Pediatria)

Cuarto Piso

Donde encontramos las siguientes áreas, Fig. 1.5 (Véase ANEXO 1):

- Área de Medicina u Hospitalización (Pensionado).

Quinto Piso

Donde encontramos las siguientes áreas, Fig. 1.6 (Véase ANEXO 1):

- Docencia e Investigación
- Residencias

Tipos de Alimentación en Hospitales

En SOLCA y por lo general en los Hospitales, se tienen 2 tipos de alimentación eléctrica las cuales son:

- La Alimentación Principal, es el servicio de energía eléctrica suministrado por la EEE (Empresa Eléctrica del Ecuador) alimentado desde una subestación independiente o desde una red de distribución.
- La Alimentación de Emergencia, funciona cuando la energía de la alimentación principal no esta disponible y para su ingreso en servicio requiere de un sistema de partida y un sistema de traspaso de carga (transferencia), estos sistemas pueden ser de accionamiento manual o automático.

Alimentación Principal



Fig. 1.7 Acometida principal del hospital de SOLCA

Según el análisis de carga realizado por el Hospital de SOLCA, las líneas de distribución principal que le provee la EEE es en Media Tensión (MT, 13.2KV), estas líneas se conectan a la acometida, la cual es SUBTERRANEA (ANEXO 2).

La demanda de carga total inicialmente en SOLCA fue de aproximadamente 1.125KVA, lo que equivale a 900KW, para ese entonces solo contaba con 5 transformadores tipo seco, T1(400KVA), T2(400KVA), T3(300KVA), T4(300KVA) y T5(225KVA), que alimentan a cargas esenciales y no esenciales distribuidas en las áreas de las 5 plantas del edificio.

Actualmente la carga calculada en SOLCA es de aproximadamente 2.400 KVA, lo que equivale aproximadamente a una potencia real de 1900KW , ya que este creció en su infraestructura y a aumentado equipos como el acelerador lineal, tomógrafos, etc., para acoplarse con el constante avance tecnológico del medio.

Al aumentar la carga se agregaron 2 transformadores en aceite, T6 (400KVA) Y T7 (400KVA), para alimentar circuitos no esenciales que se encuentran en las áreas de Planta Baja, es decir su carga aumento en 1.275KVA, lo que equivale a 1000KW; analizando este incremento y según los reglamentos de la EEE, SOLCA debe recibir una alimentación de 69.000 V en Alta Tensión, por lo cual se necesita una Subestación AT -MT -BT, para garantizar una alimentación de 220/110 V. Pero el Hospital cuenta con una Subestación MT/BT. Este defecto implica un grave riesgo para las instalaciones y para las personas, ya que se puede producir una sobrecarga en las líneas de alimentación y se debe corregir ya que no cumple con el Art.220 Parte B del NEC. Pero como la carga ha ido incrementándose paulatinamente, la empresa eléctrica ha ido haciendo los cambios en la alimentación para suplirlo.

En la actualidad en SOLCA, las líneas de distribución principal llegan al poste como se observa en la Fig. 1.7, poseen apartarrayos (ANEXO 2) tipo válvula para 10 KV y portafusibles seccionadores

(ANEXO 2), también llamados velas o fusibles tipo K con capacidad máxima de 15KV- 200 A (véase Fig. 1.8), de donde se conecta el cable tripolar # 1/0 XAT AWG aislado para 15KV, el cual pasa por el reversible y por medio de la acometida subterránea llega hasta la subestación eléctrica MT/BT y se une a los Transformadores de corriente cuya relación es 100/5 A aislado para 15 KV y de voltaje cuya relación es de 13.800/110V (ANEXO 2), como se muestra en la Fig. 1.9. Estos dos transformadores se conectan con los contadores de KW/h (Potencia Activa), KVar/h (Potencia Reactiva) del medidor que provee la empresa eléctrica.



Fig. 1.8

Fuente: Centros de carga y transformadores.ppt

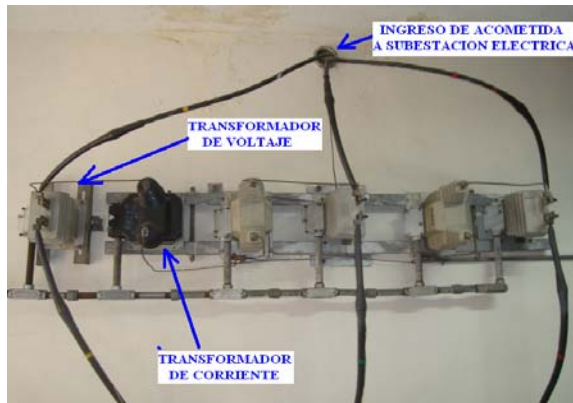


Fig. 1.9

Ingreso de la acometida principal a la subestación eléctrica del hospital de SOLCA

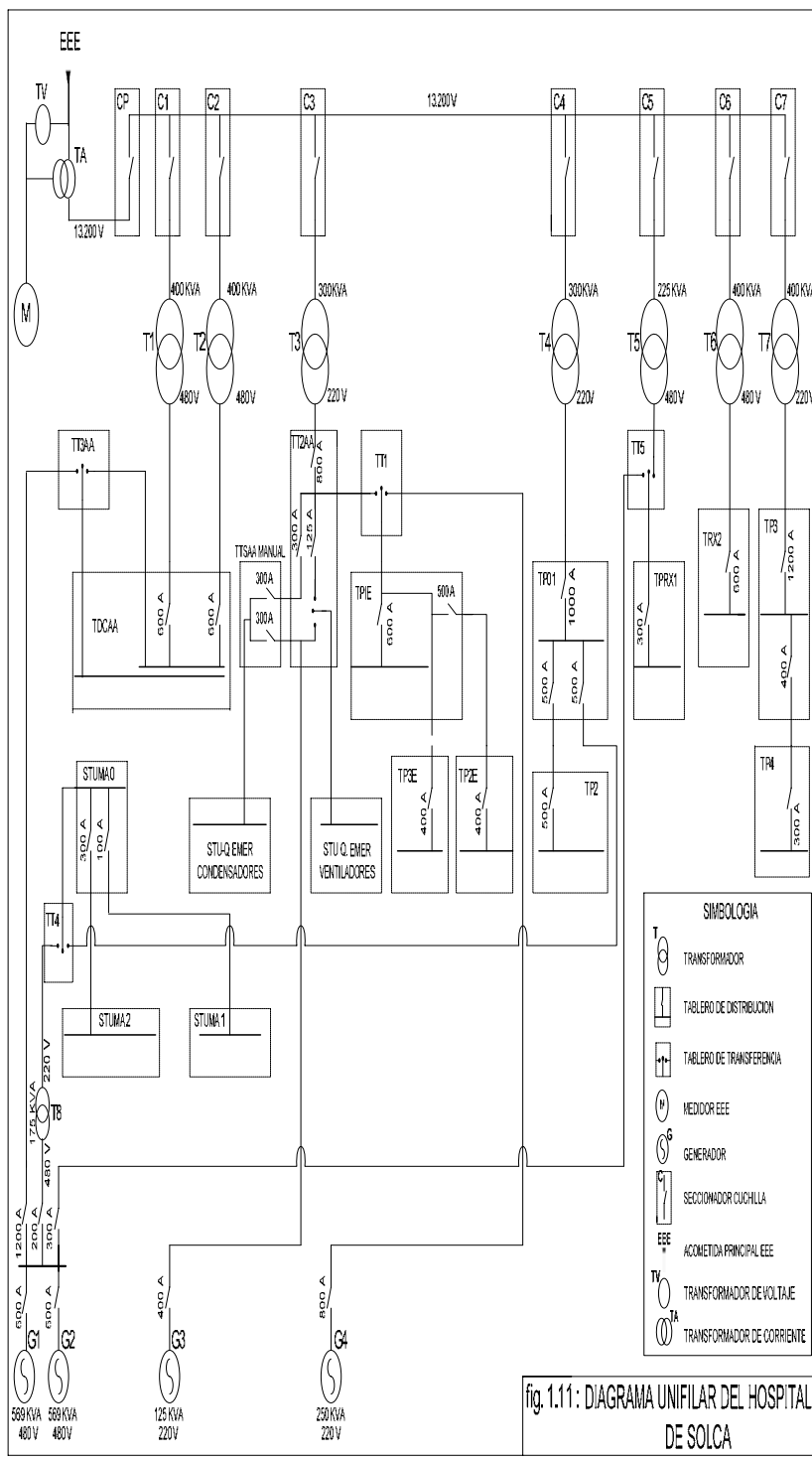
A continuación la acometida ingresa al seccionador tripolar principal (CP) bajo carga para 400 A de capacidad nominal y sus respectivos fusibles de 63 A como se muestra en la Fig. 1.10.



Fig. 1.10

Seccionador principal (CP), del hospital de SOLCA

A continuación en la Fig. 1.11, se muestra el diagrama unifilar del hospital de SOLCA.



SIMBOLOGIA

	TRANSFORMADOR
	TABLERO DE DISTRIBUCION
	TABLERO DE TRANSFERENCIA
	MEDIDOR EEE
	GENERADOR
	SECCIONADOR CUCHILLA
	ACOMETIDA PRINCIPAL EEE
	TRANSFORMADOR DE VOLTAJE
	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE

fig. 1.11: DIAGRAMA UNIFILAR DEL HOSPITAL DE SOLCA

Una vez que ingresan las fases por el seccionador tripolar, salen a conectarse a la barra de cobre de 40x5 mm para distribuirse a 7 seccionadores, los mismos que sirven para protección contra sobre corrientes y tienen las siguientes especificaciones que se observan en la Tabla 1.1:

NOMBRE DE SECCIONADORES	TIPOS DE SECCIONADORES	In (A)	FUSIBLE I (A)
CP	Seccionador tripolar	400	80 A
C1	Seccionador tripolar	400	25 A
C2	Seccionador tripolar	400	25 A
C3	Seccionador tripolar	400	20 A
C4	Seccionador tripolar	400	20 A
C5	Seccionador tripolar	400	16 A
C6	Seccionador tripolar	400	25 A
C7	Seccionador tripolar	400	25 A

Tabla 1.1

Especificaciones de los seccionadores instalados en el Hospital de SOLCA

La salida de cada seccionador continúa conectándose al primario de 7 transformadores, con los siguientes datos mostrados en la Tabla 1 y 2 de 2:

Tabla 1 de 2				
TRANS.	TIPO Y MARCA	POT. (KVA)	FREC. (HZ)	% Imp.
T1	SQUARE D, 3Ø, SECO	400	60	4,8 / 6,4
T2	SQUARE D, 3Ø, SECO	400	60	4,8 / 6,4
T3	SQUARE D, 3Ø, SECO	300	60	6,6 / 8,8
T4	SQUARE D, 3Ø, SECO	300	60	6,6 / 8,8
T5	SQUARE D, 3Ø, SECO	225	60	6,1 / 8,1
T6	ECUATRAN, 3Ø, ACEITE	400	60	5,9
T7	ECUATRAN, 3Ø, ACEITE	400	60	5,9
T8	ECUATRAN, 3Ø, ACEITE	175	60	3,5

Tabla 2 de 2					
TRANS.	B.T		A.T		TEMP. ° C
	V(V)	I(A)	V(V)	I(A)	
T1	480Y/277	482 / 642	13.800	16,7 / 22,3	220
T2	480Y/277	482 / 642	13.800	16,7 / 22,3	220
T3	220Y/127	787 / 1049	13.800	12,5 / 16,7	220
T4	220Y/127	787 / 1049	13.800	12,5 / 16,7	220
T5	440Y/277	272 / 362	13.800	9,4 / 12,5	220
T6	480	48	13.800	16,73	220
T7	220	1050	13.800	16,73	220
T8	220	459,8	480	90,31	85

La salida de estos transformadores de media tensión realiza la distribución en baja tensión en el nosocomio.



Fig. 1.12

Transformador en aceite ubicado en el cuarto de transformadores del hospital de SOLCA

Debemos señalar que es más riesgoso usar transformadores en aceite ya que los transformadores tipo seco no presentan ningún riesgo de fuga o contaminación, mientras que los sumergidos en aceite (Fig. 1.12), si presentan este riesgo, porque el aceite que poseen provoca la propagación del fuego en caso de un incendio. A continuación en la siguiente tabla de la Fig. 1.13, se muestran las ventajas y desventajas de estos transformadores.

VENTAJAS DE TRANSFORMADORES EN ACEITE	VENTAJAS DE TRANSFORMADORES SECOS
<p>1.- Menor coste unitario</p> <p>2.- Menor nivel de ruido</p> <p>3.- Menores pérdidas de vacío</p> <p>4.- Mejor control de funcionamiento</p> <p>5.- Pueden instalarse a la intemperie</p> <p>6.- Buen funcionamiento en atmósferas contaminadas.</p> <p>7.- Mayor resistencia a las sobretensiones, y a las sobrecargas prolongadas</p>	<p>1.- Menor coste de instalación al no necesitar depósito colector construido debajo del mismo.</p> <p>2.- Mucho menor riesgo de incendio. Los materiales empleados en su construcción (resina epoxy, polvo de cuarzo y de alúmina) son auto extingüibles, y no producen gases tóxicos venenosos. Se descomponen a partir de los 300 °C y los humos que producen son muy tenues y no corrosivos.</p>
DESVENTAJAS FRENTE A TRANSFORMADORES SECOS	DESVENTAJAS FRENTE A TRANSFORMADORES EN ACEITE
<p>1.- La principal desventaja, es la baja temperatura de inflamación del aceite, lo que causa el riesgo de incendio con desprendimiento elevado de humos. Según la norma UNE, el valor mínimo admisible de la temperatura de inflamación del aceite para transformadores es de 140 °C.</p> <p>2.- Mayor coste de instalación</p>	<p>1.- Mayor coste, de la instalación</p> <p>2.- Mayor nivel de ruido</p> <p>3.- Menor resistencia a las sobretensiones</p> <p>4.- Mayores pérdidas en vacío</p> <p>5.- No son adecuados para instalación en intemperie, ni para ambientes contaminados.</p>

Fig. 1.13

NEC Art. 450

El cuarto de transformadores en SOLCA (Fig. 1.14) permite controlar el flujo de la energía necesaria para llevar a cabo los procesos hospitalarios, esta cuenta con un área aproximada de 13.16 x 6.52 m y una altura de 3 m, que alberga la capacidad de 2.225 KVA de los transformadores en servicio, puerta con malla metálica de 1 m. de ancho por 2 m de alto con cerradura, los pisos y las paredes son

hechas de concreto de 10 cm de espesor, no existe murete alguno que permita confinar el aceite de los transformadores, posee 9 orificios de aproximadamente 0.3 m² cada uno descubierto y con una separación de 5 cm, ubicados en la loza para ventilar el área; se encuentra ubicada en la planta baja frente al parqueadero sin que haya un primer piso sobre esta, no se observa ningún tipo de tubería ajena a la instalación que entre o atraviese la subestación, pero si se permite guardar materiales que no deben estar allí.



Fig. 1.14

Cuarto de transformadores del hospital de SOLCA

Según el Art. 450 Parte C NEC. Podemos darnos cuenta que en SOLCA, la central de transformación no cumple con la norma especificada, ya que no posee murete para disminuir la propagación

de un incendio, no cuenta con buena ventilación, no posee resistencia al fuego mínima de 3 horas (una construcción de concreto reforzado de 15 cm. de espesor), se guardan materiales ajenos al lugar y el área no es suficiente para la cantidad de transformadores que posee.

1.3. Fuentes de Energía y Generadores

Los Hospitales, Centros de Salud y en particular el Hospital de SOLCA no pueden quedarse sin abastecimiento de la energía principal y en el caso de corte de esta, se debe poseer sistemas de emergencia alimentados por generadores o fuentes de energía alterna que garanticen el normal funcionamiento de los circuitos y equipos médicos para que mantengan el buen estado del paciente. Este hospital si cuenta con el sistema de emergencia ya que es muy necesario mantener la continuidad del servicio eléctrico en la mayoría de las áreas del hospital.

Posee cuatro generadores a Diesel, cuyos datos de placa se muestran en las siguientes Tablas 1 y 2 de 2:

Tabla 1 de 2

GEN.	TIPO Y MARCA	FREC. HZ	COS θ	POT. KVA	VEL. RPM
G1	CATERPILLAR, 3 Φ	60	0.8	569	1800
G2	CATERPILLAR, 3 Φ	60	0.8	569	1800
G3	CATERPILLAR, 3 Φ	60	0.8	125	1800
G4	CATERPILLAR, 3 Φ	60	0.8	250	1800

Tabla 2 de 2					
GEN.	GENERA		EXCI.		TEMP.° C
	V(V)	I(A)	V(V)	I(A)	
G1	480	864	36	7.4	105
G2	480	864	36	7.4	105
G3	120/208	347	36	7.2	130
G4	240	752	40	8.6	130

Estos Generadores se acoplan al requerimiento de carga cuando se pierde la alimentación principal en las áreas esenciales para la atención de los pacientes, además cuenta con el sistema de alimentación ininterrumpible, el cual es utilizado para el área de quirófanos.

En el Hospital de SOLCA estos generadores (Fig. 1.14), cumplen un papel muy importante ya que alimentan a los diferentes circuitos de la siguiente manera:



Fig. 1.15

Generador del hospital de SOLCA

- Los generadores G1 y G2 de 569 KVA, los cuales se conectarán en paralelo cuando los requerimientos de carga lo ameriten, con la ayuda de un tablero de paralelismo (Fig. 1.16), cuyo principio se basa en conectar los dos generadores a una misma barra (Fig. 1.17), detectando por medios electrónicos, igual voltaje, igual frecuencia y el mismo sentido de rotación (igual fase) entre los dos generadores. (ANEXO 2).



Fig. 1.16
Tablero de paralelismo de generadores G1 y G2 del hospital de SOLCA

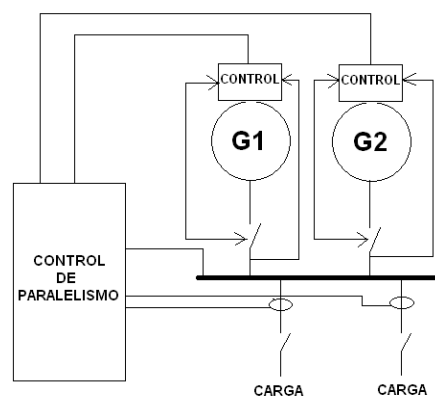


Fig. 1.17
Generadores en Paralelo

Esto ocurre cuando se produce un corte de la energía normal, y mediante los tableros de transferencia TT3AA (el cual permite se energice el tablero TDCAA que alimenta a todos los motores de la central de acondicionadores de aire), TT4 (el

cual permite se energice el tablero STUMA 0 que alimenta a los diferentes tableros del sistema de aire) y TT5 (el cual permite se energice el tablero TPRX1 que alimenta a los equipos de radiología y medicina nuclear), empieza el funcionamiento de ambos generadores a la vez, luego de lo cual por medio el tablero de paralelismo se determina que:

Si la demanda de energía sobrepasa del 60% de la carga de uno de los generadores, permitirá que continúen encendidos los dos, pero si la carga es menos del 60%, seguirá funcionando solo uno.

- El generador G3 de 125 KVA, funciona cuando la energía principal se pierde y permite que el tablero STU Q. EMER VENTILADORES (que alimenta solo al sistema de aire para quirófanos, U.C.I y recuperación) se mantenga energizado por medio del tablero de transferencia TT2AA y el tablero STU-Q EMER CONDENSADORES (que alimenta a los condensadores para producir aire a quirófanos, U.C.I y recuperación, solo en caso de que STU Q. EMER VENTILADORES no funcione), ingrese a funcionar por medio del tablero de transferencia manual TTSA (Fig. 1.18).



Fig. 1.18

Tablero De transferencia manual TTSAA del Hospital de SOLCA

- El generador G4 de 250 KVA, se conecta al tablero de transferencia TT1, para alimentar al tablero TPIE que energiza a los circuitos de alumbrado y tomas de emergencia del hospital.

Los Generadores funcionan accionados por motores de combustión interna, con equipos de control para monitorear la cantidad de combustible, alarmas de nivel para seguridad de la alimentación y no parar por el efecto de falta de combustible por tal motivo cuentan con un tanque de reserva de diesel de 500 galones. Según el Art. 700-12 b) NEC, el cuarto de generadores del hospital de SOLCA, no cumple completamente con esta norma, debido a que el tiempo de arranque mas su estabilización de voltaje y frecuencia es mayor a 10 seg. Una solución para este caso sería cambiar algunos generadores debido a

su tiempo de arranque lento por generadores actuales que tiene menor tiempo de arranque.

Alarmas del nivel de combustible y un sistema automático que conecte o desconecte los circuitos tomando en cuenta el grado de importancia de cada uno, para garantizar la alimentación alterna de estos.

1.4. Control del Sistema

Este proceso se lo puede realizar utilizando contactores, temporizadores intercambiadores, equipos de conmutación manual o automática, seccionadores, etc.

Para manejar estos sistemas es necesario que exista un tiempo adecuado en el momento de la transferencia entre las fuentes de alimentación, la cual deberá estar estabilizada durante el intercambio para evitar variaciones bruscas de voltaje durante la conexión.

La transferencia entre la alimentación principal y los generadores puede efectuarse por medio del sistema de gestión, en SOLCA, el personal técnico realiza un mantenimiento preventivo semanalmente, para probar su efectividad y disminuir el riesgo de que estos fallen en el momento de su uso, ya que funcionan solo en caso que se produzca un corte de la energía principal.

1.4.1. Autómatas Programables

Se entiende por Autómata Programable o Controlador Lógico Programable (PLC), a toda máquina electrónica, diseñada para controlar en tiempo real y en medio industrial, procesos secuenciales. Su manejo y programación puede ser realizada por personal eléctrico o electrónico sin conocimientos informáticos. Realiza funciones lógicas: series (AND), paralelos (OR), temporizaciones, contajes y otras más potentes como cálculos y regulaciones, etc.

En el Hospital de SOLCA, el tablero de maniobra para el sistema generador (grupo electrógeno) esta supervisado por un autómata programable, que comanda un dispositivo de transferencia de la carga entre el grupo electrógeno y la alimentación principal, como se muestra en la Fig. 1.19.

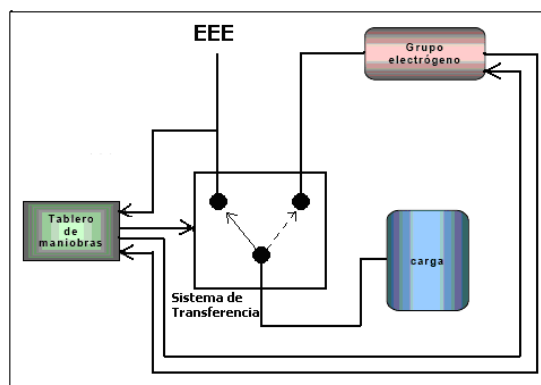


Fig. 1.19
Sistema de transferencia de energía en hospital de SOLCA

El tablero de maniobras censa la alimentación principal, cuando ocurre un corte de esta, el autómata espera un tiempo de 15 seg., y envía una señal la cual da arranque al equipo electrógeno, luego de que este ha estabilizado su voltaje generado envía una señal al tablero de maniobras, el mismo que activa la transferencia, en caso de que el generador no envíe la señal de estabilización, la transferencia no se activará.

El tablero de maniobras del hospital de SOLCA se muestra en la (Fig. 1.20).



Fig. 1.20
Tablero de maniobras del hospital de SOLCA

El uso de este equipo tiene varias ventajas ya que reduce el costo de mantenimiento, el sistema es más confiable porque se

eliminan contactos móviles innecesarios y tiene menor tiempo para la puesta en marcha.

1.4.2. Sistema de gestión

El sistema de Gestión trata del control, supervisión y coordinación de la operación integrada de los recursos de generación y transmisión del sistema eléctrico que funciona en algún tipo de establecimiento. En este caso Los ingenieros planifican por medios de gestión con lo cual garantizan el funcionamiento del sistema y a la vez facilitan la obtención de la información necesaria para diseñar las acciones de mejora continua.

En el hospital de SOLCA el personal que lleva a cabo el sistema de gestión esta estructurado como se muestra en el siguiente diagrama de la Fig. 1.21

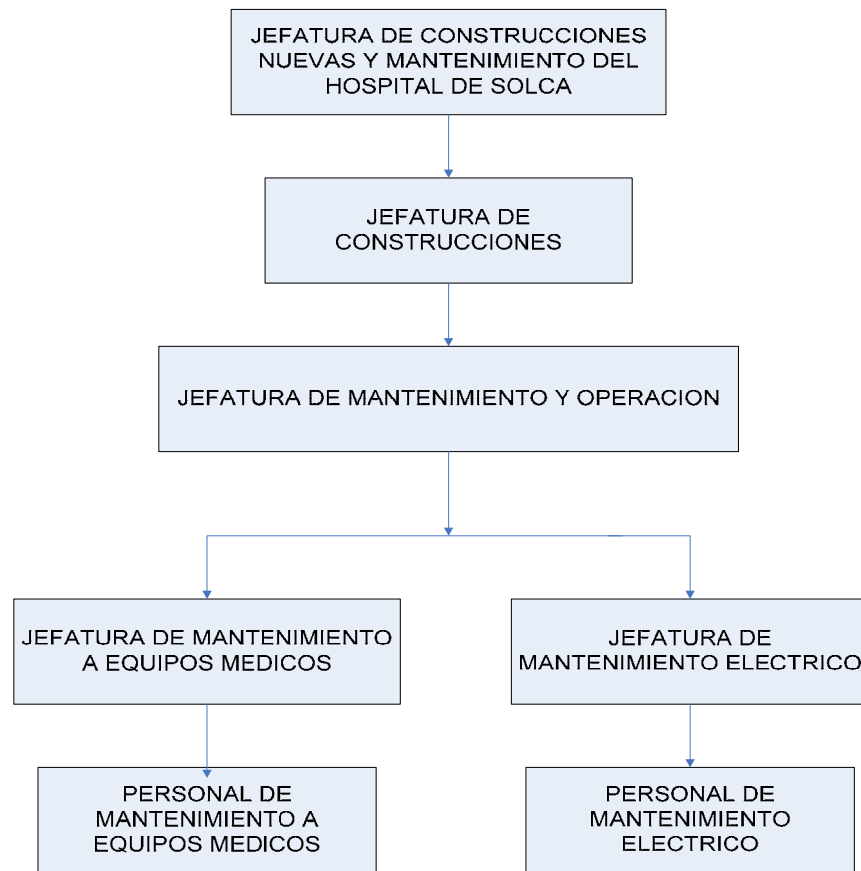


Fig. 1.21

Estructura del personal de mantenimiento en el hospital de SOLCA

En la gestión se observa que el operador y los ingenieros controlan el funcionamiento de los equipos y en general de toda la parte eléctrica desde muy cerca, en SOLCA observamos que se la realiza en la central de unidades manejadoras de aire, en el sistema de bombas contra incendios, sistema de calderas, etc.

CAPITULO 2

2. CIRCUITOS ELECTRICOS EN HOSPITALES

En el hospital de SOLCA existen varios circuitos según sus necesidades, como son los circuitos de tomas, alumbrado y equipos o tomas especiales los cuales a su vez se encuentran clasificados dentro de los circuitos esenciales y no esenciales, los mismos que pueden ser alimentados por el sistema principal y el grupo electrógeno.

La siguiente Fig. 2, muestra un diagrama resumido de los circuitos esenciales y no esenciales:

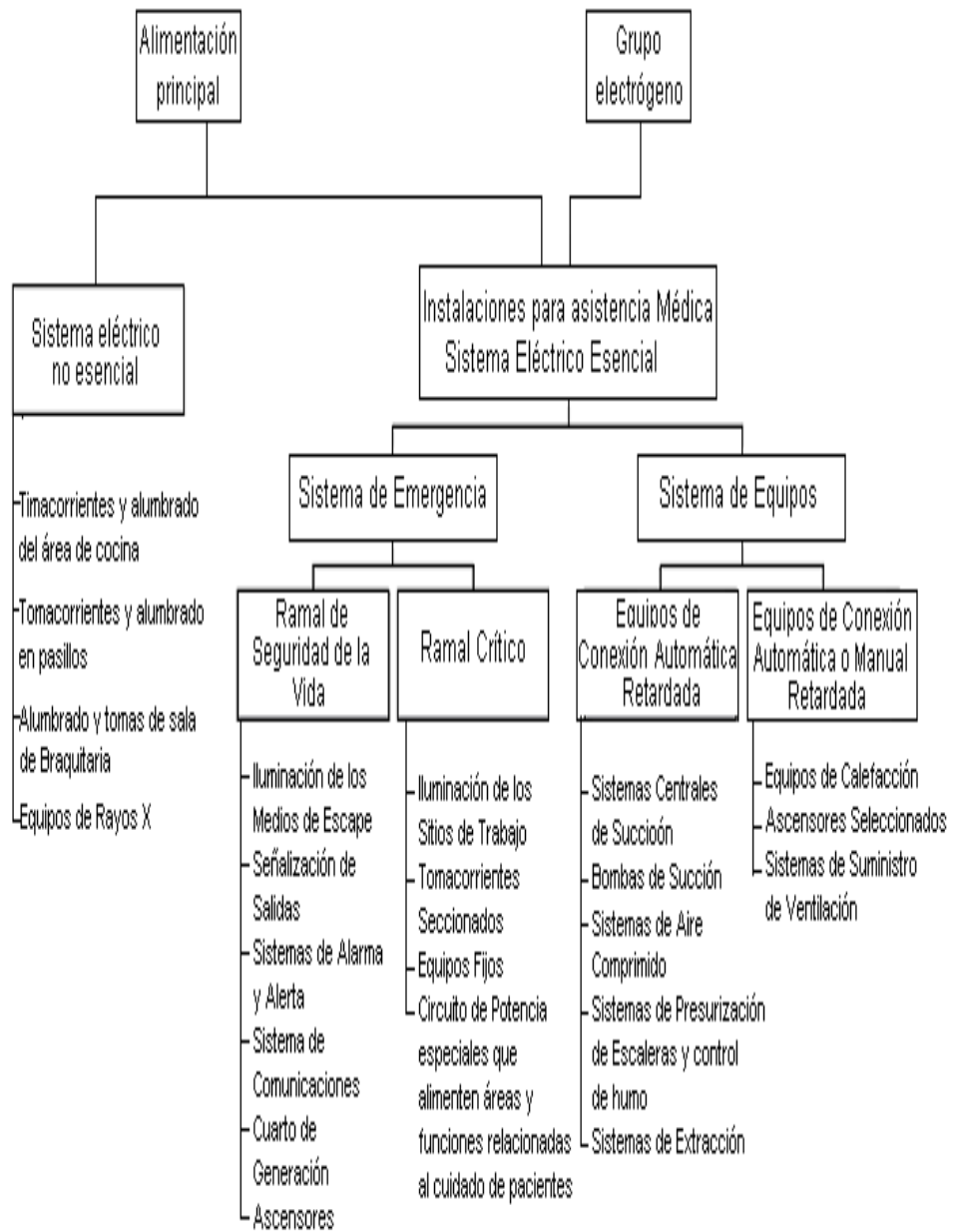


Fig. 2

Sistemas esenciales y no esenciales

2.1. Circuitos derivados esenciales por áreas en el hospital

Los circuitos derivados esenciales son aquellos que deben funcionar ininterrumpidamente, por lo que requieren necesariamente ser alimentados por 2 o mas fuentes de alimentación.

Al analizar estos sistemas podemos encontrar los circuitos derivados esenciales en las diferentes áreas del hospital y para esto podemos clasificarlos en locales de uso médico y locales de uso no médico.

Los locales de uso no médico poseen circuitos eléctricos que si pueden ser interrumpidos y los encontramos en pasillos, salas de espera, auditorio, lavandería., etc.

Los locales de uso médico en el hospital de SOLCA, se dividen en tres grupos muy importantes, ya que en estos locales se trata específicamente al paciente.

Salas del grupo 0; Aquí no se emplean aparatos o dispositivos electromédicos (equipos eléctricos de uso invasivo), conectados al paciente, en SOLCA encontramos que las salas que pertenecen a este grupo son: las salas de esterilización, salas de patología, diagnostico preventivo, salas de radioterapia y consultorios. Los tableros de estas salas poseen protecciones simples (Breakers) para los circuitos de tomas y alumbrado.

Salas del grupo 1; Aquí los pacientes entran en contacto con equipamiento médico a partir de sus partes aplicables al cuerpo, las salas que pertenecen a este grupo son: consultorios, hemoterapia, Mamografía, rayos X sala 1, rayos X sala 2, tomografía, mevatron, ecografía, acelerador lineal, simulador, cobalto, gamma cámara. Estos tableros poseen contactores y un dispositivo de protección magneto térmica, de donde se energizan a pulsadores de emergencia y al equipo, a estas salas se agregan circuitos de tomas, toma especial y alumbrado.

Salas del grupo 2; Aquí el equipamiento médico entra en contacto con el paciente de la misma manera que en el grupo 1, pero además se aplican electrodos en condiciones especiales dado que el paciente puede estar sedado o anestesiado, las salas del hospital de SOLCA que pertenecen a este grupo son: Unidad de cuidados intensivos (UCI), quirófanos y recuperación. Cada sala posee un tablero de aislamiento para alimentar tomas, además cuenta con un tablero de emergencia para tomas y alumbrado, cada sala cuenta con una toma específicamente para equipos de rayos X y una lámpara de cirugía

El siguiente diagrama de bloques de la Fig. 2.1, muestra como encontramos esta distribución en SOLCA.

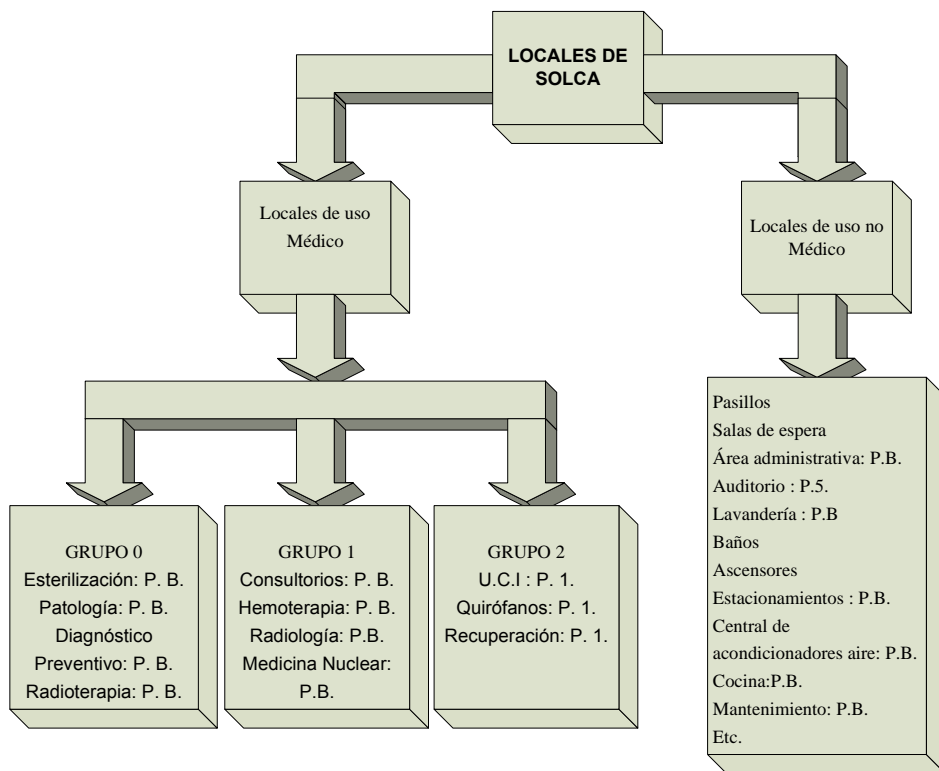


Fig. 2.1

Locales del hospital de SOLCA

2.1.1. Circuitos derivados para camas de pacientes

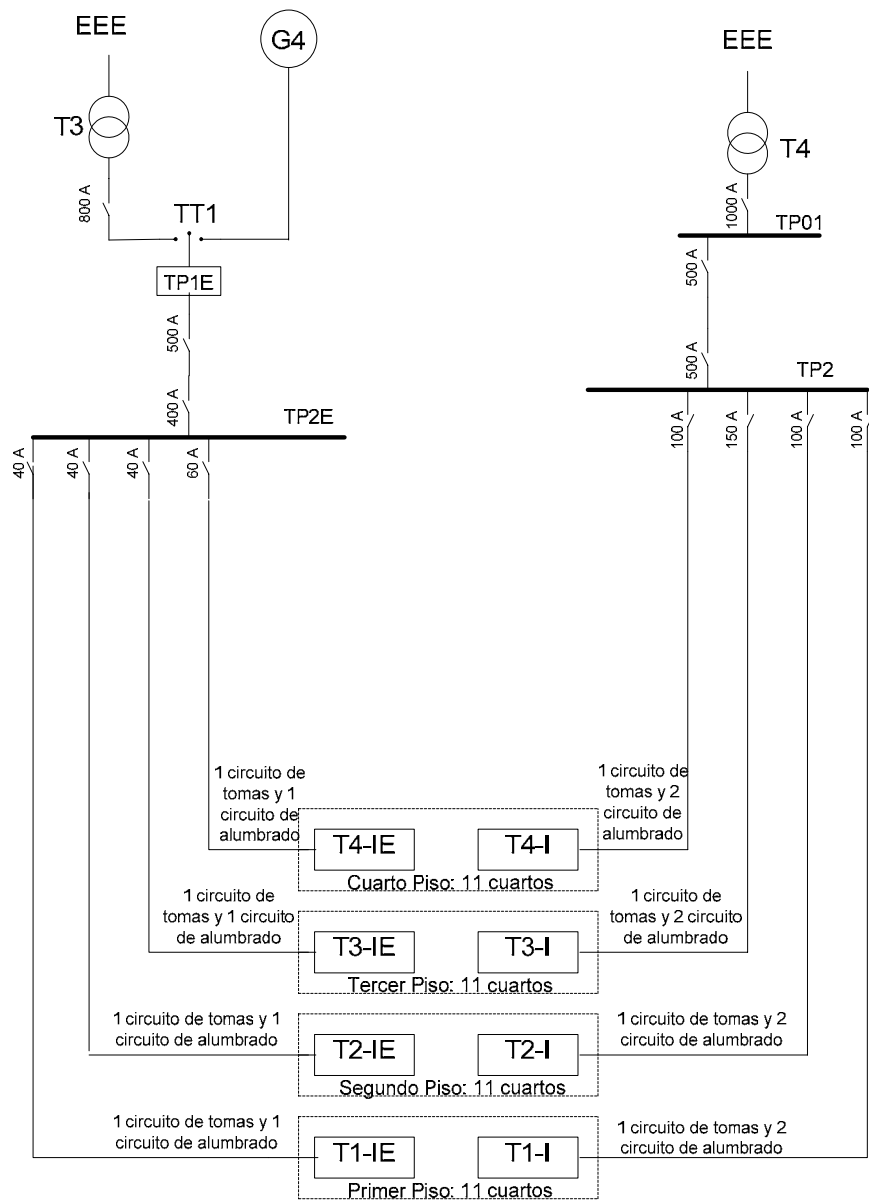
Los circuitos que existen en las áreas de camas para pacientes y muy necesarios para mantener el bienestar y la seguridad de estos, son el circuito de alumbrado, el circuito de tomacorrientes y el circuito de equipos.

Se tienen circuitos derivados para camas de pacientes en áreas de atención general y circuitos derivados para camas de pacientes en áreas de atención crítica.

En SOLCA, los circuitos de camas que pertenecen a las áreas de atención general son:

Las camas que se encuentran en los cuartos del área de cirugía u hospitalización ubicadas en el primer piso, las camas de los cuartos del área de cirugía u hospitalización que se encuentran en el segundo piso, medicina u hospitalización (Pediatria), que se encuentran en el tercer piso y medicina u hospitalización (Pensionado), que se encuentran en el cuarto piso, en donde observamos que cada cuarto posee la misma cantidad de camas y los mismos circuitos del primer piso.

El grafico de la Fig. 2.2 muestra los circuitos de las camas que pertenecen a estas áreas.



Tn-IE: Tablero de Emergencia (n= 1, 2, 3 y 4)

Tn-I : Tablero solo con alimentación principal (n= 1, 2, 3 y 4)

Fig. 2.2

Circuitos de las camas en áreas de Atención General

Estas áreas deben contar con dos o más circuitos derivados, donde al menos uno debe provenir del tablero del sistema principal, todos los circuitos provenientes al sistema normal deben originarse en el mismo tablero de alumbrado y control. Ver Art. 517-18 a) NEC. Al observar el diagrama antes descrito de los circuitos derivados en camas del hospital de SOLCA, vemos que si va acorde con este artículo.

En un circuito de alumbrado se debe tomar en cuenta la capacidad de carga máxima que debe tener, la ubicación de sus breakers y puesta a tierra de todos los componentes de las luminarias véase el Art. 220-1b)NEC, art.380-8NEC, art.517-32 a)NEC.

Las áreas de atención crítica son aquellas en las cuales los pacientes son sometidos a procesos invasivos y conectados a aparatos electromédicos alimentados por la red, como almohadillas calientes, electrocardiógrafos, bombas de drenaje, monitores, otoscopios, oftalmoscopios, líneas periféricas intravenosas, etc.

En SOLCA, los circuitos de camas que pertenecen al área de atención crítica son:

Las camas de la sala de recuperación, ubicadas en el primer piso. El siguiente grafico de la Fig. 2.3, muestra los circuitos en esta sala.

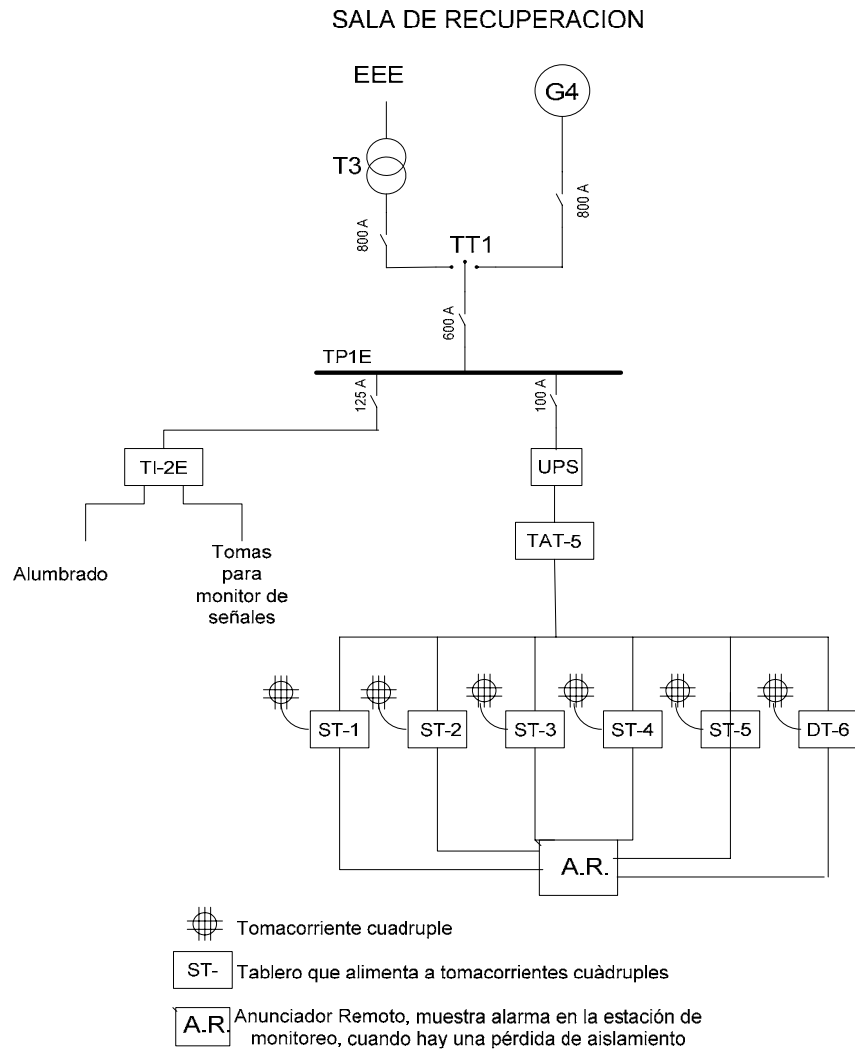


Fig. 2.3

Circuitos de camas en salas de Recuperación

Las camas de la sala de cuidados intensivos (UCI) ubicadas en el primer piso. El siguiente grafico de la Fig. 2.4, muestra los circuitos en esta sala.

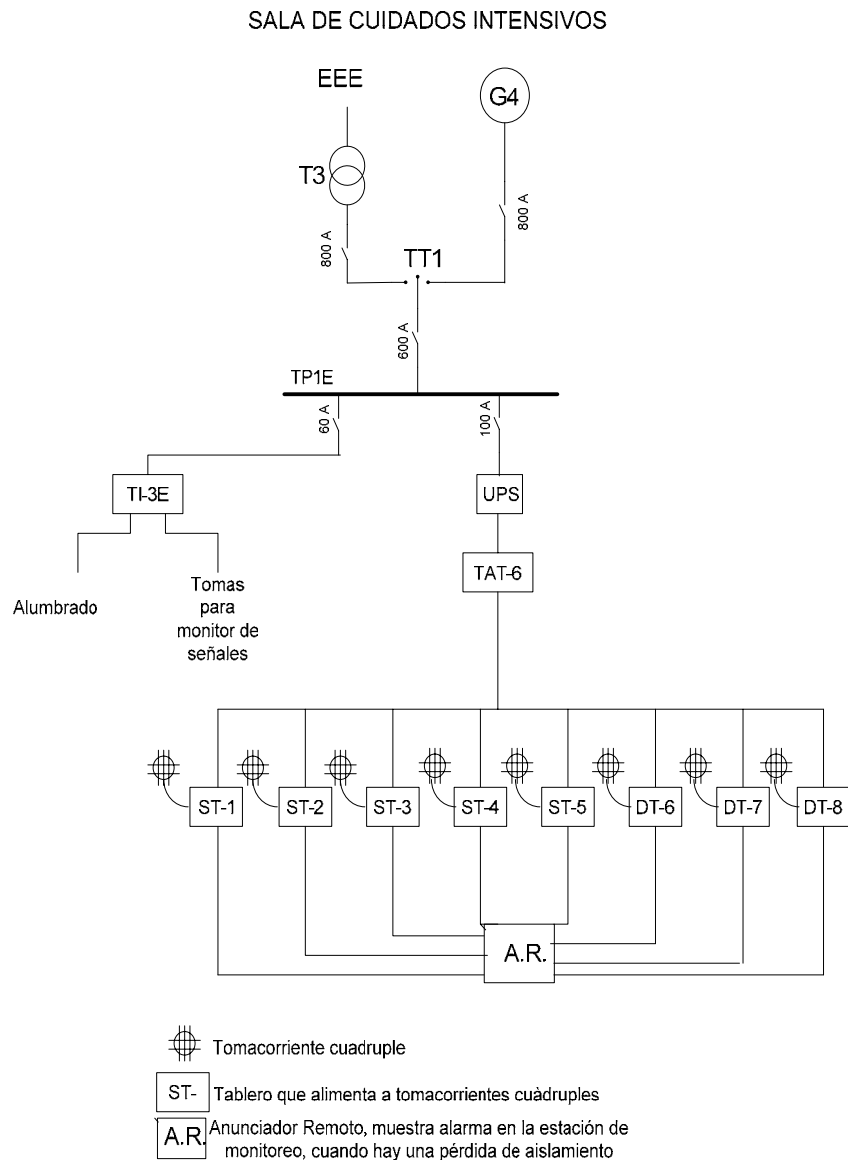


Fig. 2.4

Circuitos de camas en Sala de Cuidados Intensivos

En estas áreas cada cama de paciente debe ser alimentada de por lo menos dos circuitos, los cuales uno o más de ellos debe provenir del sistema de emergencia y al menos uno de ellos debe ser un circuito individual. Todos los circuitos que pertenezcan al sistema normal deben originarse en el mismo tablero. Véase Art. 517-19 NEC. Los circuitos en las camas de estas salas si cumplen con este artículo.

2.1.2. Receptáculos para camas de pacientes

En áreas de atención general se debe proveer a cada cama de paciente un mínimo de cuatro tomacorrientes sencillos o dos dobles, puestos a tierra mediante un cable de cobre aislado dimensionado.

En las áreas de cirugía u hospitalización y medicina u hospitalización del hospital de SOLCA, encontramos que en los cuartos de camas cada uno posee las siguientes tomas mostrados en la Fig. 2.5.

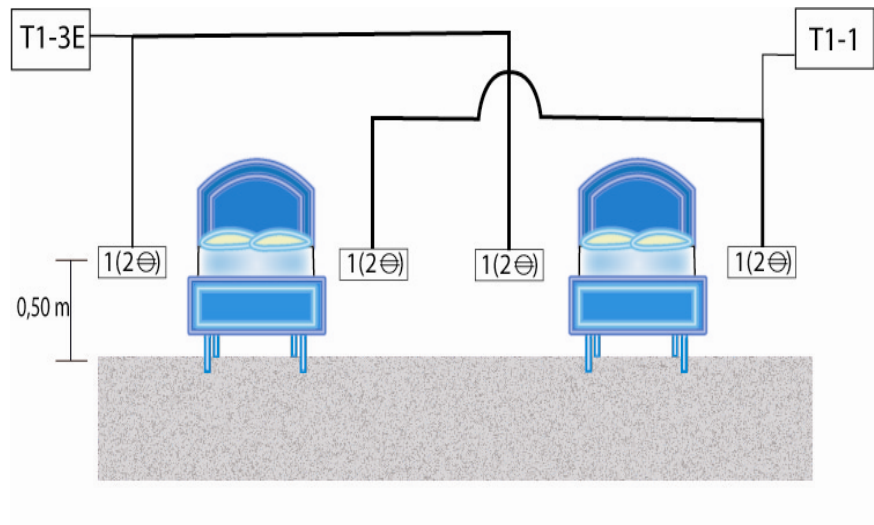


Fig. 2.5

Circuitos de receptáculos en camas de las salas de Hospitalización

Todos los tomacorrientes ubicados en las camas son polarizados y puestos a tierra. En la Fig. 2.6, se muestra el tipo de tomas dobles que se usan en SOLCA.



Fig. 2.6.

Tomas dobles polarizadas utilizadas en el hospital de SOLCA

Pero cada cama de pacientes debe tener receptáculos grado hospitalario (ANEXO 2) como los que se muestran en la Fig. 2.7. Según el art. 517-18 b) NEC.



Fig. 2.7

Receptáculos grado hospitalario

En Áreas de atención crítica cada cama de paciente deberá estar provista de seis tomacorrientes sencillos o tres dobles puestos a tierra al punto de puesta a tierra de referencia, con conductor de cobre aislado de puesta a tierra de equipos.

En cada cama de cuidados intensivos y recuperación de SOLCA tenemos las siguientes tomas mostradas en la Fig. 2.8.

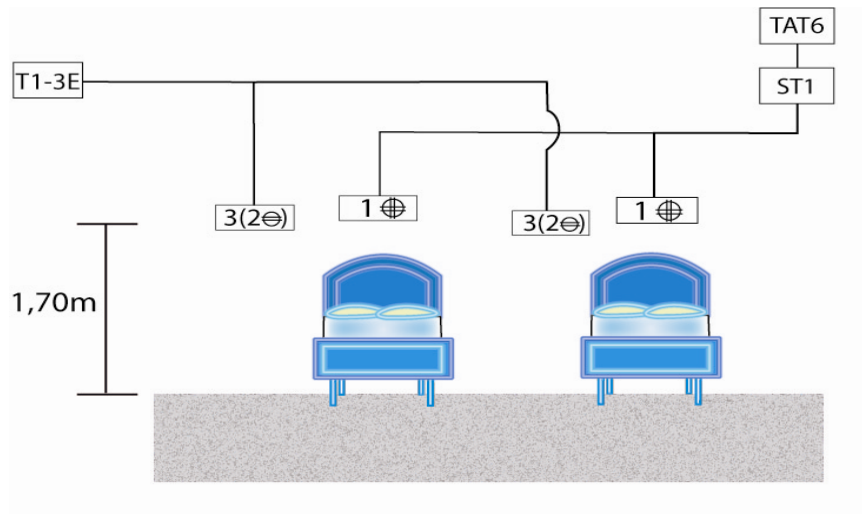


Fig. 2.8

Circuitos en camas de las salas de cuidados críticos

Tenemos tomas dobles de 110V, polarizadas, a una altura de 1.70 m. del piso con alimentación de emergencia como se muestra en la Fig. 2.9.



Fig. 2.9.

Tomas dobles polarizadas utilizadas en la Unidad de Cuidados Intensivos del hospital de SOLCA

Tomas cuádruples o también llamadas módulos de fuerza y tierra, ya que posee cuatro tomas de fuerza no puestas a tierra con alimentación de emergencia y cuatro tomas a tierra, a una altura de 1.70 m del piso, como se muestra en la Fig. 2.10.

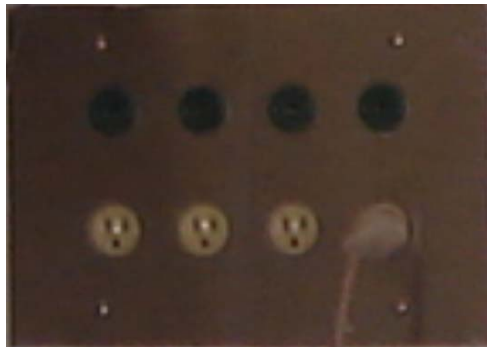


Fig. 2.10

Modulo de fuerza y tierra utilizadas en Salas de Cuidados Intensivos del hospital de SOLCA

Todos los tomacorrientes deben ser del tipo “Grado Hospitalario” e identificarse de forma visible como tales. Véase Art. 517-19 b) NEC.

El Hospital de SOLCA si cuenta con la cantidad necesaria de receptáculos especificados según el Art. 517-18-19 b) NEC, pero existe un defecto pues que los receptáculos no son grado hospitalario, se encuentran instaladas tomas polarizadas de uso normal.

2.2. Circuitos en áreas de atención crítica

Esta área es de principal interés en un hospital ya que cualquier superficie conductora de electricidad que eventualmente entre en contacto con el paciente o los aparatos a él conectados, son posibles fuentes de corrientes eléctricas que podrían circular por su cuerpo.

Las áreas del grupo 1 y grupo 2 del hospital de SOLCA señaladas anteriormente, son clasificadas como áreas de atención crítica.

En estas áreas siempre se utilizan los Equipos de Soporte de Vida, es decir equipos que no pueden dejar de ser alimentados eléctricamente, además con frecuencia es un área húmeda por el tipo de trabajo que se realiza, y también, puede ser explosiva por los anestésicos o gases utilizados.

En el hospital de SOLCA, observamos que los circuitos instalados en áreas de atención crítica, son los circuitos de alumbrado, circuitos de tomacorrientes, circuitos de equipos fijos y los circuitos para camas eléctricas, que son alimentados por el sistema eléctrico esencial.

En estas áreas se debe garantizar que la alimentación no sea interrumpida, por lo cual se debe contar con UPS. Para la protección contra contactos directos e indirectos se debe poseer de sistemas aislados y existir equipotencialidad. Véase art. 517-2 2) NEC.

2.2.1. Fuente de poder ininterrumpida

SOLCA utiliza la fuente de poder ininterrumpida (UPS), en varios equipos tales como: computadores, equipos de tomografía y en especial en los circuitos localizados en salas de cuidados intensivos (UCI), recuperación y el centro quirúrgico, ya que por medio de este, se alimentan a los circuitos de tomacorrientes, alumbrado y a la lámpara de cirugía, cuando se da algún fallo en la alimentación principal o la alimentación del equipo electrógeno.

El UPS que se muestra en la Fig. 2.11, instalado en el hospital de SOLCA que alimenta los circuitos de las áreas de atención crítica tiene las siguientes características:

MARCA POWERWARE

INPUT		OUTPUT		BATTERY
200 – 240V~	ASY – 0673	100 – 127/200 – 240V~	PF 0.83	120 V ---
100 A MAX.	ASY – 0674	200 – 240V~	PF 0.70	126 A
50/60 Hz	ASY – 0675	133 – 143V ---		
	DISPLACEMENT +0.9 – 0.83 pf, 50/60HZ, 1Ø			
	MAX. 18 kVA			
				LAB – 2157



Fig. 2.11

UPS instalado en centro quirúrgico del Hospital de SOLCA

Los UPS son convertidores estáticos alimentados por grupos de baterías, las cuales se recargan cuando la alimentación principal esta presente.

Existen diferentes tipos de UPS, los cuales los describiremos a continuación:

“El UPS Off Line (Fuera de Línea) ó Stand-By, se le llama off Line porque el Inversor se encuentra fuera del camino principal de la [corriente](#), y Stand-By porque el Inversor se encuentra apagado (en espera) de que sea requerido para encender”.

A continuación se muestra un diagrama a bloques del UPS Off-Line:

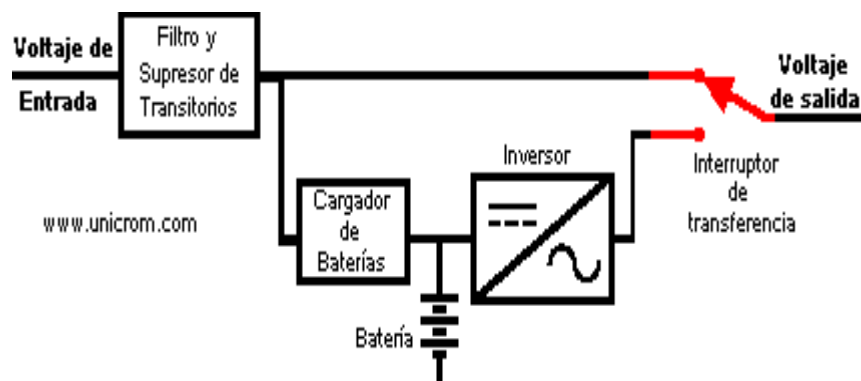


Fig. 2.12

**Electrónica Unicrom
Ing. Miguel Ángel Estrada Vidales
Monterrey, N.L. México**

“UPS ON Line (En Línea), este tipo de equipos es llamado, En Línea, debido a que el Inversor se encuentra dentro de la línea principal de energía ya que siempre se encuentra operando”.

Este tipo de UPS, es el que ofrece mayor nivel de protección.

A continuación se muestra el diagrama de bloques del UPS On Line:

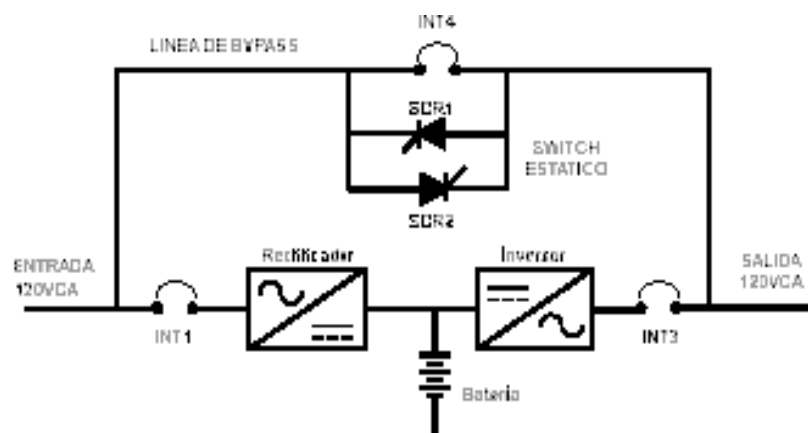


Fig. 2.13

Electrónica Unicrom
Ing. Miguel Ángel Estrada Vidales
Monterrey, N.L. México

Debemos señalar que en usos hospitalarios, es recomendable usar el UPS on-line, ya que no tiene tiempo de transferencia entre la alimentación principal y la energía entregada por las baterías del equipo.

En el hospital de SOLCA el UPS usado en las áreas de atención crítica es tipo ON-LINE, ya que no hay interrupción en el circuito cuando se produce la transferencia de energía si se da algún fallo en la red eléctrica normal o sea que su tiempo de conmutación es igual a cero.

2.2.2. Sistemas de aislamiento de seguridad

Este sistema es una protección contra contactos directos e indirectos, el cual consiste en separar los circuitos de utilización de la fuente de energía por medio de transformadores que mantienen aislados de tierra todos los conductores del circuito de utilización, incluso el neutro.

En SOLCA este sistema de aislamiento es utilizado en las salas del grupo 2 (UCI, RECUPERACION Y QUIROFANOS), para proteger a los pacientes y demás personas que laboran en el hospital.

La siguiente imagen (Fig. 2.16), muestra el esquemático de un tablero para aislamiento.

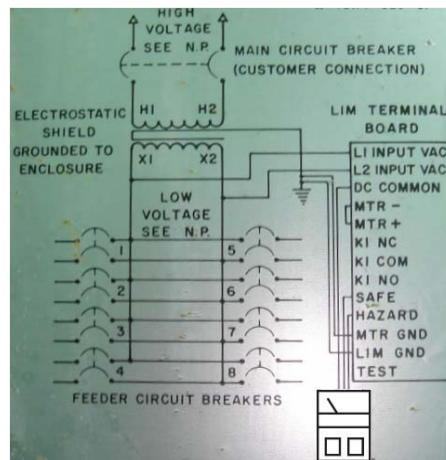


Fig. 2.16

Tablero de aislamiento para el área de cuidados críticos del hospital de SOLCA

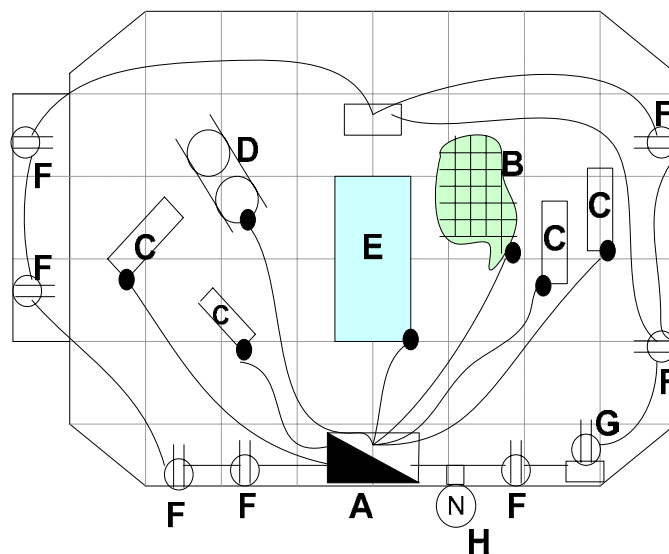
Los transformadores de aislamiento que posee el hospital de SOLCA, tienen una potencia de 10 KVA.

Para realizar la instalación del sistema de aislamiento ver el Art. 517 parte C NEC.

2.2.3. Superficies equipotenciales

Consiste en unir todas las masas de las instalaciones a proteger, entre sí y los elementos conductores simultáneamente accesibles, para evitar que puedan aparecer, en un momento dado, diferencias de potencial peligrosas entre ambos.

Todas las masas de los tomacorrientes, las masas extrañas a la instalación eléctrica como son ventanas, camas, poliductos, etc. deben conectarse en forma radial a la barra equipotencial de la sala, para mantenerlas a todas a un mismo potencial, véase la Fig. 2.17 y 2.18.



- A: Barra de equipotencialidad con tomas de tierra
- B: Vinil Conductor
- C: Aparatos eléctricos con chasis metálico
- D: Tanques herméticos de gas anestésico
- E: Mesa de Operaciones
- F: Tomas
- G: Rayos X
- H: Negatoscopio

Fig. 2.17

Sistema equipotencial en sala de quirófanos Primer Piso

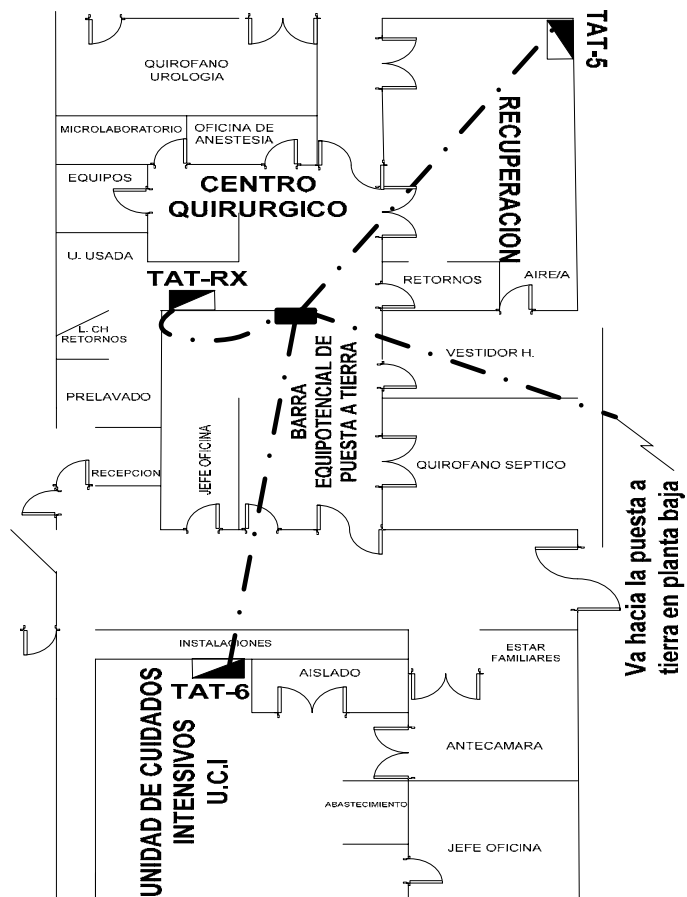


Fig. 2.18

Sistema Equipotencial de los tableros de aislamiento

En el hospital de SOLCA, la barra de equipotencialidad se conecta a los tableros de aislamiento de las salas de recuperación, cuidados intensivos, quirófanos y además a los tableros de aislamiento para tomas de rayos X que se

encuentran solo en los quirófanos, esta se conecta a la barra principal de tierra del edificio.

2.2.4. Interruptor diferencial

El hospital de SOLCA no posee interruptores diferenciales en circuitos instalados en áreas de rayos X, medicina nuclear, braquiterapia, rehabilitación, lavandería, cocina, etc., en los cuales los equipos no son de uso invasivo o los pacientes no dependen de ellos, pero es necesario instalarlos, podemos observar en el diagrama unifilar mostrado en el capítulo 1, que ningún circuito cuenta con estos elementos.

Los Interruptores Diferenciales son un medio eficaz para asegurar la protección de personas contra los riesgos de contacto indirecto o directo (ANEXO 2). Estos dispositivos están constituidos por varios elementos: El captador, el bloque de tratamiento de la señal, el relé de medida y disparo y el dispositivo de maniobra.

En caso del captador el más comúnmente usado es el transformador toroidal. Los relés de medida y disparo son clasificados en 3 categorías según su modo de alimentación

como su tecnología así como son: A propia corriente, con alimentación auxiliar y a propia tensión. (ANEXO 2)

2.2.4.1. Tipos de interruptor diferencial









Existen diferentes tipos de interruptores diferenciales, entre los cuales tenemos:

Los tipo AC, son sensibles a las corrientes de falla alternas.

Los tipo A, son sensibles a las corrientes de falla alternas y continuas pulsadas, usados especialmente para la protección de equipos electrónicos.

Los interruptores diferenciales del tipo B, son capaces de detectar e interrumpir el tipo de corriente diferencial continua o con una mínima ondulación, además de poseer las mismas características de los interruptores del tipo AC y A. Se utilizan en convertidores de frecuencia, equipos electromédicos (equipos de rayos X y tomografía) o UPS.

A continuación se muestra en la Fig. 2.19, las corrientes de disparo de los 3 tipos de interruptores diferenciales descritos anteriormente.

Tipo de corriente	Forma	Ordenamiento funcional del tipo			Corriente de disparo ¹⁾
		AC	A	B	
					
Corriente alterna de defecto		X	X	X	0,5 ... 1,0 $I_{\Delta n}$
Corriente continua de defecto Pulsante (media onda positiva o negativa)			X	X	0,35 ... 1,4 $I_{\Delta n}$
Corriente de semionda recortada			X	X	0,25 ... 1,4 $I_{\Delta n}$ Ángulo de recorte: 90° el Ángulo de recorte: 135° el
Corriente de semionda con corriente continua de 6 mA superpuesta			X	X	max. 1,4 $I_{\Delta n}$ + 6 mA
Corriente continua aplanada				X	0,5 ... 2,0 $I_{\Delta n}$

1) Corrientes de disparo de acuerdo a la norma IEC/EN 61 008 (VDE 0664, parte 10); para corrientes continuas aplanadas establecidas según IEC 60 775.

Fig. 2.19

Los interruptores diferenciales se caracterizan por tener diferentes sensibilidades, la misma que sirve para diferenciar el valor de la corriente de fuga por la cual se desconectará el sistema.

2.2.4.2. Recomendaciones de instalación de interruptores diferenciales.

Los interruptores diferenciales deben incluirse para los circuitos de iluminación.

En circuitos de tomacorrientes, que no sean para equipos de seguridad de vida.

Para equipos de rayos X, los cuales por poseer elevadores de voltaje, podrían generar descargas por el cuerpo del paciente

En la cocina y lavandería por ser sitios húmedos, ya que la humedad facilita el paso de la corriente.

Además en instalaciones para circuitos eléctricos de oficinas y salas de consulta.

2.3. Instalaciones eléctricas en cuartos de anestesia

Se define como cuarto de anestesia al lugar donde se usa gran cantidad de equipos electromédicos, analgésicos inflamables que se aplican al paciente para efectuar terapia, monitorización o diagnóstico. Esto permite mejores tratamientos, pero también implica para el paciente, un aumento del riesgo de accidente por descarga eléctrica o por la formación de mezclas explosivas lo cual es especialmente peligroso cuando se trata de procesos de tipo invasivo (ANEXO 2).

Una mezcla explosiva puede producirse cuando se mezclan anestésicos inflamables como el fluroxeno, ciclopropano, éter divinílico, cloruro de etileno, éter etileno y etileno con el aire, oxígeno o gases rebajados como el óxido nitroso.

En el centro quirúrgico y en salas de intervención del hospital de SOLCA, se usan gases como son el oxígeno, el óxido nitroso y aire comprimido medicinal. Además poseen tomas de vacío. En la Fig. 2.20 y Fig. 2.21, se muestra las tomas de aire medicinal y óxido nitroso usadas en SOLCA.



Fig. 2.20

Tomas de aire medicinal y óxido nitroso en sala de quirófanos del hospital de SOLCA



Fig. 2.21

Tomas de oxígeno y vacío en sala de Quirófanos del hospital de SOLCA

En las salas de quirófanos para evitar cualquier el riesgo de infecciones y explosión, se cuenta con un sistema de ventilación, en el cual el aire esta siempre recirculando por medio de filtros que evitan el paso de bacterias o partículas de polvo, se explica de manera detallada en el capítulo 5.

El Hospital de SOLCA cuenta con una central de gases (Fig. 2.22), para la distribución de botellas de los gases usados, posee un deposito criogénico de oxigeno, el cual alimenta a las botellas por

medio de las canalizaciones, para luego llegar a las tomas y ser utilizado.

Además del oxígeno, esta central almacena botellas de gases como son: El óxido nitroso, nitrógeno líquido y dióxido de carbono.



Fig. 2.22

Central de gases en hospital de SOLCA

Para los quirófanos o salas de intervención en los que se empleen mezclas anestésicas gaseosas o agentes desinfectantes inflamables, son considerados como locales con riesgo de incendio o explosión Clase I- División 1(ANEXO 2).

La Fig. 2.23 muestra las zonas G y M, que deberán ser consideradas como zonas de la Clase I -Zona1 (ANEXO 2) y Clase I-Zona 2 (ANEXO 2). La zona M, situada debajo de la mesa de operaciones, podrá considerarse como zona sin riesgo de incendio o explosión cuando se asegure una ventilación de 15 renovaciones de aire /hora.

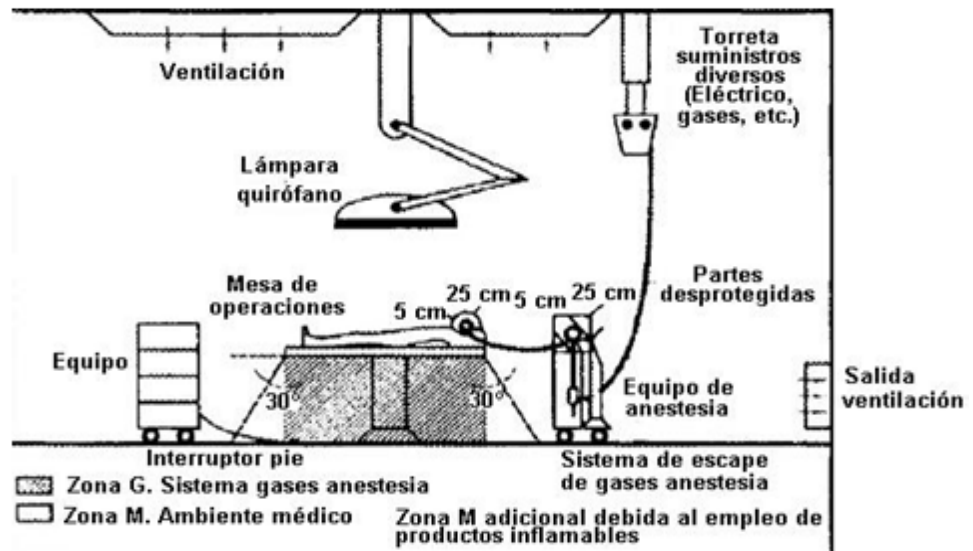


Fig. 2.23

Fuente: Reglamento de Baja Tensión
 Locales de Pública Concurrencia
 Capítulo X

Para prevenir la acumulación de cargas estáticas en los suelos de quirófanos o salas de intervención se debe colocar suelos de tipo antielectrostático. SOLCA, en cada quirófano tiene instalado en sus pisos un vinil conductor para prevenir la acumulación de cargas electrostáticas.

Según el Art. 517-61 del NEC, las áreas en donde se utilicen anestésicos, deben poseer buen aislamiento, el equipo y las instalaciones eléctricas deben ser a prueba de explosión. Debe emplearse tubo (conduit) metálico tipo pesado, roscado y los

receptáculos y clavijas de los aparatos o instrumentos deben contar con un medio para conectar el conductor de tierra del cable.

Las fuentes de ignición que provocan chispas, tales como interruptores, fusibles, contactos y relevadores de un control, deben instalarse en cajas a prueba de explosión.

El equipo aprobado para usarse en lugares peligrosos, debe estar marcado, indicando la Clase, el Grupo de atmósfera (gas o vapor), para los que han sido aprobados.

Debe tener además, la indicación de la temperatura máxima (o rango de temperatura) de operación para lo que ha sido aprobado.

Las canalizaciones deben ser con tubo metálico rígido, tipo pesado, roscado. Las canalizaciones aéreas pueden ser de aluminio libre de cobre.

Las canalizaciones subterráneas deben ser de tubo metálico rígido instalado como mínimo a 50 cm de profundidad y cubierto con concreto coloreado de rojo, para su identificación. SOLCA posee tubería subterránea tipo PVC.

Las cajas de conexión y los accesorios deben ser a prueba de explosión, roscados para su conexión con el tubo, por lo menos 5 vueltas completas de rosca.

Los receptáculos para tomas de corriente, así como las clavijas que se conectan a ellos, deben ser a pruebas de explosión y contar con un conector fijo para conexión a tierra y asegurar la conexión a dicho conector del conductor de puesta a tierra.

Las tomas que se encuentran en los quirófanos de SOLCA, no son a prueba de explosión, poseen tomas de tipo Twist lock (Tomas de bloqueo) (Fig. 2.24).



Fig. 2.24

**Tomas Twist Lock utilizadas en quirófanos
del hospital de SOLCA**

Los conductores empleados en estas áreas pueden ser tipo MI, MC, FIBRA OPTICA no conductora. (ANEXO 2).

Deben colocarse sellos en el interior de los tubos (conduit), para evitar el paso de gases, vapores o llamas de una parte a otra de la instalación eléctrica, en los siguientes casos.

Tubos que entren a cubiertas que contengan interruptores manuales o automáticos, fusibles, relevadores, resistencias y demás aparatos que puedan producir arcos, chispas o temperaturas elevadas. El sello debe colocarse lo más cerca posible de la cubierta, pero en ningún caso a más de 45 cm de ella entre la cubierta y el accesorio. En SOLCA no se encuentran instalados estos sellos.

Los tubos que salgan de un área Clase 1, División 1. El accesorio para sellado puede colocarse en cualquiera de los dos lados de la línea límite de dicha área, a no más de 3 m del límite, pero debe estar diseñado e instalado de manera que los gases o vapores que puedan entrar en el sistema de tubería dentro del lugar peligroso no pasen al tubo que está más allá del sello. No debe existir unión, accesorio o caja entre el acceso para sellado y la línea límite.

2.4. Instalaciones eléctricas para equipos de radiología

El uso de estos equipos en las áreas del hospital de SOLCA se ha hecho muy necesario y se deben aplicar normas de seguridad para la salud muy estrictas, debido a los altos niveles de voltaje que se

generan (por transformadores elevadores de voltaje), durante su funcionamiento.

Algunos de los equipos de rayos X, que encontramos en SOLCA son: Tomógrafos, Mamógrafos, Gamma Cámara, Theraton Cobalto, Simulador de Radioterapia, Rayos X Universal, Rayos X General, Rayos X de Brazo en C y los Ecógrafos.

El Dispositivo generador de Rayos X está destinado a realizar estudios de diagnóstico médico. Este puede ser fijo (rayos X sala 1, Rayos X sala 2, Tomógrafo, simulador, cobalto), diseñado para permanecer dentro de una sala o cuarto destinado específicamente para realizar dichos estudios, o móvil (rayos X, brazo en C, ecógrafo), diseñado para poder transportarse manualmente o por medios motorizados a las diferentes áreas donde sean requeridos dichos estudios dentro de una misma instalación.

2.4.1. Funciones

Un equipo de rayos X funciona mediante un dispositivo de tubo al vacío denominado tubo de rayos X. El tubo contiene un filamento de tungsteno (cátodo) y un blanco metálico (ánodo), que por lo general también está hecho de tungsteno. El filamento se calienta con una corriente eléctrica y se coloca un alto voltaje que en los equipos del hospital de SOLCA

alcanza los 150.000 V, entre el ánodo y el cátodo, este voltaje es un peligro en caso de fallas por pérdidas de aislamiento, ya que se podrían producir contactos directos e indirectos capaces de afectar al paciente.

Estos rayos X se utilizan para crear la radiografía, la misma que se produce cuando estos emanan y atraviesan una porción del organismo, hasta llegar como una imagen a un detector que registra los rayos X.

En la siguiente Fig. 2.25, se muestra el equipo de rayos X y tomógrafo del hospital de SOLCA.



Fig. 2.25

Equipo de Rayos X y Tomógrafo del Hospital de SOLCA

2.4.2. Circuitos y tipos de tableros

Debe prestarse particular atención a las características de la instalación eléctrica para los equipos de Rayos "X". Esta instalación debe ser fija, del calibre adecuado al consumo eléctrico del equipo y requiere ser completamente independiente y exclusiva. Es necesario contar con un circuito de desconexión eléctrica con un interruptor de capacidad mínima 50% del régimen momentáneo, o del 100% del régimen prolongado del equipo de rayos X, de acuerdo al Artículo 517-72 del NEC. El interruptor de este circuito de desconexión debe estar blindado y accesible en un lugar cercano al control del equipo.

Los equipos móviles que exceden el consumo de 60 A requieren un circuito eléctrico independiente y exclusivo de alimentación eléctrica.

Las áreas de terapia intensiva Deben contar con enchufes grado médico, protegidos para conectar el equipo de rayos X. En el caso que utilicen 220 V 60 Hz los enchufes deben ser de rosca o con patas más gruesas y circulares.

Se tomaran tableros en los cuales ingresan las 3 fases, el neutro y la protección eléctrica, además de los componentes

normales como son: fusibles, breaker, detector de fase, contactor, se le debe sumar a estas un interruptor diferencial que garantice que si existe una fuga de corriente directa o indirecta.

Los tableros que se encuentran en cada sala de rayos X (Fig. 2.26) en SOLCA, no poseen breakers principales justo cuando ingresa la alimentación a la sala, ya que solo existen breakers ubicados en un tablero general de rayos X (Fig. 2.27), ubicado en la subestación eléctrica.

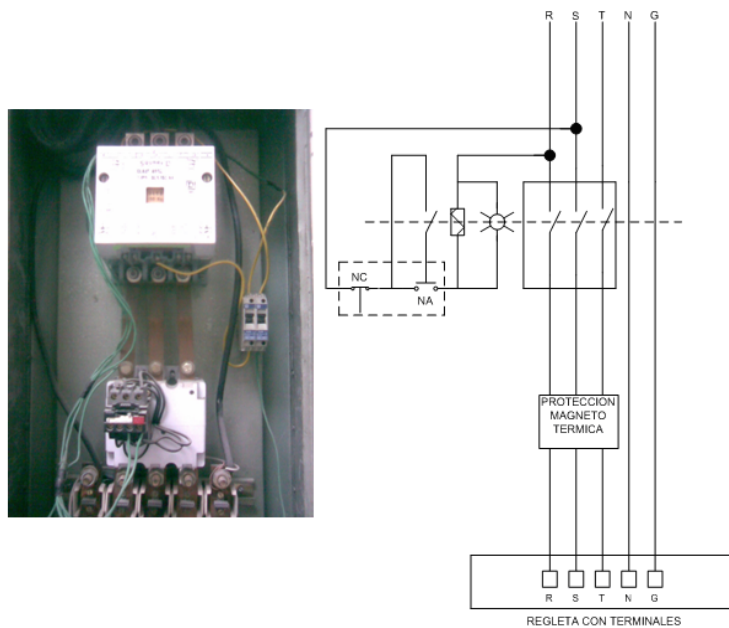


Fig. 2.26

Tablero para equipos de rayos X en Hospital de SOLCA



Fig. 2.27

Tablero general de equipos de radiología en Hospital de SOLCA

Además observamos que en las salas de Rayos X sala 1, Rayos X sala 2, Tomografía Axial y Simulador, se cuentan con 2 paradas de emergencia para cada sala, una ubicada en el equipo y otra en el tablero. En las salas del Acelerador lineal, Tomografía Axial computarizada (Nuevo) y Cobalto, se cuenta con 2 paradas de emergencia, una en el equipo y otra en el cuarto de mandos, el tablero no posee parada de emergencia.

Estos tableros no cuentan con las debidas protecciones indicadas anteriormente, lo cual es un riesgo para los pacientes y para el personal asistencial del hospital.

2.5. Sistemas de puesta a tierra

El sistema general de puesta a tierra que se encuentra instalado en SOLCA es el sistema TNS y se lo muestra en la Fig. 2.28

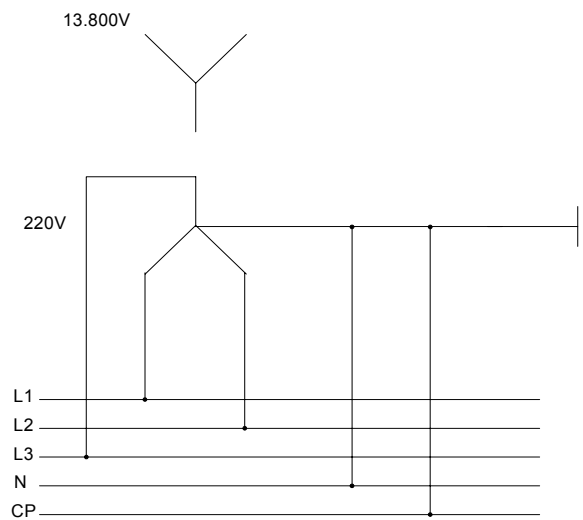


Fig. 2.28

Sistema de puesta a tierra (TN-S) en Hospital de SOLCA

Este sistema separa el conductor neutro y el conductor de protección, es decir, cada uno posee una barra independiente, pero se unen en un solo punto de puesta a tierra.

SOLCA, posee cuatro mallas de puesta a tierra y una barra de equipotencialidad que se unen en un solo punto para formar el sistema de puesta a tierra.

-Existe una mallado en la subestación de transformadores formada por la unión de 6 pozos, cada uno con una varilla de copperwell de

180mm de longitud y 15.88mm ϕ , estas se unen con cable de cobre desnudo # 1/0.

-En la central de generadores, encontramos 2 mallados, uno en un cuarto donde se encuentran los generadores de 220V , formado por la unión de seis pozos, cada uno con una varilla de copperwell de 180mm de longitud y 15.88mm ϕ , estas se unen con cable de cobre desnudo # 1/0; el otro mallado se encuentra en el cuarto de los generadores de 480V, formado por cuatro pozos, cada uno con una varilla de copperwell de 180mm de longitud y 15.88mm ϕ , estas se unen con cable de cobre desnudo # 1/0.

-Por ultimo encontramos un mallado para los cuatro quirófanos, este esta ubicado en la planta baja a la misma altura de los quirófanos en un jardín, esta formado por cuatro pozos, cada uno con una varilla de copperwell de 180mm de longitud y 15.88mm ϕ , estas se unen con cable de cobre desnudo # 1/0.

Observamos que las diferentes mallas de tierra, están conectadas entre sí y gracias a que el terreno donde se encuentra ubicado el Hospital de SOLCA, es en las riveras del un río, esto ayuda a que la resistencia de tierra siempre sea baja, permitiendo un mejor funcionamiento de la malla.

CAPITULO 3

3. ANALISIS DE FACTORES PRESENTES QUE PRODUCEN PELIGROS Y RIESGOS ELECTRICOS EN HOSPITALES DE SOLCA

Para realizar el análisis de factores presentes que producen peligros y riesgos eléctricos, debemos considerar el significado de:

Peligro, es la fuente o situación que tiene un potencial de producir un daño, provocando una lesión o enfermedad, daño a propiedad, daño al ambiente del lugar de trabajo, o a una combinación de estos.

Riesgo Eléctrico, es la combinación de frecuencia o probabilidad de un peligro por fallas en la instalación o en las protecciones eléctricas y las consecuencias pueden derivarse en un daño a personas y equipos.

Se pueden desencadenar varios tipos de peligros en establecimientos hospitalarios, pero este trabajo se basará en analizar los factores de

riesgos eléctricos, capaces de producir peligros en el hospital de SOLCA, tomando en cuenta las diferentes áreas donde se realizan procesos en los que intervienen pacientes y personal en general.

3.1. Identificación de peligros y riesgos (riesgos eléctricos)

La identificación de los peligros y riesgos eléctricos en el hospital de SOLCA, permitirá determinar si la forma de utilización, técnicas de mantenimiento y procedimientos empleados para trabajar en las instalaciones eléctricas o en sus proximidades; **se ajustan a las normas eléctrica para instalaciones hospitalarias.**

Debemos tomar en cuenta que peligros existen en toda la instalación hospitalaria, algunos con mayor grado probable de daño que otros. Como consecuencia de esto, se producirá el riesgo.

Para identificar los factores de riesgos eléctricos en áreas del hospital de SOLCA, utilizaremos listas de chequeo, las cuales las observamos en el ANEXO 3 (LISTA DE CHEQUEO DE IDENTIFICACION DE PELIGROS), donde se anotan los posibles peligros en las instalaciones, tomando como norma específica el manual de normas eléctricas NEC, con lo cual señalaremos que peligros no están minimizados y que pueden producir riesgos.

3.1.1. ANALISIS DE PELIGRO

Para realizar el análisis de peligro en el Hospital de SOLCA, utilizaremos la lista de chequeo del ítem anterior (ANEXO 3), del cual tomaremos los peligros identificados y los analizaremos tomando en cuenta las consecuencias que se pueden producir si el peligro ocurre, exposición al peligro y probabilidad de que se ejecute el peligro, con esto tenemos que para encontrar la magnitud del riesgo, aplicaremos la siguiente formula:

$$MR = C \times E \times P$$

MR: Magnitud de riesgo

C: Consecuencia que podría producir si se da el riesgo

E: Exposición al riesgo

P: La probabilidad de que el riesgo se produzca, tomando en cuenta la frecuencia del suceso.

El Análisis de Peligro, lo realizaremos mediante las siguientes matrices que serán llenadas con los factores de riesgos identificados y no minimizados en las listas de chequeo obtenidas en el ANEXO 3, y con ayuda de las Tablas 1, 2, 3 y 4, determinaremos la magnitud del riesgo en las áreas del hospital de SOLCA.

TABLA 1

CONSECUENCIAS			
C	CLASIFICACIÓN	CÓDIGO NUMÉRICO	INTERPRETACION
	A) MUCHAS MUERTES O DAÑOS SUPERIORES A 500 mil dólares	100	CATÁSTROFE
	B) MUERTES O DAÑOS SUPERIORES A 250 mil dólares	40	DESASTRE
	C) MUERTES O DAÑOS SUPERIORES A 100 mil dólares	15	MUY SERIA
	D) LESIÓN PERMANENTE O DAÑOS SUPERIORES A 50 mil dólares	7	SERIA
	E) LESIÓN TEMPORAL O DAÑOS SUPERIORES A 5 mil dólares	3	IMPORTANTE
	F) PRIMEROS AUXILIOS O DAÑOS SUPERIORES A 500 dólares	1	NOTABLE

TABLA 2

EXPOSICIÓN			
E	CLASIFICACIÓN	CÓDIGO NUMÉRICO	INTERPRETACIÓN
	A) CONTINUAMENTE (MUCHAS VECES AL DIA)	10	MUY ALTA
	B) FRECUENTEMENTE (APROXIMADAMENTE UNA VEZ AL DIA)	6	ALTA
	C) OCASIONALMENTE (UNA O DOS VECES POR SEMANA)	3	MEDIA
	D) POCO USUAL (UNA O DOS VECES AL MES)	2	BAJA
	E) RARAMENTE (UNA O DOS VECES AL AÑO)	1	MUY BAJA
	F) MUY DIFÍCILMENTE (NO HA OCURRIDO EN AÑOS, PERO ES CONCEBIBLE)	0,5	INCIERTA

TABLA 3

PROBABILIDAD		
P	CLASIFICACIÓN	CÓDIGO NUMÉRICO
	A) ES EL RESULTADO MAS PROBABLE Y ESPERADO SI LA SITUACIÓN DE RIESGO TIENE LUGAR (OCURRE FRECUENTEMENTE)	10
	B) ES COMPLETAMENTE POSIBLE Y NADA EXTRAÑO: TIENE UNA PROBABILIDAD DEL 50 %	6
	C) SERIA UNA SECUENCIA O COINCIDENCIA RARA: NO ES NORMAL QUE SUCEDA (PROBABILIDAD 10%)	3
	D) SERIA UNA COINCIDENCIA REMOTAMENTE POSIBLE. SE SABE QUE HA OCURRIDO. (PROBABILIDAD 1%)	1
	E) NUNCA HA SUCEDIDO EN MUCHOS AÑOS DE EXPOSICIÓN, PERO ES POSIBLE QUE OCURRA	0,5
	F) ES PRÁCTICAMENTE IMPOSIBLE QUE SUCEDA (UNA PROBABILIDAD ENTRE UN MILLÓN)	0,2

TABLA 4

MAGNITUD DEL RIESGO		
<u>MR</u>	CLASIFICACIÓN DEL RIESGO	MEDID
$\underline{MR} \geq 400$	EXTREMO	PA
$250 \leq \underline{MR} < 400$	MUY ALTO	REQUIERE C
$200 \leq \underline{MR} < 250$	ALTO	NECE
$85 \leq \underline{MR} < 200$	MEDIO	PRE
$\underline{MR} \leq 200$	BAJO	POSIBLEM SIT

MATRIZ DE ANALISIS DE PELIGRO

ESTABLECIMIENTO: HOSPITAL DE SOLCA		MATRIZ DE ANALISIS DE PELIGRO			FECHA
AREA DE ANALISIS: SUBESTACION ELECTRICA					
N°	FACTOR DE RIESGO	RIESGO	C	E	
1	Paredes y techo no tienen resistencia al fuego de 3 horas (concreto reforzado de 15 cm de espesor)	INCENDIO, EXPLOSIONES QUE SE PUEDEN PROPAGAR	100	0,5	
2	No cuenta con un área suficiente para equipos, acceso y espacio para el mantenimiento de los mismos	ELECTROCUCION, CONTACTOS DIRECTOS, CONTACTOS INDIRECTOS	15	6	
3	No posee una ventilación adecuada, para que los equipos operen a temperatura nominal	CALENTAMIENTO Y MAL FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO, CORTOCIRCUITO	7	10	
4	En el área se almacenan elementos ajenos al lugar	CAIDAS, GOLPES, POSIBLE CONTACTO CON PARTES VIVAS	15	3	
5	La iluminación no es suficiente para realizar las diferentes operaciones en los tableros y equipos eléctricos.	DESLUMBRAMIENTO, CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS	15	6	
6	Los tableros están ubicados donde el personal se expone a daños por la cercanía a partes vivas	CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS	15	6	

ESTABLECIMIENTO: HOSPITAL DE SOLCA		MATRIZ DE ANALISIS DE PELIGRO			FECHA
AREA DE ANALISIS: SUBESTACION ELECTRICA					
N°	FACTOR DE RIESGO	RIESGO	<u>C</u>	<u>E</u>	
7	El circuito de alumbrado y receptáculos no está alimentando solo a las cargas de esta área	SOBRECARGA, ELECTROCUCIÓN	15	10	
8	El área no posee al menos 2 extintores, en puntos cercanos a las entrada	PROPAGACION RAPIDA DE UN INCENDIO, DAÑOS A EQUIPO Y A PERSONAS	40	0,5	
9	El personal no hace uso de los equipos de protección personal para realizar trabajos en el área	ELECTROCUCION	15	6	
10	Los conductores registran calentamiento superior a la temperatura ambiente	DAÑOS EN LOS CABLES, CORTOCIRCUITOS, DAÑOS EN LOS EQUIPOS	7	10	
11	Los soportes de las canaletas para conductores presentan corrosión	DAÑOS EN LOS CABLES, CORTOCIRCUITOS, DAÑOS EN LOS EQUIPOS	7	10	
12	Distancias de separación entre transformadores no es suficiente para maniobrar los equipos	ELECTROCUCION, CONTACTOS DIRECTOS, CONTACTOS INDIRECTOS	15	6	

ESTABLECIMIENTO: HOSPITAL DE SOLCA		MATRIZ DE ANALISIS DE PELIGRO			FECHA
AREA DE ANALISIS: SUBESTACION ELECTRICA					
N°	FACTOR DE RIESGO	RIESGO	<u>C</u>	<u>E</u>	
13	No tiene un foso con piedra porosa debajo del equipo que contenga el aceite en caso de derrame	INCENDIO, EXPLOSIONES QUE SE PUEDEN PROPAGAR	40	10	
14	No se lleva un control de fallos y reparaciones de los equipos	ERRORES DE FUNCIONAMIENTO Y DAÑOS EN LOS EQUIPOS	7	1	
15	No se posee de un control de mantenimientos	ERRORES DE FUNCIONAMIENTO Y DAÑOS EN LOS EQUIPOS	7	1	
SUMA					
PROMEDIO					

ESTABLECIMIENTO: HOSPITAL DE SOLCA		MATRIZ DE ANALISIS DE PELIGRO			FECHA
AREA DE ANALISIS: MANTENIMIENTO					
N°	FACTOR DE RIESGO	RIESGO	<u>C</u>	<u>E</u>	
1	Los tomacorrientes están defectuosos por el desgaste de su tiempo de vida útil	CONTACTOS INDIRECTOS, FALLAS EN LOS EQUIPOS	1	10	
2	No tiene una sala con mesas de trabajo, circuitos (110V y 220V) para pruebas de mantenimiento	DAÑOS EN LOS EQUIPOS POR MANTENIMIENTO INCORRECTO	3	10	
3	f) Existe Presencia de líquidos combustibles	FUGA DE LIQUIDOS, EXPLOSION	15	10	
	LA SALA DE CALDEROS POSEE:				
4	a) No tiene espacio de acceso suficiente alrededor del equipo para realizar cualquier tipo de maniobra	ELECTROCUCION	15	6	
5	c) El área no posee la debida ventilación para mantener todos los elementos a temperatura ambiente	CALENTAMIENTO Y MAL FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO, CORTOCIRCUITO	7	10	
6	d) Tableros de motores no están bien cableados ni protegidos contra sobre corrientes y fallas a tierra	DAÑOS A EQUIPOS Y PERSONAS	3	6	

ESTABLECIMIENTO: HOSPITAL DE SOLCA		MATRIZ DE ANALISIS DE PELIGRO		FECHA	
AREA DE ANALISIS: MANTENIMIENTO					
N°	FACTOR DE RIESGO	RIESGO	<u>C</u>	<u>E</u>	
7	e) Existen materiales ajenos al área que obstaculizan el mantenimiento y circulación del personal de trabajo	ELECTROCUCION, CAIDAS, GOLPES	15	6	
	LA SALA DE GENERADORES POSEE:				
8	a) Las cajas de paso de las instalaciones eléctricas están destapadas y corroídas	ELECTROCUCION, CORTOCIRCUITO	15	3	
9	b) Existen materiales almacenados ajenos al lugar	ELECTROCUCION, CAIDAS, GOLPES	15	6	
10	c) No se realizan pruebas semanales al sistema de transferencia	ERRORES EN LA TRANSFERENCIA,	15	2	
11	d) Los generadores no son capaces de funcionar con el 100% de la carga del nosocomio	DAÑOS A EQUIPOS	15	2	
12	No se lleva un control de fallos y reparaciones de los equipos	ERRORES DE FUNCIONAMIENTO Y DAÑOS EN LOS EQUIPOS	15	1	

ESTABLECIMIENTO: HOSPITAL DE SOLCA		MATRIZ DE ANALISIS DE PELIGRO			FECHA
AREA DE ANALISIS: MANTENIMIENTO					
N°	FACTOR DE RIESGO	RIESGO	<u>C</u>	<u>E</u>	
13	No se posee un control predictivo de mantenimiento	ERRORES DE FUNCIONAMIENTO Y DAÑOS EN LOS EQUIPOS	15	1	
SUMA					
PROMEDIO					

ESTABLECIMIENTO: HOSPITAL DE SOLCA		MATRIZ DE ANALISIS DE PELIGRO			FECHA
AREA DE ANALISIS: ACONDICIONADORES DE AIRE					
N°	FACTOR DE RIESGO	RIESGO	<u>C</u>	<u>E</u>	
1	No posee seguridad para impedir el acceso a personal no autorizado	CAIDAS, GOLPES, ELECTROCUCIÓN	3	10	
2	No posee extintores en caso de incendios (polvo químico)	PROPAGACION RAPIDA DE UN INCENDIO	40	0,5	
3	No existe ventilación adecuada	CALENTAMIENTO, CORTOCIRCUITO	7	10	
4	Los elementos de protección presentan calentamiento por encima de la temperatura ambiente	CORTES EN LA ALIMENTACION, CORTOCIRCUITOS	15	10	
5	El equipo de acondicionadores de aire (chiller) no posee datos de placa	SOBRECARGA, ERRORES DE MANTENIMEINTO	15	6	
6	Los tableros de control de los A/A no poseen protecciones para sobre corrientes, fallas a tierra, etc.	DAÑOS EN LOS EQUIPOS, DAÑOS A LAS PERSONAS	3	6	
7	Se almacenan materiales ajenos al área	ELECTROCUCION, CAIDAS, GOLPES	15	6	
8	Se realizan conexiones provisionales en los tableros de A/A, sin las debidas protecciones	SIBRECARGA, DAÑOS A EQUIPOS	15	2	

ESTABLECIMIENTO: HOSPITAL DE SOLCA		MATRIZ DE ANALISIS DE PELIGRO			FECHA
AREA DE ANALISIS: ACONDICIONADORES DE AIRE					
N°	FACTOR DE RIESGO	RIESGO	<u>C</u>	<u>E</u>	
9	El tablero de bombas para re circular el agua helada al hospital se encuentra mal señalado	ELECTROCUCION	15	6	
10	Los tableros de motores de las bombas de agua helada no poseen interruptor diferencial	FALLAS A TIERRA, ELECTROCUCION	15	6	
11	Existen Tuberías de las instalaciones eléctricas corroídas	DAÑOS EN LOS CABLES, CORTOCIRCUITOS, DAÑOS EN LOS EQUIPOS	7	10	
12	No se lleva un control de fallos y reparaciones de los equipos	ERRORES DE FUNCIONAMIENTO Y DAÑOS EN LOS EQUIPOS	15	1	
13	No se posee un control predictivo de mantenimiento	ERRORES DE FUNCIONAMIENTO Y DAÑOS EN LOS EQUIPOS	15	1	
SUMA					
PROMEDIO					

ESTABLECIMIENTO: HOSPITAL DE SOLCA		MATRIZ DE ANALISIS DE PELIGRO			FECHA
AREA DE ANALISIS: CENTRO QUIRURGICO					
N°	FACTOR DE RIESGO	RIESGO	<u>C</u>	<u>E</u>	
	SALAS DE QUIROFANOS:				
1	No se usan tomacorrientes grado hospitalario para identificar tomas que tienen la tierra aislada	CONFUSION EN SELECCIÓN DE TOMAS, ELECTROCUCION	15	10	
2	Se usan gases medicinales y líquidos desinfectantes que pueden aumentar alguna combustión	EXPLOSION POR FUGA DE GASES O LÍQUIDOS DESINFECTANTES	100	10	
3	Los tomacorrientes no están protegidos de arcos de conexión (chispas al conectar enchufes)	EXPLOSION	100	10	
4	El tablero de A/A del centro quirúrgico no posee las debidas protecciones en el cableado	ELECTROCUCION	15	10	
5	La abrazadera de una de las tomas de oxígeno se encuentra oxidada	EXPLOSION, POR FUGA DE GASES	100	10	
6	En estas salas no existen equipos que detectan alguna fuga de gases	EXPLOSION, POR FUGA DE GASES	100	10	

ESTABLECIMIENTO: HOSPITAL DE SOLCA		MATRIZ DE ANALISIS DE PELIGRO			FECHA
AREA DE ANALISIS: CENTRO QUIRURGICO					
N°	FACTOR DE RIESGO	RIESGO	<u>C</u>	<u>E</u>	
7	El tablero principal no alimenta solo a las cargas de los quirófanos	SOBRECARGA	15	10	
8	No se hacen pruebas al monitor de detección de fugas del tablero de aislamiento	FALLAS EN EL MONITOR DE FUGAS, MICROSHOCK, MACROSHOCK	15	10	
9	No se realizan pruebas de medición de la resistencia del suelo de esta área	AUMENTO DE LA RESISTENCIA DEL SUELO, FUGAS A TIERRA	15	10	
10	No se usan interruptores diferenciales, para proteger a equipos no alimentados por un transformador de aislamiento	ELECTROCUCION	15	10	
11	Las lámparas de quirófano no tienen otra fuente de energía aparte del grupo generador y el UPS	PERDIDA DE LA VISIÓN, ERRORES POR FALTA DE LUZ	7	10	
12	Los tableros ubicados en esta área no se encuentran plenamente identificados	SOBRECARGAS, ERRORES DE CONEXIÓN	15	10	

ESTABLECIMIENTO: HOSPITAL DE SOLCA		MATRIZ DE ANALISIS DE PELIGRO		FECHA	
AREA DE ANALISIS: CENTRO QUIRURGICO					
N°	FACTOR DE RIESGO	RIESGO	C	E	
13	Esta área no posee dos circuitos de alumbrado (normal y emergencia)	PERDIDA DE LA VISIÓN, ERRORES POR FALTA DE LUZ	7	10	
14	Los pacientes que están en esta sala no pueden movilizarse solos	CAIDAS, MACROSHOCK, MICROSHOCK	15	10	
15	Los pacientes no poseen capacidad para reaccionar en caso de recibir un contacto indirecto	QUEMADURAS, DAÑOS AL CORAZÓN, LESIONES EN EL CEREBRO	15	10	
16	Los pacientes en estas salas tienen conectados varios equipos electromédicos	QUEMADURAS, DAÑOS AL CORAZÓN, LESIONES EN EL CEREBRO	15	10	
17	No se les da el mantenimiento respectivo a los equipos electromédicos	FALLAS EN LOS EQUIPOS, DAÑOS A LOS PACIENTES	15	10	
	SALA DE RECUPERACIÓN				
18	a) Los tableros ubicados en esta área no se encuentran plenamente identificados	SOBRECARGAS, ERRORES DE CONEXIÓN	15	10	

ESTABLECIMIENTO: HOSPITAL DE SOLCA		MATRIZ DE ANALISIS DE PELIGRO	FECHA	
AREA DE ANALISIS: CENTRO QUIRURGICO				
N°	FACTOR DE RIESGO	RIESGO	C	E
19	b) Las tomas que no son para uso de equipo medico no se encuentran en otro circuito	SOBRECARGAS	15	10
20	c) Tomas de uso general no tienen el neutro aislado de tierra	ELECTROCUCION	7	10
21	d) No se usan tomacorrientes de grano hospitalario	CONFUSION EN SELECCIÓN DE TOMAS, ELECTROCUCION	15	10
22	e) El área alrededor de cada cama es muy pequeña para todos los equipos que se utilizan	CAIDAS, GOLPES, DIFICULTAD PARA ATENDER A PACIENTES	3	10
	EL CUARTO DE UPS POSEE:			
23	a) El tablero de UPS no tiene 1 sistema que evite variaciones de voltaje (detector de fase temporizado)	PERDIDA DE ALGUNA FASE, FALLA EN LOS EQUIPOS	15	6
24	b) La capacidad total de los UPS no es el 50% mas de la requerida	PÉRDIDA DE ALIMENTACIÓN EN VARIAS CARGAS	7	6

ESTABLECIMIENTO: HOSPITAL DE SOLCA		MATRIZ DE ANALISIS PELIGRO			FECHA
AREA DE ANALISIS: CENTRO QUIRURGICO					
N°	FACTOR DE RIESGO	RIESGO	C	E	
25	c) No existe un sistema de monitoreo del estado de funcionamiento de los UPS	FALLAS Y DAÑOS EN EL UPS	7	6	
26	d) Se cuenta solo con un UPS	PERDIDA DE LA ALIMENTACION	15	6	
27	e) No se lleva un control de fallos y reparaciones de los equipos	ERRORES DE FUNCIONAMIENTO Y DAÑOS EN LOS EQUIPOS	15	1	
28	f) No se posee un control predictivo de mantenimiento	ERRORES DE FUNCIONAMIENTO Y DAÑOS EN LOS EQUIPOS	15	1	
SUMA					
PROMEDIO					

ESTABLECIMIENTO: HOSPITAL DE SOLCA		MATRIZ DE ANALISIS DE PELIGRO			FECHA
AREA DE ANALISIS: UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS					
N°	FACTOR DE RIESGO	RIESGO	C	E	
1	Los tableros de aislamiento y de emergencia no están plenamente identificados	SOBRECARGAS, ERRORES DE CONEXIÓN	15	10	
2	No se realiza el debido control, mantenimiento y monitoreo de los tableros de aislamiento	FALLOS EN EL FUNCIONAMIENTO	15	10	
3	No se realizan pruebas periódicas del monitor detector de fugas	FALLAS DEL DETECTOR DE FUGA, MICROSHOCK, MACROSHOCK	15	10	
4	Las tomas que no son para uso de equipo medico no se encuentran en otro circuito	SOBRECARGAS	15	10	
5	Las tomas de uso no medico no se encuentran aterrizadas con neutro aislado de tierra	ELECTROCUCION, MACROSHOCK, MICROSHOCK	15	10	
6	Existen tomas especiales (220V), alimentadas desde el tablero de emergencia y no identificadas	DAÑOS EN EQUIPOS POR CONEXIONES ERRONEAS	15	10	
7	No se usan tomacorrientes de grado hospitalario	CONFUSION EN SELECCIÓN DE TOMAS, ELECTROCUCION	15	10	

ESTABLECIMIENTO: HOSPITAL DE SOLCA		MATRIZ DE ANALISIS DE PELIGRO			FECHA
AREA DE ANALISIS: UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS					
N°	FACTOR DE RIESGO	RIESGO	<u>C</u>	<u>E</u>	
8	El área alrededor de cada cama es muy pequeña para todos los equipos que se utilizan	CAIDAS, GOLPES, DIFICULTAD PARA ATENDER A PACIENTES	3	10	
9	No se lleva un control de fallos y reparaciones de los equipos	ERRORES DE FUNCIONAMIENTO Y DAÑOS EN LOS EQUIPOS	15	1	
10	No se posee un control predictivo de mantenimiento	ERRORES DE FUNCIONAMIENTO Y DAÑOS EN LOS EQUIPOS	15	1	
SUMA					
PROMEDIO					

ESTABLECIMIENTO: HOSPITAL DE SOLCA		MATRIZ DE ANALISIS DE PELIGRO		FECHA	
AREA DE ANALISIS: CENTRAL DE GASES					
N°	FACTOR DE RIESGO	RIESGO	C	E	
1	El tablero de descarga de oxígeno se encuentra en mal estado con oxido y cableado defectuoso	ELECTROCUCION	15	6	
2	Las tuberías para transportar gas al hospital, están descubiertas e incrustadas en la pared sin sellar	FUGA DE GASES, EXPLOSION	40	6	
3	Los cilindros de oxígeno no poseen estabilidad en el piso cuando son llenados	EFECTO DOMINO, EXPLOSION	40	6	
4	Se guardan materiales ajenos al área	CAIDAS, GOLPES	7	6	
SUMA					
PROMEDIO					

ESTABLECIMIENTO: HOSPITAL DE SOLCA		MATRIZ DE ANALISIS DE PELIGRO			FECHA
AREA DE ANALISIS: RAYOS X Y MEDICINA NUCLEAR					
N°	FACTOR DE RIESGO	RIESGO	<u>C</u>	<u>E</u>	
2	Hay cables amontonados en el piso en cuartos de control de los equipos de radiología	CAIDAS, GOLPES Y MAL FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO	3	10	
3	No se usan tomacorrientes de grado hospitalario	CONFUSION EN SELECCIÓN DE TOMAS, ELECTROCUCION	15	10	
4	Los tableros no poseen buen cableado y las debidas protecciones	ELECTROCUCION, CORTOCIRCUITO	15	10	
5	Los cielos rasos en los pasillos de estas áreas se encuentran defectuosos	DAÑOS A LAS PERSONAS, DAÑOS EN LA INSTALACION ELECTRICA	3	10	
6	No poseen las paros de emergencia necesarias para desenergizar el equipo en caso de emergencia	DAÑO A LAS PERSONAS Y EQUIPO	15	10	
7	Los cables con pantalla puesta a tierra junto con los conductores de control y fuerza del equipo no están instalados en soportes tipo charola	DAÑO EN LOS CONDUCTORES	7	10	
8	No se lleva un control de fallos y reparaciones de los equipos	ERRORES DE FUNCIONAMIENTO Y DAÑOS EN LOS EQUIPOS	15	1	

ESTABLECIMIENTO: HOSPITAL DE SOLCA		MATRIZ DE ANALISIS DE PELIGRO			FECHA
AREA DE ANALISIS: RAYOS X Y MEDICINA NUCLEAR					
N°	FACTOR DE RIESGO	RIESGO	C	E	
9	No se posee un control predictivo de mantenimiento	ERRORES DE FUNCIONAMIENTO Y DAÑOS EN LOS EQUIPOS	15	1	
SUMA					
PROMEDIO					

ESTABLECIMIENTO: HOSPITAL DE SOLCA		MATRIZ DE ANALISIS DE PELIGRO			FECHA	
AREA DE ANALISIS: LAVANDERIA						
N°	FACTOR DE RIESGO	RIESGO	C	E		
1	Existen tomacorrientes sin tapas de protección	ELECTROCUCION, FALLO EN LOS EQUIPOS	7	10		
2	Existen Equipos funcionando conectados a las tomas directamente, es decir cables sin enchufes	ELECTROCUCION, CORTOCIRCUITO, DAÑOS A LOS EQUIPOS	7	10		
3	No posee tomacorrientes tipo sellado para evitar el ingreso de humedad o agua dentro de ellos	DAÑO Y PERDIDA DE AISLAMIENTO EN LOS TOMAS	15	10		
4	El tablero de distribución no posee interruptor diferencial	CONTACTOS INDIRECTOS, DAÑOS EN LOS EQUIPOS	15	10		
5	No se lleva un control de fallos y reparaciones de los equipos	ERRORES DE FUNCIONAMIENTO Y DAÑOS EN LOS EQUIPOS	15	1		
6	No se posee un control predictivo de mantenimiento	ERRORES DE FUNCIONAMIENTO Y DAÑOS EN LOS EQUIPOS	15	1		
SUMA						
PROMEDIO						

ESTABLECIMIENTO: HOSPITAL DE SOLCA		MATRIZ DE ANALISIS DE PELIGRO		FECHA: 00/00/08			HC D
AREA DE ANALISIS: COCINA							
N°	FACTOR DE RIESGO	RIESGO	<u>C</u>	<u>E</u>	<u>P</u>	<u>MR</u>	
1	El tablero de distribución no posee interruptor diferencial	ELECTROCUCION	15	10	3	450	EXT
2	Las tomas no poseen protección contra la humedad con tapa de seguridad	DAÑO Y PERDIDA DE AISLAMIENTO EN LOS TOMAS	15	10	6	900	EXT
3	Las tomas no se encuentran en buen estado	ELECTROCUCION, FALLO EN LOS EQUIPOS	7	10	6	420	EXT
4	Los enchufes están oxidados y desgastados	ELECTROCUCION, CORTOCIRCUITO, DAÑOS A LOS EQUIPOS	7	10	6	420	EXT
5	Cables manipulados, sin canalización expuestos en tumbados(conexiones de lámparas fluorescente)	CORTOCIRCUITOS, DAÑOS EN LOS CONDUCTORES	7	10	6	420	EXT
6	Los tableros están corroídos y mal cableados	ELECTROCUCION, CORTOCIRCUITO	15	10	3	450	EXT
7	El área es húmeda ya que existe presencia de agua	PERDIDA DE AISLAMIENTO, ELECTROCUCION	15	10	6	900	EXT

ESTABLECIMIENTO: HOSPITAL DE SOLCA		MATRIZ DE ANALISIS DE PELIGRO			FECHA: 00/00/08		HO D
AREA DE ANALISIS: COCINA							
N°	FACTOR DE RIESGO	RIESGO	<u>C</u>	<u>E</u>	<u>P</u>	<u>MR</u>	
SUMA						3960	
PROMEDIO						565,71	EXT

C = CONSECUENCIAS

E = EXPOSICION

P = PROBABILIDAD

MR = MAGNITUD DEL RIESGO

NR = NIVEL DE RIESGO

3.1.2. Áreas de riesgos

Después de haber realizado el análisis de peligros en el ítem anterior, observamos según los resultados que las áreas de riesgos en el hospital de SOLCA son las siguientes:

SUBESTACION ELECTRICA

La magnitud de riesgo en esta área muestra un valor cuyo nivel es extremo, el peligro principal esta en la poca ventilación que posee, ya que según el art. 450-45 c) del NEC, el área de ventilación para los 2.425KVA que tiene la subestación, debe ser de 4,85 m², lo cual no se posee, por tal motivo debería incrementarse. También debemos anotar que hace falta espacio para el acceso y mantenimiento, esto puede desencadenar un mal funcionamiento en los equipos, contactos directos y contactos indirectos para las personas, etc.

MANTENIMIENTO

En esta área Fig. 3 y Fig. 3.1, el nivel de riesgo es muy alto, debido a la falta de ventilación, presencia de líquidos

combustibles, poco acceso alrededor de los equipos, lo cual puede desencadenar explosiones, electrocución, etc.



Fig. 3

Área de Mantenimiento del Hospital de SOLCA



Fig. 3.1

Plano actual del área de mantenimiento de SOLCA

CENTRAL DE ACONDICIONADORES DE AIRE

En la central de acondicionadores de aire se observa que el nivel de riesgo es muy alto debido a la falta de protecciones en los tableros de los compresores de los equipos CHILLER, falta de ventilación, falta de mantenimiento en instalaciones eléctricas y no reemplazo de los elementos defectuosos; lo cual puede provocar cortocircuitos, electrocución, fallos en los equipos, etc.

CENTRO QUIRURGICO Y UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS

Estas salas son muy importantes en el hospital por ser un área crítica ya que encontramos a pacientes que no pueden moverse por si solos y que a la vez son tratados con equipos de tipo invasivo, al realizar el análisis observamos que el nivel de riesgo es extremo, a esto le podemos agregar la falta de mantenimiento continuo: a los equipos electromédicos, tableros de aislamientos y demás elementos que componen el área, también encontramos que no se usan tomacorrientes grado hospitalario, etc., que pueden aumentar el grado de peligrosidad en estas áreas críticas.

CENTRAL DE GASES

La central de gases de por si es riesgosa debido al almacenamiento de oxígeno, nitrógeno, óxido nitroso, nitrógeno líquido y dióxido de carbono, los cuales en combinación con alguna chispa pueden producir una explosión, por ende al realizar un análisis observamos que el nivel de riesgo es extremo ya que no posee una instalación eléctrica adecuada, falta seguridad en el llenado de las botellas, el tablero de descarga de oxígeno se encuentra en mal estado con cableado defectuoso, las tuberías para transportar gas al hospital están descubiertas e incrustadas en la pared sin sellar, se guardan materiales ajenos al área etc.

RAYOS X Y MEDICINA NUCLEAR

En estas áreas se encuentran funcionando equipos que tienen una alta demanda de corriente, al hacer un análisis en estas salas observamos que el nivel de riesgo es MUY ALTO, debido a que los tableros no están bien cableados ni con las debidas protecciones (breaker principal, interruptor diferencial, detector de fase), no poseen las paradas de emergencia necesarias para desenergizar el equipo en caso de

emergencia, los cables con pantalla puesta a tierra no están instalados en soportes tipo charola para cables o en electro ducto, junto con los conductores de control y fuerza para rayos X, no se lleva un control de fallos y reparaciones de los equipos, no se usan tomacorrientes grado hospitalario, etc.

LAVANDERIA

En esta área observamos muchas deficiencias como son: uso de tomacorrientes defectuosos y no adecuados para lugares húmedos, equipos funcionando conectados a tomas directamente sin protección, es decir cables sin enchufes, el tablero de distribución del área no posee interruptor diferencial, no se lleva un control de fallos y reparaciones de los equipos etc., por lo cual vemos que el nivel de riesgo es extremo.

COCINA

Está área por ser húmeda también requiere de seguridad, encontramos peligros que tienen alto grado de probabilidad para producirse, vemos tomacorrientes defectuosos y no adecuados para el lugar, el tablero de distribución no posee interruptor diferencial, las tomas no se encuentran en buen

estado, existen cables manipulados y sin canalización expuestos en los tumbados (conexiones de lámparas fluorescente), etc., por lo cual el nivel de riesgo es EXTREMO.

3.1.3. Factores que aumentan los riesgos en áreas de hospitales

Los factores que aumentan los riesgos en estas áreas son:

- Realizar instalaciones adicionales, tomando la alimentación de tableros que ya están sobrecargados, ya que estos tableros son diseñados para una potencia determinada
- Incapacidad del paciente y/o usuarios de detectar ciertos riesgos (radiaciones ionizantes, electromagnéticas, etc.)
- Ausencia de reacciones normales del paciente (enfermedades, inconciencia, anestesiado, fijado a la mesa, etc.)
- Ausencia de la protección que ofrece la piel al paso de corrientes eléctricas (intervenciones quirúrgicas, quemados, etc.)

- Hay equipos que sustituyen funciones vitales del cuerpo (marcapasos, hemodiálisis, etc.)
- Funcionamiento simultáneo de equipos de gran potencia con otros que registran señales muy pequeñas (rayos X portátil y monitor de paciente).
- Aplicación directa, a través de la piel o mediante sondas, de circuitos eléctricos al cuerpo humano (monitorización).
- Instalaciones hechas con mal cálculo de cableado, esto lo pudimos observar en los tableros de rayos X sala 1 y sala 2, del hospital se SOLCA, donde los breakers están sobre dimensionados y de producirse una falla no reaccionaría el breaker de protección del equipo sino el breaker principal del tablero, afectando a los demás equipos conectados.
- El mal funcionamiento de los aparatos eléctricos.
- El envejecimiento del cableado, lo cual produce la separación de las uniones debido a que las instalaciones eléctricas fueron hechas hace mas de 15 años..

- Someter a partes de la instalación a intensidades superiores a las nominales (sobre intensidades), en SOLCA esto ocurre cuando realizan conexiones provisionales para realizar algún trabajo eléctrico.
- Realización de trabajos de mantenimiento sin tomar las precauciones necesarias.
- No formación del personal sobre riesgos de sus situaciones y los equipos de protección.
- Falta de mantenimiento y realización de verificaciones e inspecciones periódicas.
- Falta de iluminación adecuada para realizar los trabajos de mantenimiento (subestación eléctrica).
- No uso de herramientas aprobadas y equipamiento para manejo de circuito caliente, el personal de SOLCA no posee EPP.
- Falta de señales y etiquetas de seguridad para advertir al empleado que hay peligros potenciales en el área.
- Falta de cubiertas y aislamientos de las fuentes de combustión de las partes eléctricas que normalmente lanzan chispas o arcos (área de gases).

- Falta de anclajes de ciertos equipos que necesitan estar estáticos (efecto domino).
- Falta de espacio de trabajo adecuado para permitir a los trabajadores maniobrar con seguridad alrededor del equipo eléctrico (subestación eléctrica, mantenimiento).
- Uso de accesorios metálicos personales (relojes, llaveros, collares, anillos, etc.), cuando se trabaja en instalaciones con tensión o en su proximidad (área de tomografía).
- Conexión de más de una máquina, equipo o herramienta a un mismo tomacorriente. Pudimos observar este defecto en varias salas del hospital de SOLCA como son: Salas de rehabilitación, salas de rayos X, salas de cómputo, consultorios, etc.
- Falta de protección de dispositivos diferenciales en la red eléctrica, utilizada para el funcionamiento de instalaciones, equipos, máquinas y herramientas. Estos elementos son muy necesarios en áreas de cocina, lavandería, rayos X, etc., del hospital de SOLCA, en donde no se cuenta con esta protección.

3.1.4. Riesgos eléctricos en instalaciones eléctricas

En una instalación eléctrica hospitalaria, los peligros típicos que se pueden presentar y dar lugar a riesgos para el estado del paciente, se producen cuando: algún elemento de la instalación esta fallando, ocurren fallas por el diseño y cuando se produce alguna sobrecarga o un cortocircuito lo cual se explicará en el capítulo 6.

En el hospital de SOLCA, la alimentación principal cuenta con apartarrayos, el cual es importante, ya que envía cualquier descarga a tierra, si este falla se obtiene un desbalance entre las líneas, dando como resultado un sobrevoltaje y por consiguiente un aumento de la corriente junto con el disparo de las protecciones.

También encontramos en el poste de la acometida, los portafusibles seccionadores, estos poseen un elemento fusible para que interrumpa el paso de la corriente eléctrica a través de él, cuando se producen sobrecorrientes. Si este elemento falla al ocurrir una sobrecorriente, nunca se abrirá y provocará daños.

El seccionador tripolar principal (CP), el cual recibe las líneas de acometida a la entrada de la subestación, sirve de

protección para el transformador o para el equipo asociado ya que puede cortar la alimentación en caso de emergencia. Si este falla y no se produjera un corte en la línea, el cable se fundiría y como resultado tendremos un incendio.

Luego de este seccionador principal la acometida se conecta a las barras de cobre, en las cuales se pueden producir cortocircuitos por contactos directos.

Antes de entrar la acometida a los transformadores, pasan por los seccionadores, los cuales están para protección del transformador y los circuitos después del mismo.

Los transformadores son de conexión delta estrella y transforman el voltaje de media tensión a baja tensión. Luego nos encontramos con los tableros de transferencia, los cuales son fundamentales para realizar el intercambio entre la alimentación principal y la energía generada por el grupo electrógeno, garantizando el continuo flujo de energía en el hospital, por este motivo un fallo en estos tableros, ocasionará cortes en el funcionamiento de los equipos e instalaciones que no se encuentren alimentados con UPS. Esto ocurre cuando no se realizan pruebas con los tableros de transferencia para supervisar si funcionan o no.

A continuación tenemos los tableros de distribución, por medio de los cuales se provee de energía a las diferentes áreas del hospital, la falla de las protecciones de los tableros pueden ocasionar muchos riesgos, ya que a estos se conectan los diferentes equipos que se usan, ya sean para pacientes o personal en general. Los tableros instalados en SOLCA, no tienen protecciones contra contactos directos e indirectos.

Para poder revisar si las instalaciones cuentan con protecciones capaces de soportar las corrientes de cortocircuito que se podrían producir, haremos el análisis de cortocircuito, el cual lo obtuvimos gracias a los datos tomados de los tableros de distribución principal y transformadores ubicados en la subestación eléctrica.

El análisis de corto circuito se realizará por medio del método punto a punto, el mismo que requerirá de los datos de la instalación eléctrica del Hospital de SOLCA.

Empezaremos por hallar las corrientes de cortocircuito en el secundario de cada transformador y en donde se podría dar una posible falla:

Los datos tomados en la subestación eléctrica para realizar el cálculo de las corrientes de cortocircuito en los diferentes

puntos de la instalación eléctrica del nosocomio y el desarrollo del cálculo aplicando el método punto a punto, basados en las formulas del “Electrical Plan Review, Pag. 7, 8 y 9 (Bulletin EPR-1 November 2002 by Cooper Bussmann, Inc., Printed in U.S.A.)“, los resumiremos en el ANEXO 3 (DATOS DE LA INSTALACION ELECTRICA DEL HOSPITAL DE SOLCA) y (CALCULO DE CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO POR EL METODO PUNTO A PUNTO).

A continuación se muestran los resultados obtenidos en el ANEXO 3, de las corrientes de cortocircuito en diferentes puntos de las instalaciones eléctricas del hospital de SOLCA.

**CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO CALCULADAS EN DIFERENTES
PUNTOS DE LA INSTALACION ELECTRICA DEL HOSPITAL DE
SOLCA**

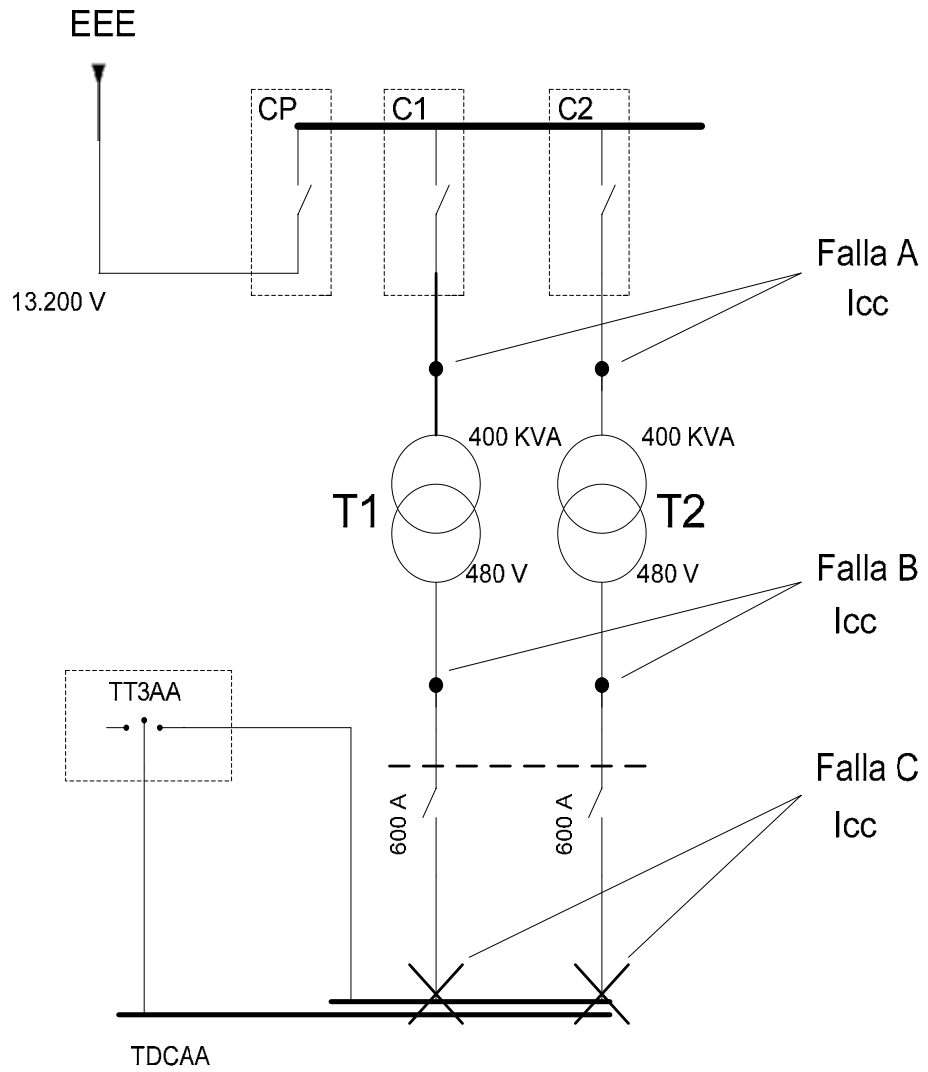


Fig. 3.2

CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO ALREDEDOR DE LOS TRANSFORMADOR PRINCIPALES			
TRANSFORMADORES 3Ø	BREACKERS	Icc en la Falla A	Icc en la Falla B
T1- 400KVA	TDCAA-600A	647,980099 A	17819,4527A
T2- 400KVA		647,980099 A	17819,4527A
T3- 300KVA	TT2AA-800A	184,551294 A	11073,0776A
T4- 300KVA	TP01-1000A	184,551294 A	11073,0776A
T5- 225KVA	TPRX1-300A	156,209488 A	4295,76093A
T6- 400KVA	TRX2-600A	329,481406 A	9060,73868A
T7- 400KVA	TP3-1200A	329,481406 A	8844A

CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO EN TABLEROS DE MOTORES DE LOS EQUIPOS CHILLER

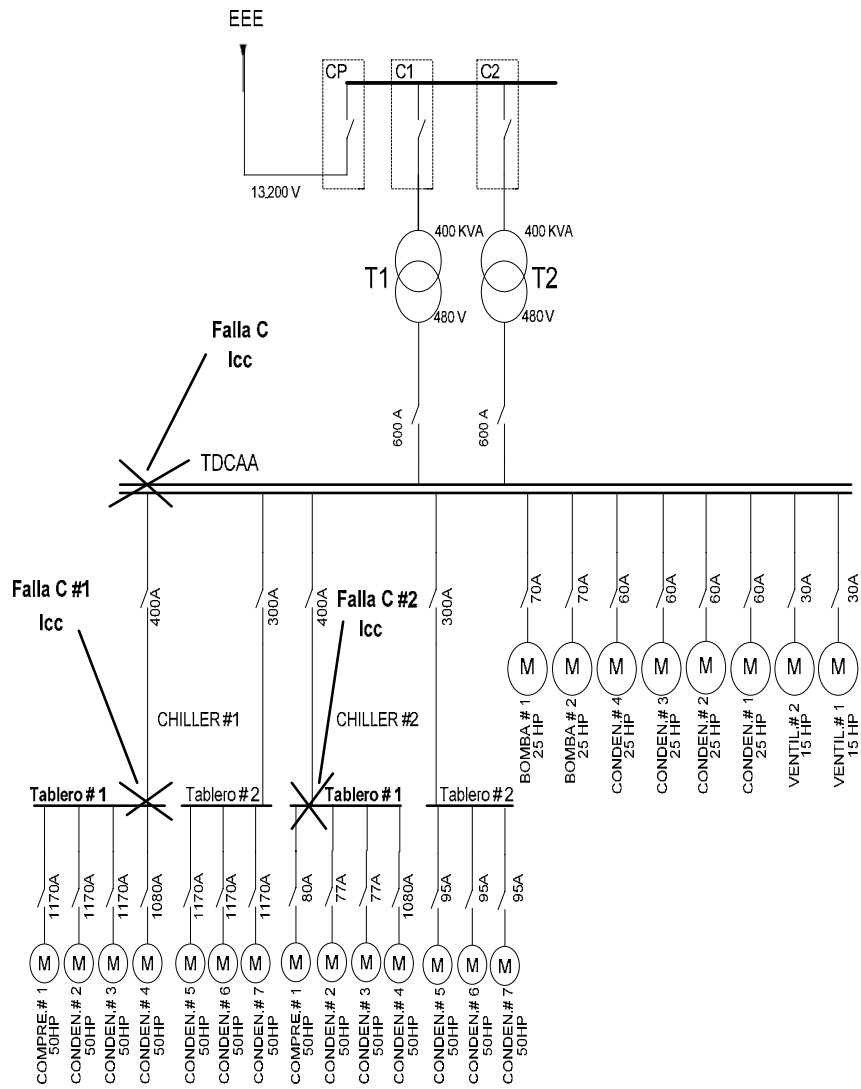


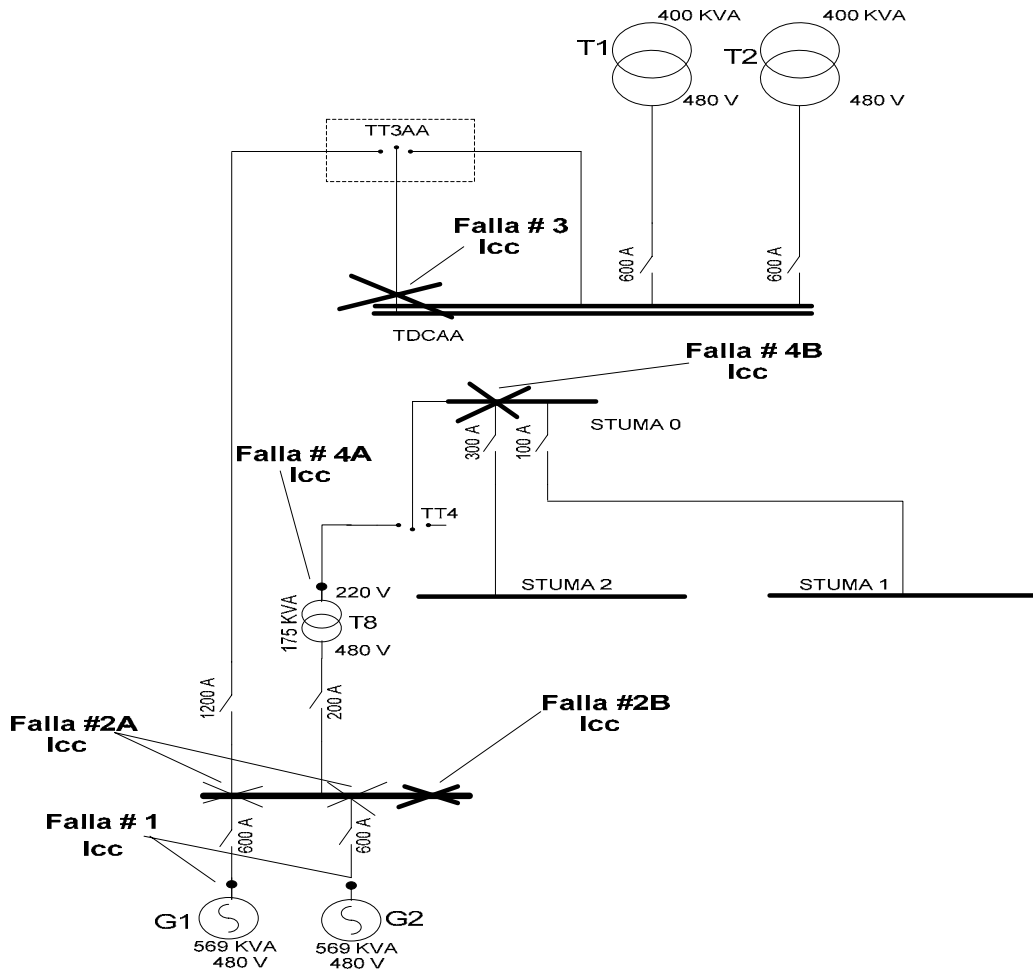
Fig. 3.3

CHILLER # 1	CHILLER # 2
Icc en la Falla C# 1	Icc en la Falla C# 2

16133,0361A

15734,6315A

**CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO CALCULADAS EN LOS
SIGUIENTES PUNTOS**



Fi

g. 3.4

Salida de G1-480V	Salida de G2-480V	G1 conec. a Barra	G1 conec. a Barra	G1 y G2 funci. Juntos	G1 o G2 a la barra	G1 y G2 funcio. Juntos en barra
Icc en la Falla # 1	Icc en la Falla # 1	Icc en la Falla # 2A	Icc en la Falla # 2A	Icc en la Falla # 2B	Icc en la Falla # 3	Icc en la Falla # 3
16898,181A	16898,181A	16453,6181A	16453,6181A	32062,6141A	11542,992A	17530,106

CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO CALCULADAS EN:	
Secundario de T8	Barra de tab. STUMA 0
Icc en la Falla # 4A	Icc en la Falla # 4B
14579,5522A	10036,3871A

**DATOS DE MAXIMAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO TOMADAS DE LOS
BREACKERS INSTALADOS EN EL HOSPITAL DE SOLCA**

CORRIENTES MAXIMAS DE CORTOCIRCUITO OBTENIDAS DE LOS BREACKERS Y FUSIBLES DEL HOSPITAL DE SOLCA				
TRANSFORMADORES 3Ø	BREACKERS	Icc EN LOS BREACKERS	In FUSIBLES SECCIONA	Icc EN LOS FUSIBLES SECCIONA
T1- 400KVA	TDCAA-600A	480V-30000A RMS SYM	C1-25 A	31,5 KA
T2- 400KVA		480V-30000A RMS SYM	C2-25 A	31,5 KA
T3- 300KVA	TT2AA-800A	240V-42000A RMS SYM	C3-20 A	31,5 KA
T4- 300KVA	TP01-1000A	240V-42000A RMS SYM	C4-20 A	31,5 KA
T5- 225KVA	TPRX1-300A	480V-30000A RMS SYM	C5-16 A	31,5 KA
T6- 400KVA	TRX2-600A	480V-20000A RMS SYM	C6-25 A	31,5 KA
T7- 400KVA	TP3-1200A	240V-65000A RMS SYM	C7-25 A	31,5 KA

DATOS DE BREACKERS PRINCIPALES TOMADOS DE LOS EQUIPOS		
NOMBRE DE CHILLER	BREACKER	CAPACIDAD INETRRUPTIVA
CHILLER # 1	480-400 A	30000A
CHILLER # 2	480-400 A	30000A

DATOS DE LOS BREACKERS DESPUES DE LOS GENERADORES G1 y G2 Y DE LAS BARRAS		
VOLTAJE	BREACKERS	CAPACIDAD INTERRUPTIVA
480V	600A	30000A
480V	1200A	50000A
480V	200A	30000A

480V	300A	20000A
------	------	--------

Con las tablas obtenidas podemos observar que la subestación esta protegida contra cortocircuitos en los puntos calculados, ya que la capacidad de interrupción máxima de los breakers instalados es aproximada a la obtenida en los cálculos.

Debemos recordar que la corriente máxima de cortocircuito (al principio de la línea), cortocircuito trifásico, determina:

- El poder de corte de los interruptores automáticos
- El poder de cierre de la aparamenta,
- La sollicitación electrodinámica de conductores y aparamenta.

Y que la corriente mínima de cortocircuito (al final de la línea), cortocircuito fase neutro, sirve para elegir la curva de disparo de los interruptores automáticos y fusibles. “ Norma REBT, guía BT-Anexo 3”.

3.1.5. Equipos electromédicos y sus riesgos

Los riesgos que pueden producir los equipos electromédicos se dan por los siguientes factores:

- Energía entregada por el equipo en condiciones de fallo, aún cuando se mantenga funcionando. En equipos de

rayos X no existe la correcta diferenciación entre neutro y tierra.

- Cuando se interrumpe el funcionamiento del equipo del cual depende la vida del paciente (falla en las protecciones y mal funcionamiento del UPS) y
- Errores humanos (al conectar equipos de asistencia vital a tomas de circuitos no esenciales).

Los factores señalados arriba pueden desencadenar los siguientes riesgos:

- Riesgos de energía eléctrica, bien directamente a través del paso de corrientes por el organismo, alterando sus funciones, o bien de forma indirecta debido a la generación de radiaciones nocivas para el propio organismo.
- Riesgos de fuga de corriente a través del cuerpo, por defectos en la puesta a tierra, falta de equipotencialidad en la puesta a tierra de los equipos, etc.
- Riesgos por perturbaciones de alta frecuencia, las mismas que pueden enmascarar señales que provienen de los electrodos o sondas conectadas al paciente para

monitorearlo, las cuales sirven de referencia al control de procesos automáticos, dando lugar a respuestas erróneas del sistema.

- Riesgos de explosiones, cuando el equipo se utiliza en lugares en que se trabaja con gases tales como el oxígeno, óxido nitroso y otros.

3.2. Efectos de descarga eléctrica

Las descargas eléctricas también conocidas como arcos o chispas eléctricas pueden ocasionar los siguientes efectos:

Daños a las personas, producidos debido al contacto de cables con tensión o aparatos defectuosos, lo cual permite que el cuerpo humano forme parte del circuito eléctrico y de esta manera la corriente pase a través del él.

La severidad de una descarga se mide por la cantidad de corriente que fluye por el cuerpo, el camino que lleva la corriente por el cuerpo, y el tiempo que el cuerpo está en contacto con esta. El cuerpo humano es buen conductor de la electricidad debido a su contenido de agua.

Daño a equipos, debido a variaciones de voltaje significativas y aumentos de corriente que conllevan al recalentamiento de los conductores y al mal funcionamiento de los equipos.

A continuación en los subtemas siguientes haremos énfasis en los efectos y consecuencias de la corriente eléctrica al pasar por el paciente.

3.2.1. Efectos fisiológicos de la corriente eléctrica

En consecuencia son muchos los efectos que influyen en la magnitud de corriente eléctrica necesaria para producir un efecto fisiológico concreto en un individuo. La Tabla 3.10, muestra los valores aproximados de corrientes eficaces en alterna a 60 Hz, así como los efectos que producen estas para un tiempo de exposición entre 1 y 3 seg.

	Mínimo	Típico
Umbral de percepción	0.5 mA	0.7 - 1.1 mA
Corriente límite de control muscular	6 mA	10.5 - 16 mA
Parálisis respiratoria		18 - 22 mA
Fibrilación ventricular		75 - 400 mA
Contracción sostenida del miocardio		1 - 6 A

Tabla 3.1

Fuente: Seguridad eléctrica en Equipos e Instalaciones Médicas por Ernesto Rodríguez Denis, Dr. Sc. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría La Habana, Cuba

De la tabla mostrada arriba, observamos que el más bajo umbral de percepción se detecta alrededor de los 0.5 mA.

El mínimo umbral para la corriente límite del control muscular, es decir cuando la persona no puede soltarse voluntariamente del contacto eléctrico, es de 6 mA.

Para valores más elevados de corriente, entre 18 y 22 mA aparecen contracciones involuntarias de los músculos respiratorios, provocando situaciones de asfixia o parálisis respiratoria si la corriente no se interrumpe.

Si el paso de la corriente eléctrica por el cuerpo sigue incrementándose sin poder detenerse puede dar origen a pérdidas de sincronismo de las diferentes fibras que constituyen el músculo cardíaco. A este fenómeno se le denomina fibrilación cardíaca o también llamada fibrilación ventricular.

Esta descripción fue tomada de la publicación: "Seguridad Eléctrica en Equipos e Instalaciones Médicas por Ernesto Rodríguez Denis, Dr. Sc. de la Facultad de Ingeniería Eléctrica del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (La Habana, Cuba).

3.2.2. Consecuencias de la corriente eléctrica en el cuerpo de *pacientes.*

Cuando se produce una descarga eléctrica en un circuito y el cuerpo humano pasa a formar parte de este, aparecen fundamentalmente los siguientes parámetros: magnitud de la corriente que circula por el tejido, frecuencia, tiempo de exposición a la corriente eléctrica y la zona por la que circula (superficie o tejido interno); capaces de generar las siguientes consecuencias:

- Al producirse la excitación eléctrica de los tejidos (nervios y músculos), comienza una sensación de “hormigueo” o “escozor” que si alcanza una intensidad mayor a los 6 mA. (Tabla 3.1), puede ser dolorosa y molesta. La estimulación de estos nervios o músculos motores puede provocar contracciones y si ésta aumenta puede producirse la tetanización del músculo, quemaduras, etc.
- El incremento de la corriente eléctrica a valores mayores de 75 mA. como se observa en la tabla 3.1, puede producir la detención de la acción de bombeo del corazón interrumpiéndose la circulación sanguínea,

dando lugar a una disminución generalizada de la presión arterial, que en un período de tiempo puede producir daños irreversibles en el sistema nervioso central por carencia de oxígeno, provocando la muerte del ser humano.

3.2.3. Presencia de campo eléctrico

Un campo eléctrico induce una carga en la superficie de un cuerpo expuesto por lo que se puede considerar que las mismas cargas lo producen. El valor del campo eléctrico es función de la tensión del sistema eléctrico; es decir; cuanto mayor es la tensión del dispositivo, mayor será el campo que se genere.

Los efectos que produce son: cosquilleo de la piel, vibración del vello y pequeñas descargas electrostáticas.

De manera general debemos especificar que la presencia de campo eléctrico esta en ciertas áreas del hospital de SOLCA, pero podemos observar que se encuentra en mayor proporción en:

- La subestación eléctrica, debido a los altos voltajes que ingresan a los transformadores, para luego ser transformados a bajos voltajes necesarios para proveer de energía a las diferentes áreas del nosocomio, por lo cual solo debe ser manejada por personal autorizado.
- Salas de radiología y medicina nuclear, debido a sus transformadores elevadores de voltaje (480 a 15.000 V). La presencia de campos eléctricos elevados en las salas de rayos X es inevitable ya que para emplear estos equipos, se necesita de la generación de grandes voltajes para que funcionen. El riesgo para las personas es bastante significativo debido a que estas se encuentran cargadas eléctricamente y los grandes voltajes que se producen en estas áreas generan una radiación peligrosa que perturban el cuerpo humano, el cual podría sufrir cambios de sus ritmos biológicos normales pudiendo sucumbir a diferentes enfermedades.

3.2.4. Arco eléctrico

Arco eléctrico es una corriente eléctrica entre dos conductores a través del aire, siempre que se supere su rigidez dieléctrica.

Cuando se establece un arco en el aire suele convertirse en un cortocircuito y trata de propagarse en dirección a la fuente de alimentación, ya que como consecuencia de la energía de mismo el aire se ioniza y se vuelve conductor (hasta que se enfríe de nuevo).

Por arcos eléctricos se pueden producir quemaduras (constituyen un porcentaje alto de lesiones).

Existe riesgo de arcos eléctricos tanto en instalaciones de alta tensión como de baja tensión, los arcos eléctricos peligrosos se deben habitualmente a circunstancias fortuitas motivadas por fallos de las instalaciones o fallos en actuaciones humanas. Los efectos de los arcos dependen de la intensidad de la corriente del mismo, y de la tensión.

En el hospital de SOLCA, calcularemos el arco eléctrico que se puede producir en la subestación eléctrica, en la barra donde se maneja la mayor cantidad de motores, la cual se

encuentra en el tablero principal TDCAA y alimentado por los transformadores T1 y T2, especificados en capítulos anteriores.

Para realizar el cálculo de la distancia que alcanza el arco y su energía disipada tomaremos los siguientes datos ya calculados anteriormente (Tabla 3.2):

Transf. 3Ø	Vsecun.	In del Breaker	Icc en la falla C
T1- 400KVA	480 V	TDCAA-600A	17108,019A A
T2- 400KVA			

Tabla 3.2

Aplicamos la siguiente formula tomada del Manual de normas eléctricas (NFPA 70E, Artículo 130.3), para calcular el valor de la distancia del arco eléctrico:

$$D = \sqrt{(2,65 \times MVA_{hf} \times t)}$$

Donde $MVA_{hf} = I_{cc} \text{ en la falla C} \times V \times \sqrt{3}$ y al valor que resulte de esta multiplicación, debemos dividirlo para 10^6 .

$$\Rightarrow MVA_{hf} = (17108,019 \times 480 \times 1,732) / 1000000 = 14,22$$

$\Rightarrow D = \sqrt{(2,65 \times 14,22 \times t)}$; En la siguiente Tabla 3.3, mostramos valores de distancias de arco para diferentes tiempos que

tomarían al darse un cortocircuito, ya que debido a la antigüedad de las instalaciones, no se pudo tomar los modelos de los breakers, para determinar el tiempo de apertura en caso de falla:

V (V)	I _{cc} (A)	t(seg.)	Distancia de arco (D)		
			Pie	Centímetros	Pulgadas
480	17108,019	0,5	4,34	132,241094	52,0634229
480	17108,019	0,1	1,94	59,1400152	23,2834706
480	17108,019	0,05	1,37	41,8183058	16,4638999
480	17108,019	0,01	0,61	18,7017149	7,36287988
480	17108,019	0,005	0,43	13,2241094	5,20634229
480	17108,019	0,001	0,19	5,91400152	2,32834706

Tabla 3.3

Al observar los valores de las distancias de arco, es fácil darse cuenta que mientras mayor es el tiempo de duración del cortocircuito, mayor es la distancia de propagación.

Ahora calcularemos la energía que libera el arco eléctrico con la siguiente fórmula tomada del NEC NFPA 70E:

$$\Rightarrow E = 1038.7 \times D^{-1.4738} \times t \left[0.0093 I_{cc}^2 - 0.3453 I_{cc} + 5.9675 \right] \text{cal/cm}^2$$

Donde: D = Distancia en pulgadas que alcanza el arco eléctrico, la cual ya la calculamos arriba para los diferentes tiempos asumidos.

t =Tiempo en que ocurre el cortocircuito

I_{cc} =Corriente de cortocircuito en KA.

$$\Rightarrow E = 1038.7 \times D^{-1.4738} \times t [0.0093 * 17,108^2 - 0.3453 * 17,108 + 5.9675] \text{ cal/cm}^2$$

La Tabla 3.4, muestra los resultados del cálculo realizado:

I_{cc}(kA)	t (seg.)	D (pulg.)	E (cal/ cm²)
17,108	0,5	52,0634229	4,26581086
17,108	0,1	23,2834706	2,79320356
17,108	0,05	16,4638999	2,32756381
17,108	0,01	7,36287988	1,52406183
17,108	0,005	5,20634229	1,26999378
17,108	0,001	2,32834706	0,83157723

Tabla 3.4

Observamos que cuando mayor es el tiempo de duración del cortocircuito, mayor es la energía disipada por el arco.

3.2.5. Campo electromagnético

Un campo electromagnético es una zona donde existen campos eléctricos y magnéticos, creados por las cargas eléctricas y su movimiento, respectivamente, todos los elementos de una instalación que se encuentren a una cierta tensión producen campos eléctricos y todas las instalaciones por las que circule intensidad producen campos magnéticos.

Los campos electromagnéticos se dan de forma natural en nuestro entorno, y nuestro organismo está habituado a

convivir con ellos a lo largo de nuestras vidas, ya que si hablamos de un nosocomio, en este caso del hospital de SOLCA, podemos observar que la presencia de campos electromagnéticos es mayor en las cercanías de los equipos eléctricos y en las líneas eléctricas donde exista gran circulación de voltaje y corriente.

Además debemos señalar que el acoplamiento de un campo eléctrico o magnético con un objeto como una estructura metálica, debido a las tensiones inducidas, puede provocar efectos directos sobre el cuerpo humano como consecuencia de descargas y quemaduras.

3.3. Formatos y procedimientos de evaluación de riesgos

Para evaluar los riesgos primero se debe realizar un análisis de estos y hacer uso de los resultados obtenidos para tomar decisiones y minimizarlos. A continuación detallaremos algunos de los métodos, los cuales se podrían utilizar para evaluar riesgos.

La mayoría de los métodos de evaluación requieren los esfuerzos combinados de un grupo de personas que posean conocimientos en las diferentes áreas a estudiarse, los principales son:

Métodos cualitativos, no recurren a cálculos numéricos. Están basados en técnicas de análisis crítico en las que intervienen distintos expertos de la planta, dependen de la eficacia de la información disponible. Son los siguientes:

- **Listas de chequeo.**- Constituyen listas exhaustivas de posibles iniciadores/accidentes a contemplar en la identificación de riesgos. Este método fue usado para el reconocimiento de las instalaciones eléctricas del hospital de SOLCA.
- **Análisis histórico.**- Consiste en un estudio lo más amplio posible sobre accidentes ocurridos en el pasado en las instalaciones del lugar de estudio. En SOLCA, no se lleva un registro histórico de mantenimiento de fallas ocurridas.
- **Hazop.**- Técnica inductiva de análisis crítica realizada por un equipo de personas que poseen conocimientos de diferentes disciplinas, para identificar desviaciones de proceso que pueden conducir a accidentes. Nuestro propósito es, encontrar posibles riesgos que se producirían.
- **Análisis modo, efecto y criticidad de los fallos (FMEAC).**- Método inductivo de reflexión sobre las

causas/consecuencias de fallos de componentes en un sistema.

- **Análisis preliminar de riesgos.**- Método inductivo en el que se analiza de forma sistemática las causas, efectos principales y medidas preventivas/correctivas asociadas.
- **¿Qué pasa si?.**- Método inductivo en el cual se analiza sistemáticamente las consecuencias de determinados sucesos.

Métodos semicualitativos, recurren a una clasificación de las áreas de una instalación en base a una serie de índices que miden su potencial para ocasionar un daño en función de una serie de magnitudes y criterios. Son los siguientes:

- **Índice de Dow y Mond.**- Son usados para identificar las fuentes de riesgos y para clasificar las diferentes secciones de las instalaciones donde se procesan productos químicos según los riesgos de incendio, explosión y toxicidad. Estos métodos usan factores numéricos para establecer índices de riesgo con lo que se puede obtener una comparación objetiva de los mismos.

Ahora incluiremos algunos formatos de evaluación de riesgos:

En la siguiente Tabla 3.5, se anotara la fecha, lugar, proceso de estudio, etc., de las sesiones que se deben realizar durante la evaluación.

PROCESO DE ESTUDIO			FECHA TALLER
HORA DE INICIO	HORA DE TERMINO	LUGAR	SESION N°

GRUPO DE TRABAJO		CARGO
NOMBRE	EMPRESA	

Tabla 3.5

Para empezar la evaluación se incluye un modelo de formato mediante el método de HAZOP (Tabla 3.6), con el cual se evaluarán las desviaciones que se pueden dar durante el proceso de funcionamiento de algún equipo.

FECHA:	EVALUACION MEDIANTE METODOLOGIA HAZOP				TABLA
NODO :					
UBICACIÓN:					
VARIABLE	PALABRA GUIA	DESVIACION	CAUSAS POSIBLES	CONSECUENCIAS	MEDIDAS A TOMAR

Tabla 3.6

CAPITULO 4

EVALUACION Y RIESGOS ELÉCTRICOS EN AREAS DE HOSPITALES

Para evaluar los riesgos que se pueden producir en áreas de hospitales debemos señalar cuales son las principales causas que dan origen a estos accidentes eléctricos. Los problemas eléctricos son una de las causas que pueden producir incendios, en mayor medida por la violación de las normas del buen uso de equipo y reglamentos de instalaciones.

Las instalaciones eléctricas tienen diferentes grados de prioridad, ya que se prestan servicios esenciales en los que debe mantenerse la alimentación eléctrica sin interrupción, frente a otros servicios en los que una pérdida momentánea de energía no es tan riesgosa como se explicó anteriormente en el capítulo 2.

En la mayoría de las áreas del hospital se trata con enfermos en mayor o menor grado, aunque debemos aclarar que existen áreas de

mantenimiento, subestación eléctrica, central de gases, lavandería, cocina, etc., que aunque no se trate con el paciente, también constituyen áreas potenciales de riesgo.

Análisis y Selección del Área de Mayor Riesgo

Los resultados obtenidos del análisis de riesgos en las diferentes áreas del hospital de SOLCA, realizado en el capítulo anterior, se muestran en la Fig. 4.

Observamos que en varias áreas como: la subestación eléctrica, central de gases, centro quirúrgico, unidad de cuidados intensivos, lavandería y cocina se presentan riesgos de valor extremo debido al desgaste y falta de mantenimiento de la instalación eléctrica. En el área de cocina encontramos conductores expuestos en los circuitos de alumbrado, en la subestación eléctrica se observa falta de mantenimiento en los tableros (calentamiento de los breakers), etc.

AREA DE ANALISIS	MAGNITUD DE	NIVEL DE RIESGO
------------------	-------------	-----------------

	RIESGO	
SUBESTACION ELECTRICA	566,34	EXTREMO
MANTENIMIENTO	302,15	MUY ALTO
ACONDICIONADORES DE AIRE	396,08	MUY ALTO
CENTRO QUIRURGICO	995,46	EXTREMO
UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS	531,00	EXTREMO
CENTRAL DE GASES	490,50	EXTREMO
RAYOS X Y MEDICINA NUCLEAR	321,00	MUY ALTO
LAVANDERIA	549,30	EXTREMO
COCINA	565,71	EXTREMO

Fig. 4

Áreas de Riesgo

Después de analizar todas las áreas que presentan riesgo extremo, podemos notar que el área de mayor riesgo es el centro quirúrgico, la cual aloja pacientes en estado crítico.

Descripción de las Salas de Quirófanos

Los conceptos específicos que distinguen estas salas son la continuidad del suministro y la seguridad del paciente ante el choque eléctrico, por lo que los sistemas de alimentación ininterrumpida y la

configuración de un sistema aislado, descritos anteriormente en el capítulo 2, son de mucha importancia.

También conocidas como salas del grupo 2, debido a que se utilizan equipos invasivos con el paciente por lo cual se requieren condiciones especiales de seguridad del suministro. La Fig. 4.1, muestra la sala de quirófanos del hospital de SOLCA.

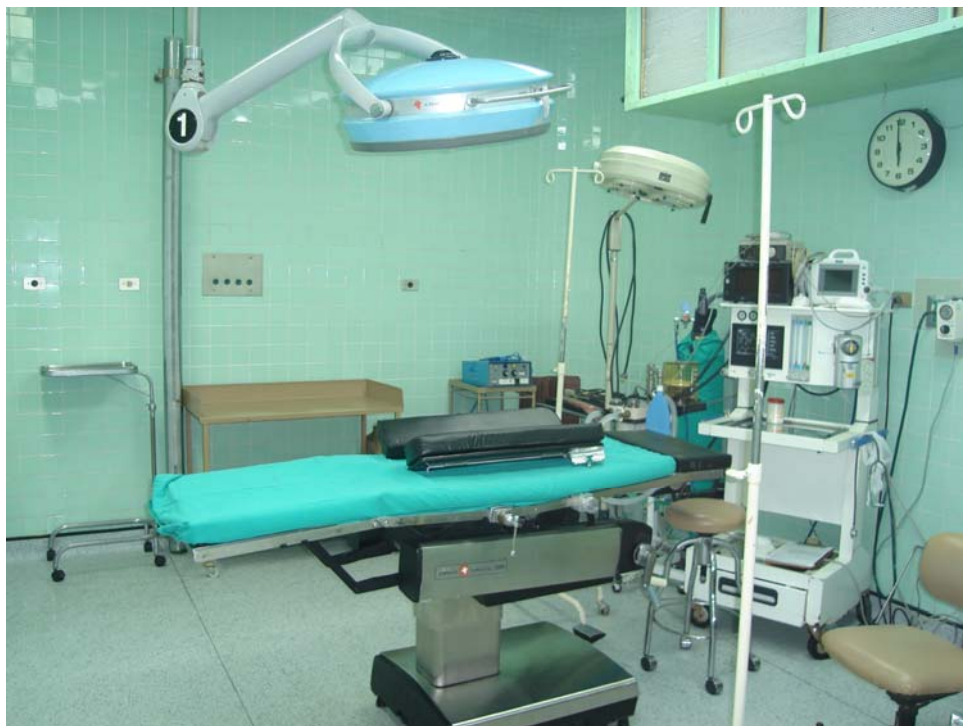


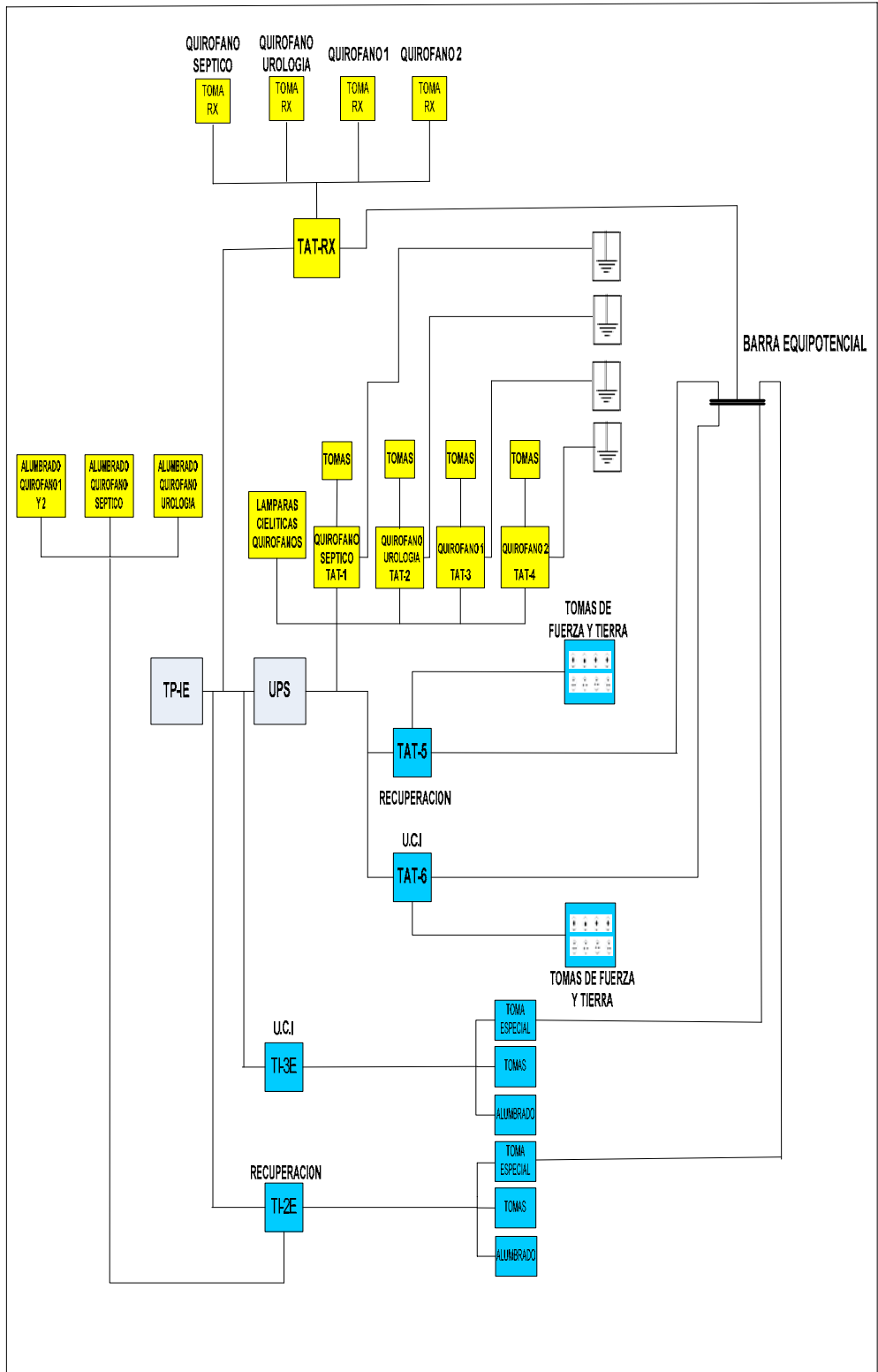
Fig. 4.1

Sala de quirófanos del hospital de SOLCA

El sistema aislado o también llamado sistema IT de este quirófano esta formado de los siguientes elementos:

- Transformador de aislamiento.
- Vigilancia del nivel de aislamiento de estos circuitos, posee un monitor de detección de fugas, el cual enciende una señalización, cuando hay una pérdida de aislamiento capaz de originar una corriente de fuga.
- Las masas metálicas de los equipos electromédicos están conectados a través del conductor de protección a una barra común de equipotencialidad puesta a tierra.

En la siguiente Fig. 4.2, podemos observar un diagrama que muestra la instalación eléctrica del área de cuidados críticos:



se puede apreciar como esta estructurada la instalación eléctrica en áreas de cuidados críticos del hospital de SOLCA, analizando esta instalación, podemos concluir que existen ciertos peligros que señalamos a continuación:

- Cuenta con un solo UPS que alimenta a todas las salas de cuidados críticos. Se debe disponer de por lo menos 2 UPS para abastecer a los circuitos de cada sala, ya que en caso de dañarse un UPS, contaríamos con otro de respaldo
- El tablero principal TPIE, no solo alimenta al UPS sino también a otros circuitos ajenos a estas áreas. Este solo debe abastecer de energía al UPS, ya que en caso de fallas en algún otro circuito que afecte al breaker principal, se perdería la alimentación en estas salas.

Consideraciones Previas

Para realizar una evaluación de riesgos en el hospital de SOLCA, específicamente en las salas de quirófanos, haremos las siguientes consideraciones:

- Debemos tomar en cuenta que la alimentación de la sala de quirófanos no viene de un solo punto.

- Los sistemas de alimentación son el normal y el sistema de emergencia.
- Sistema aislado de tierra IT (véase cap. 2)
- Corriente peligrosa del monitor de aislamiento (ANEXO 2)
- MACROSHOCK (ANEXO 2)
- MICROSHOCK (ANEXO 2)
- Equipotencialidad (véase cap. 2)

Estudio Preliminar

Para realizar un estudio preliminar en el área de cuidados críticos del hospital de SOLCA, se debe listar una serie de eventos que hayan afectado el buen desarrollo de las labores normales que se efectúan diariamente en el nosocomio.

El personal de ingenieros que trabaja diariamente en el hospital mencionó la siguiente lista de casos ocurridos en fechas pasadas:

1.- Durante la utilización de equipo de radiología, el equipo ha empezado a fallar por lo cual se llamó al personal de mantenimiento, y se dedujo que la falla se dio debido a que los cables del equipo se encuentran amontonados y enredados en el suelo por lo que los

doctores al estar maniobrando pisaron los cables y provocó la conexión y desconexión de la toma en repetidas ocasiones.

2.- Problemas con el UPS, empezó a sonar la alarma del UPS, debido a que personas sin conocimientos técnicos realizaron cambio de tomas y las conectaron mal.

3.- Fallas de la ventilación del cuarto de UPS, por lo cual este se sobrecalentó y dejó de funcionar, pero gracias a que varios de los equipos electromédicos poseen baterías y alarmas propias, se pudieron mantener a los pacientes con vida, las alarmas, dieron aviso de la pérdida de la energía.

4.- Mala utilización de regletas, las cuales se cortocircuitan debido a que las sobrecargan.

5- Problemas en las camas eléctricas, no funcionan, debido a que el personal de limpieza, no tiene conocimiento de los procedimientos y normas eléctricas cuando las limpian, les hechas desinfectante y agua en todos lados, sin saber que estas poseen una tarjeta electrónica que no puede ser manipulada de esa manera.

6.- Cuando se realiza limpieza en las salas de quirófanos, riegan agua por todos lados, humedeciendo los tomacorrientes e impidiendo que funcionen.

7.- La energía que proporciona la empresa eléctrica es deficiente, ya que llegan voltajes menores de 220V, por lo general se tienen voltajes de 208V-206V-204V-199V, lo cual afecta al funcionamiento de los acondicionadores de aire, UPS y equipos médicos.

11.- Empezaron a darse cortes de la energía principal, lo cual se produjo por 6 veces, esto produjo daño del UPS y dejó de funcionar, por lo que realizó un bypass.

Metodología de la Valoración por Hazop

El HAZOP es una técnica de identificación de riesgos, basada en la premisa de que los accidentes se producen como consecuencia del mal funcionamiento de los equipos y por fallas en las protecciones eléctricas.

Para realizar este estudio, se analizarán las causas y consecuencias de las diferentes fallas que se pueden dar en el sistema eléctrico, por medio de "palabras guía", que describiremos a continuación:

NO-NULO-NADA: Negación de lo previsto en diseño (Ej.: No flujo de corriente)

MAS-ALTO-SOBRE-MUCHO: Aumento cuantitativo de una variable (Ej.: más flujo de corriente)

MENOS-DISMINUCIÓN-MENOR: Opuesto a MAS (Ej.: menos voltaje)

ADEMÁS DE- ASI COMO: Aumento cuantitativo (Ej: impurezas)

PARTE DE: Disminución cuantitativa (Ej.: menos proporción de un componente de una mezcla)

INVERSO: Lo opuesto a lo previsto en diseño (Ej. Flujo inverso)

DISTINTO DE: Sucede algo totalmente distinto a la intención de diseño.

La característica de este método es que realiza por 2 o mas personas que poseen conocimientos de las diferentes áreas a analizar. En SOLCA para conocer las áreas y tener registro de cómo se encuentran las instalaciones, se lo efectuó en 2 etapas, la primera fue conociendo las instalaciones en cada uno de los pisos, la segunda fue recopilando posibles fuentes de peligro en una lista de chequeo.

El informe final HAZOP constará de los siguientes documentos:

1. Formatos de recogida de las sesiones con indicación de las fechas de realización y composición del equipo de trabajo
2. Esquemas simplificados con la situación y numeración de los nodos del sistema

3. Análisis de los resultados obtenidos. Se puede llevar a cabo una clasificación cualitativa de las consecuencias identificadas, lista de las medidas a tomar obtenidas y lista de los sucesos iniciadores identificados.

Aplicaciones del Método HAZOP en el Hospital de SOLCA

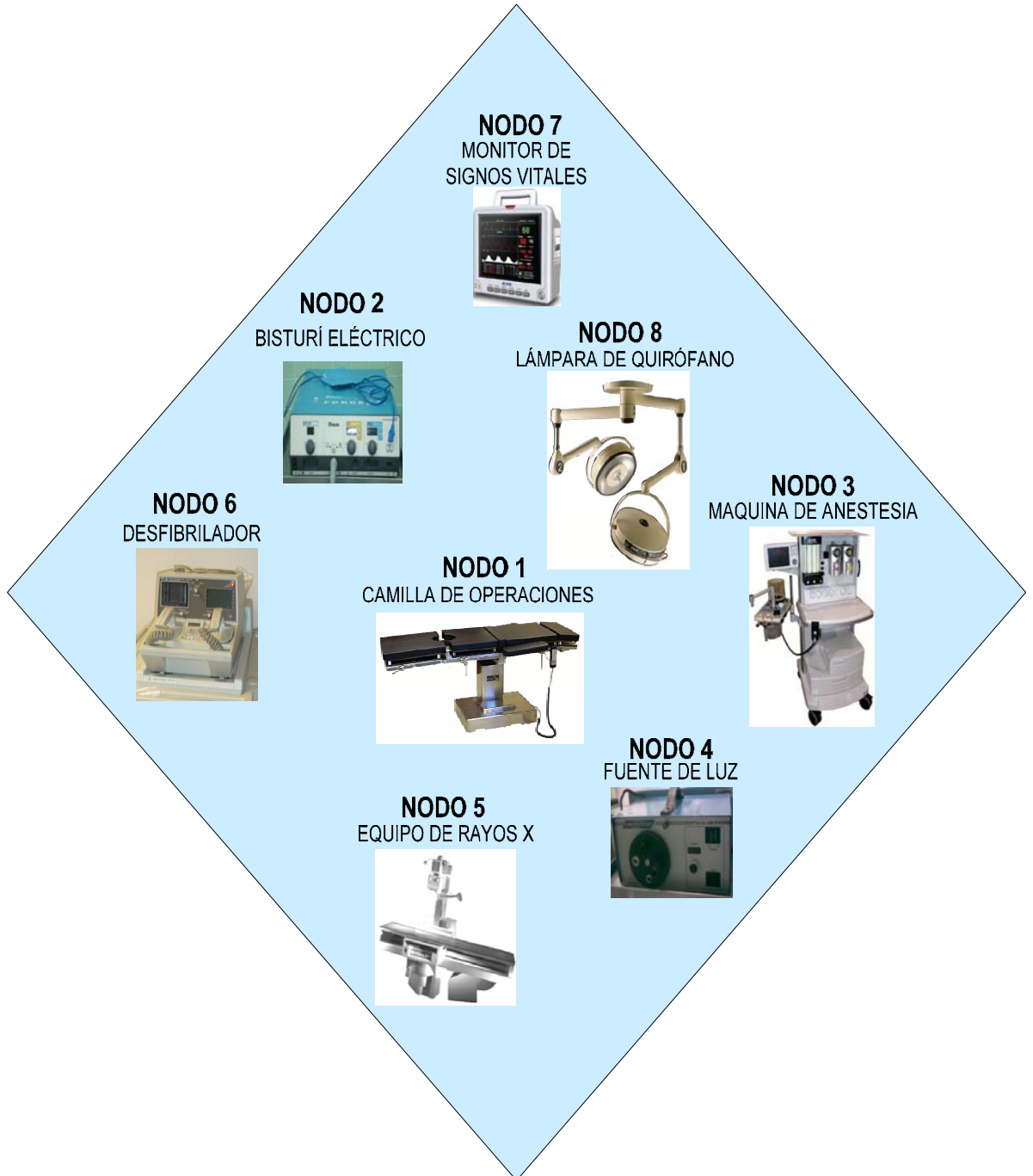
Formatos de recogida de sesiones (Fig. 4.3):

PROCESO DE ESTUDIO			FECHA TALLER
EVALUACION HAZOP EN EL HOSP. DE SOLCA			
HORA DE INICIO	HORA DE TERMINO	LUGAR	SESION N°
8:00	10:00	HOSPITAL DE SOLCA	1

GRUPO DE TRABAJO		CARGO
NOMBRE	EMPRESA	
Martha Saigua M.	ESPOL	ESTUDIANTE
Luis Navarrete J.	SISTELESA	DEPAR. TECICO

Fig. 4.3

Nodos del Sistema:



Análisis de resultados obtenidos:

FECHA:	EVALUACION DE RIESGOS QUE AFECTAN EL CENTRO QUIRÚRGICO DEL HOSPITAL DE SOLCA MEDIANTE METODOLOGIA HAZOP				TABLA 1
NODO 1: MESA DE OPERACIONES					
UBICACIÓN: CENTRO QUIRURGICO PRIMER PISO ALTO					
VARIABLE	PALABRA GUIA	DESVIACION	CAUSAS POSIBLES	CONSECUENCIAS	MEDIDAS A TOMAR
VOLTAJE	Mas	Sobretensión	Daño en el UPS	Daño del motor, daño en la electrónica de control del motor	Mantenimiento y revisión de líneas, instalación de limitador de sobretensión a la entrada de tablero
	Menos	Caída de voltaje	Falla en la electrónica del UPS o baterías bajas	Aumento de la corriente, a largo plazo daño del aislamiento y cortocircuito	Revisión de tablero de aislamiento y sistema UPS, instalar un UPS adicional
	Nada	No hay voltaje	Daño en cables, falla de tablero de aislamiento., falla UPS	No hay movilización ni consecuencias para el paciente	Revisión periódica del tablero de aislamiento sistema UPS

FECHA:	EVALUACION DE RIESGOS QUE AFECTAN EL CENTRO QUIRÚRGICO DEL HOSPITAL DE SOLCA MEDIANTE METODOLOGIA HAZOP				TABLA 2
NODO 1: MESA DE OPERACIONES					
UBICACIÓN: CENTRO QUIRURGICO PRIMER PISO ALTO					
VARIABLE	PALABRA GUIA	DESVIACION	CAUSAS POSIBLES	CONSECUENCIAS	MEDIDAS A TOMAR
CORRIENTE	Mas	Sobrecorriente	Daño en el aislamiento del motor, presencia de humedad y líquidos conductores	A largo plazo cortocircuito	Cambio de breaker en los tableros (interruptores automáticos), educación al personal de limpieza
	Menos	No aplica	Falla en la salida del UPS	no hay movilización	Revisión del tablero del UPS, instalar un UPS adicional
	Nada	No hay corriente	Daño en cables, falla de tablero de aislamiento, falla UPS	No hay movilización ni consecuencias para el paciente	Revisión periódica del tablero de aislamiento del sistema UPS

FECHA:	EVALUACION DE RIESGOS QUE AFECTAN EL CENTRO QUIRÚRGICO DEL HOSPITAL DE SOLCA MEDIANTE METODOLOGIA HAZOP				TABLA 1
NODO 2: BISTURÍ ELÉCTRICO					
UBICACIÓN: CENTRO QUIRURGICO PRIMER PISO ALTO					
VARIABLE	PALABRA GUIA	DESVIACION	CAUSAS POSIBLES	CONSECUENCIAS	MEDIDAS A TOMAR
CORRIENTE	Mas	Sobrecorriente	Daño en la electrónica del equipo	Calentamiento en el equipo, a largo plazo corto circuito, quemaduras del tejido	Verificar interruptor tomacorriente
	Menos	No aplica	Daño interno del equipo, falla en el UPS (Bajo voltaje)	No funcionamiento del equipo	Revisión del UPS
	Nada	No hay corriente	Daño en cables, falla de tablero de aislamiento, falla UPS	No funcionamiento del equipo, riesgo alto (no corte y coagulación del tejido)	Revisión de tablero de aislamiento, y sistema UPS. Cambio de tablero defectuosas

EVALUACION DE RIESGOS QUE AFECTAN EL CENTRO QUIRÚRGICO DEL HOSPITAL DE SOLCA MEDIANTE METODOLOGIA HAZOP

TABLA 2 DE 2

NODO 2: BISTURI ELECTRICO

UBICACIÓN: CENTRO QUIRURGICO PRIMER PISO ALTO

VARIABLE	PALABRA GUIA	DESVIACION	CAUSAS POSIBLES	CONSECUENCIAS	MEDIDAS A TOMAR
VOLTAJE	Mas	Sobretensión	Equipos extraños, falta de equipotencialidad, daño en la electrónica del UPS	Daños en el equipo, quemaduras del tejido	Mantenimiento y revisión del UPS, instalación de limitador de sobretensión a la entrada del tablero de aislamiento
	Menos	Caída de voltaje	Falla en la electrónica del UPS	Falla en el equipo (no corte y coagulación del tejido)	Revisión de tablero de aislamiento y sistema UPS
	Nada	No hay voltaje	Daño en cables, falla de tablero de aislamiento, falla UPS	No funcionamiento del equipo, riesgo alto (no corte y coagulación del tejido)	Revisión de tablero de aislamiento, y sistema UPS. Cambio de tablero defectuosos

FECHA:	EVALUACION DE RIESGOS QUE AFECTAN EL CENTRO QUIRÚRGICO DEL HOSPITAL DE SOLCA MEDIANTE METODOLOGIA HAZOP				TABLA 1
NODO 3: MAQUINA DE ANESTESIA					
UBICACIÓN: CENTRO QUIRURGICO PRIMER PISO ALTO					
VARIABLE	PALABRA GUIA	DESVIACION	CAUSAS POSIBLES	CONSECUENCIAS	MEDIDAS A TOMAR
VOLTAJE	Mas	Sobretensión	Daño en la electrónica del UPS	Daño al equipo, riesgo de sobredosis de gases para el paciente	Instalar limitadores de tensión a la salida del tablero de aislamiento
	Menos	Caída de Voltaje	Daño del UPS (baterías descargadas)	Mal funcionamiento del equipo, posibilidad de pérdida de anestesia al paciente (puede despertar en plena operación)	Revisión de tablero de aislamiento y sistema UPS
	Nada	No hay voltaje	Daño en cables, falla de tablero de aislamiento, falla UPS	No funcionamiento del equipo (paciente puede despertar en plena operación)	Revisión de tablero de aislamiento, y sistema UPS. Cambio de tableros defectuosos

FECHA:	EVALUACION DE RIESGOS QUE AFECTAN EL CENTRO QUIRÚRGICO DEL HOSPITAL DE SOLCA MEDIANTE METODOLOGIA HAZOP				TABLA 2
NODO 3: MAQUINA DE ANESTESIA					
UBICACIÓN: CENTRO QUIRURGICO PRIMER PISO ALTO					
VARIABLE	PALABRA GUIA	DESVIACION	CAUSAS POSIBLES	CONSECUENCIAS	MEDIDAS A TOMAR
CORRIENTE	Mas	Sobrecorriente	Daño en la electrónica del equipo, sobrevoltaje	A largo plazo cortocircuito, pérdida de anestesia al paciente	Instalar limitador de sobretensión a la entrada del tablero de aislamiento, revisión del breaker del tomacorriente
	Menos	No aplica	Daño en cables, falla de tablero de aislamiento., falla del UPS	No funcionamiento del equipo, pérdida de anestesia al paciente	Revisión de tablero de aislamiento y de UPS
	Nada	No hay corriente	No hay voltaje de alimentación, posibles daños en la electrónica del equipo, daño en el tomacorriente	No funcionamiento del equipo (paciente puede despertar en plena operación)	Revisión de tablero de aislamiento, y sistema de UPS. Cambio de tablero de UPS defectuosas

FECHA:	EVALUACION DE RIESGOS QUE AFECTAN EL CENTRO QUIRÚRGICO DEL HOSPITAL DE SOLCA MEDIANTE METODOLOGIA HAZOP				TABLA 1
NODO 4: FUENTE DE LUZ					
UBICACIÓN: CENTRO QUIRURGICO PRIMER PISO ALTO					
VARIABLE	PALABRA GUIA	DESVIACION	CAUSAS POSIBLES	CONSECUENCIAS	MEDIDAS A TOMAR
VOLTAJE	Mas	Sobretensión	Equipos extraños, falta de equipotencialidad, falla en el UPS	Mal funcionamiento del equipo, daños al paciente durante la intervención, explosión de la lámpara	Mantenimiento y reparación de UPS, instalación de limitador de sobretensión a la entrada del tablero de aislamiento
	Menos	Caída de voltaje	Falla en la alimentación en el UPS	El equipo no funciona correctamente, fatiga del ojo al personal médico por efecto de falta de luminosidad	Revisión de tablero de aislamiento y sistema UPS
	Nada	No hay voltaje	Daño en cables, falla de tablero de aislamiento., falla UPS	El equipo no funciona	Revisión de tablero de aislamiento y del sistema
CORRIENTE	Mas	Sobre intensidad	Sobrevoltaje, Pérdida de equipotencialidad	Calentamiento en el equipo, a largo plazo corto circuito	Verificar protección de breaker del tomacorriente

FECHA:	EVALUACION DE RIESGOS QUE AFECTAN EL CENTRO QUIRÚRGICO DEL HOSPITAL DE SOLCA MEDIANTE METODOLOGIA HAZOP				TABLA 1
NODO 5: RAYOS X PORTÁTIL					
UBICACIÓN: CENTRO QUIRURGICO PRIMER PISO ALTO					
VARIABLE	PALABRA GUIA	DESVIACION	CAUSAS POSIBLES	CONSECUENCIAS	MEDIDAS A TOMAR
Voltaje	Mas	Sobre tensión	Equipos extraños, falta de equipotencialidad, falla en la alimentación	Daños en el equipo, excesiva cantidad de radiación, posibles explosiones debido a cortocircuitos	Revisar los tableros, incrementar limitación de sobre tensión
	Menos	Caída de voltaje	Falla en la alimentación	Mal funcionamiento	Revisar tomas y verificar los aislamientos de conductores
	Nada	No voltaje	No encendido del equipo	En casos de urgencias no hay funcionamiento	Revisar las tomas y el tablero de aislamiento

FECHA:	EVALUACION DE RIESGOS QUE AFECTAN EL CENTRO QUIRÚRGICO DEL HOSPITAL DE SOLCA MEDIANTE METODOLOGIA HAZOP				TABLA 2
NODO 5: RAYOS X PORTÁTIL					
UBICACIÓN: CENTRO QUIRURGICO PRIMER PISO ALTO					
VARIABLE	PALABRA GUIA	DESVIACION	CAUSAS POSIBLES	CONSECUENCIAS	MEDIDAS A TOMAR
CORRIENTE	Mas	Sobre intensidad	Fallas en el circuito de aparato, sobre tensiones	Daño del aparato, a largo plazo cortocircuitos	Revisar protección
	Nada	No hay corriente	No funcionamiento del equipo	En casos de urgencias no hay funcionamiento	Revisar las tomas de corriente y el tablero de aislamiento
TIEMPO	Sobre	Tiempo de exposición excesivo a los rayos X	Mala práctica médica, desconocimiento del uso del equipo	Posibles daños a los órganos y tejidos del cuerpo humano, falla en la electrónica del equipo	Educar al personal en el buen manejo del equipo, llevar registros estadísticos de tiempos de exposición y mantenimiento de los aparatos

FECHA:	EVALUACION DE RIESGOS QUE AFECTAN EL CENTRO QUIRÚRGICO DEL HOSPITAL DE SOLCA MEDIANTE METODOLOGIA HAZOP				TABLA 1
NODO 6: DESFIBRILADOR					
UBICACIÓN: CENTRO QUIRURGICO PRIMER PISO ALTO					
VARIABLE	PALABRA GUIA	DESVIACION	CAUSAS POSIBLES	CONSECUENCIAS	MEDIDAS A TOMAR
CORRIENTE	Mas	Sobre intensidad	Fugas ,perdida de aislamiento de cables	Calentamiento en equipo, a largo plazo corto circuito	Verificar protección interruptor automático
	Distinto de	Hay una fuga de corriente	Defectos en el aislamiento del equipo, defectos en acoplamiento capacitivo de los cables, fallas en el conductor de puesta a tierra	Quemaduras, microshock	Mantenimiento a equipo y revisión de línea sistema IT
VOLTAJE	Mas	Sobretensión	Equipos extraños (celulares, falta de equipotencialidad)	Mal funcionamiento del equipo, daños al paciente durante su uso, microshock, macroshock	Mantenimiento a equipo, revisión de línea sistema IT, instalación limitador de sobretensión

FECHA:	EVALUACION DE RIESGOS QUE AFECTAN EL CENTRO QUIRÚRGICO DEL HOSPITAL DE SOLCA MEDIANTE METODOLOGIA HAZOP	TABLA 2
--------	--	----------------

NODO 6: DESFIBRILADOR

UBICACIÓN: CENTRO QUIRURGICO PRIMER PISO ALTO

VARIABLE	PALABRA GUIA	DESVIACION	CAUSAS POSIBLES	CONSECUENCIAS	MEDIDAS A TOMAR
VOLTAJE	Menos	Caída de voltaje	Falla en la alimentación (tablero de aislamiento)	El equipo no funciona correctamente, pérdida del paciente	Revisión de tablero de aislamiento y sistema UPS
	Nada	No hay voltaje	Daño en cables, falla de tablero de aislamiento., falla UPS	El equipo no funciona, pérdida del paciente	Revisión de tablero de aislamiento y sistema UPS

FECHA:	EVALUACION DE RIESGOS QUE AFECTAN EL CENTRO QUIRÚRGICO DEL HOSPITAL DE SOLCA MEDIANTE METODOLOGIA HAZOP	TABLA 2
--------	--	----------------

NODO 7: MONITOR DE SIGNOS VITALES

UBICACIÓN: CENTRO QUIRURGICO PRIMER PISO ALTO

VARIABLE	PALABRA GUIA	DESVIACION	CAUSAS POSIBLES	CONSECUENCIAS	MEDIDAS A TOMAR
VOLTAJE	Alto	Alto voltaje (en los electrodos de censado)	Uso del desfibrilador (emisión de altos voltajes al paciente)	Daños al equipo si no se encuentra protegido	Revisión de propiedades del equipo para saber si este acto para funcionar durante alguna desfibrilación, preparación del personal
	Mas	Sobre tensión	Equipos extraños (celulares, falta de equipotencial)	Daños en equipo, mal funcionamiento, señales erróneas, microshock	Revisar los tableros, incrementar limitación de sobre tensión
	Menos	Caída de voltaje	Falla de alimentación, daños en los cables de alimentación	Mal funcionamiento y datos erróneos	Revisar tomas y verificar los aislamientos de conductores
	Nada	No voltaje	No encendido	En casos de urgencias no funciona	Revisar las tomas, tablero de aislamientos UPS

FECHA:	EVALUACION DE RIESGOS QUE AFECTAN EL CENTRO QUIRÚRGICO DEL HOSPITAL DE SOLCA MEDIANTE METODOLOGIA HAZOP				TABLA 2
NODO 7: MONITOR DE SIGNOS VITALES					
UBICACIÓN: CENTRO QUIRURGICO PRIMER PISO ALTO					
VARIABLE	PALABRA GUIA	DESVIACION	CAUSAS POSIBLES	CONSECUENCIAS	MEDIDAS A TOMAR
CORRIENTE	Mas	Sobre intensidad	Fallas en el circuito del equipo, sobre tensiones	Daño del equipo, posibles cortocircuitos	Verificar protección interruptor electromagnético
	Distinto de	Hay una fuga de corriente	Defectos en el aislamiento del equipo, defectos en acoplamiento capacitivo de los cables, fallas en el conductor de puesta a tierra	Mal funcionamiento del equipo, Quemaduras, microshock, macroshock	Mantenimiento revisión de línea (sistema IT) y de equipo, instalación interruptor automático interruptor diferencial

FECHA:	EVALUACION DE RIESGOS QUE AFECTAN EL CENTRO QUIRÚRGICO DEL HOSPITAL DE SOLCA MEDIANTE METODOLOGIA HAZOP				TABLA 1
NODO 8: LÁMPARA DE QUIRÓFANO					
UBICACIÓN: CENTRO QUIRURGICO PRIMER PISO ALTO					
VARIABLE	PALABRA GUIA	DESVIACION	CAUSAS POSIBLES	CONSECUENCIAS	MEDIDAS A TOMAR
VOLTAJE	Mas	Sobretensión	Equipos extraños (celulares, falta de equipotencialidad)	Mal funcionamiento del equipo, daños al paciente durante la intervención, explosión de la lámpara, cortes debido a la caída de pedazos de vidrio	Mantenimiento, revisión de líneas, sistema IT, instalar limitador de sobretensión a entrada del tablero de aislamiento
	Menos	Caída de voltaje	Falla en la alimentación (tablero de aislamiento)	El equipo no funciona correctamente, fatiga del ojo al personal médico por efecto de falta de luminosidad	Revisión de tablero de aislamiento y sistema UPS
	Nada	No hay voltaje	Daño en cables, falla de tablero de aislamiento., falla UPS	El equipo no funciona	Revisión de tablero de aislamiento y sistema UPS
CORRIENTE	Mas	Sobre intensidad	Fugas ,perdida de aislamiento de cables	Calentamiento en equipo, a largo plazo corto circuito	Verificar protección, interruptor electromagnético

CAPÍTULO 5

CONFIGURACIONES PARA EQUIPOS MEDICOS Y EQUIPOS ELECTRICOS

Para obtener un buen desempeño de equipos médicos y equipos eléctricos en un hospital se necesita inicialmente que sus instalaciones sean realizadas por personas que posean conocimientos acordes con la proyección, construcción y supervisión de instalaciones hospitalarias, lo cual no es algo con lo que conviva muy a menudo un ing. Eléctrico, por tal razón, solo no podría proyectar una instalación de este tipo sin antes sentarse con un grupo de médicos que son los que laboran en estos lugares.

Para realizar una buena configuración de las instalaciones eléctricas de un Hospital, se lo debe hacer en función del NEC, es importante el cumplimiento de esta norma y en particular del artículo 517 que trata de Instalaciones en Lugares de Atención de la Salud.

Equipos médicos

Con respecto al equipo electromédico, la seguridad será una función de las propiedades del equipo, de las condiciones que lo rodean y muy especialmente del modo en que este se use.

Se debe indicar que existen dos individuos que entran en contacto con el equipo electromédico, el personal que maneja el mismo y el paciente que recibe el tratamiento, ambos se asocian con el equipo, por lo tanto se exponen a riesgos en diferentes grados. Por supuesto el personal de atención debe manipular el equipo adecuadamente, someterlo a mantenimiento periódico y garantizar las condiciones de instalación exigidas.

Médica y técnicamente el diseño del equipo por si solo no garantiza la protección al paciente, es necesario, conjugar este con las medidas de seguridad en su instalación y durante su empleo, todos en óptima combinación.

Existen diferentes tipos de equipos médicos desde muy pequeños (uso invasivo y no invasivos) que cumplen una gran función, hasta muy grandes que pueden ser de vital importancia para mantener con vida a un ser humano. Podemos citar como ejemplos los

electrocardiógrafos (ECG), electro gramas (EGM) y los marcapasos, etc., los cuales son equipos que funcionan con electrodos conectados directamente al corazón que hacen susceptible al paciente al riesgo de micro choque (ANEXO 2).

Para poder tener confiabilidad del circuito al cual se conecta el equipo debemos asegurarnos de tener una correcta puesta a tierra. La mayoría de las fallas de la puesta a tierra en los equipos médicos se producen por roturas del conductor debido a fatiga a causa del uso o maltrato. Los cables de alimentación de los equipos y conectores deben ser lo suficientemente robustos, así como deberán ser comprobados frecuentemente durante las tareas rutinarias del mantenimiento preventivo y predictivo.

Se debe alertar a todo el personal sobre el no uso de adaptadores de dos a tres conductores en equipos de uso médico, ya que interrumpen el retorno a tierra en caso de falla.

Otro punto será la reducción de las corrientes de fuga en el chasis del equipo y en cables de paciente, esto debe ser una importante meta para los diseñadores de instrumentos médicos. Se fabrican cables de alimentación para conectar a la red de suministros especiales, con

fugas por debajo de 1 mA/m. En cualquier caso es conveniente mantener los cables de alimentación tan cortos como sea posible.

Las fugas internas entre el equipo y el chasis pueden ser reducidas colocando capas y materiales aislantes que separen los potenciales del chasis y reduzcan las capacidades parásitas asociadas. Particular atención debe brindarse a la solución tecnológica a fin de producir la máxima impedancia entre el vivo del suministro y el paciente, así como entre este y el chasis conectado a tierra.

Otro medio de protección en los equipos es que posean doble aislamiento, ya que el objetivo de la conexión a tierra es eliminar los potenciales peligrosos entre todas las superficies conductoras.

Si la superficie del equipo es hecha de material aislante esta puede usarse como doble aislamiento. Todos los interruptores o teclado deben también ser aislados doblemente. El doble aislamiento reduce generalmente las corrientes de fugas si las soluciones tecnológicas son adecuadas. Para la instrumentación médica las superficies que producen el doble aislamiento, deben mantener sus propiedades aislantes aún cuando se derramen líquidos.

Se debe incluir como medio de protección principal que todos los equipos médicos se conecten de un sistema aislado de tierra, lo cual es esencial si el equipo está siendo utilizado en algún proceso riesgoso en donde no se puede parar si se da alguna falla.

Los demás equipos cuya función no sea de tipo invasiva, si no se posee de un sistema aislado, se debe hacer uso de la instalación de interruptores diferenciales de baja sensibilidad.

Paneles de distribución

Los paneles de distribución son un interfaz entre la energía que ingresa a un hospital y los equipos e instalaciones eléctricas, por lo cual se les debe aplicar gran importancia en la selección, ubicación y requerimientos del circuito eléctrico que se quiera alimentar.

En el hospital de SOLCA, se encuentran tableros para circuitos de control y fuerza para equipos de rayos X, circuitos de alumbrado y tomacorrientes y circuitos aislados de tierra como son los tableros de aislamiento.

A continuación mostraremos en las siguientes tablas la lista de requerimientos necesarios para la instalación de los tableros que alimentan a los circuitos antes descritos:

DESCRIPCION DE PROTECCIONES EN TABLEROS			TABLA 1 DE 2
DETALLES	REQUERIMIENTOS	DESCRIPCION	PORQUE DEBE INSTALARSE
Tablero de Aislamiento que alimenta circuitos de equipos en salas de quirófano, recuperación y unidades de cuidados intensivos Potencia = 10 KVA	Breaker de 2 polos detecta sobrecarga en línea alimentación	Protección de corto circuito interno de tablero (no diferencial)	Para proteger de fallas debido a sobrecarga y corto circuito, este no debe cortar la alimentación por fugas pequeñas de corriente ya que esto podría quitar la alimentación de equipo esencial que se encuentra conectado al paciente para su supervivencia

	Transformador de aislamiento (núcleo aterrizado)	Separación de la alimentación (aislado de tierra)	Protege al paciente de una descarga corriente a través de él por contactos indirectos ya sea con la cama u otro dispositivo ya que el único camino de retorno de la alimentación es a través de este
--	--	---	--

DESCRIPCION DE PROTECCIONES EN TABLEROS			TABLA 2 DE
DETALLES	REQUERIMIENTOS	DESCRIPCION	PORQUE DEBE INSTALARS
Tablero de Aislamiento que alimenta circuitos de equipos en salas de quirófano, recuperación y unidades de cuidados intensivos Potencia = 10 KVA	Monitor de Impedancia detecta corrientes de 2 a 5 mA.	Se encarga de registrar la minima fuga entre la corriente que entra al quirófano y la de retorno	Solo se encarga de encender u alarma en caso de existir presencia de fugas de corriente por pérdida de aislamiento y corta la alimentación del circu

	<p>Breaker termo magnéticos de 2 polos para sobrecarga y corto circuito de circuitos derivados (no diferenciales) 20 A</p>	<p>Son breakers que protegen el circuito individualmente de posibles cortos circuitos por fallas en aparatos y contactos directos, 2 polos puesto que al ser circuitos IT las líneas son de alimentación</p>	<p>El daño de equipos por cortos circuitos debido a contactos directos por líquidos derramados o mala manipulación siempre están presentes, estos podrían afectar al resto de los circuitos cual y produciría un corte de alimentación a equipo de soporte de la vida</p>
--	--	--	---

DESCRIPCION DE PROTECCIONES EN TABLEROS			TABLA 1 DE
DETALLES	REQUERIMIENTOS	DESCRIPCION	PORQUE DEBE INSTALARSE
<p>Tablero de fuerza y control para equipos de rayos X Potencia = 150 KW</p>	<p>Fusibles tipo ultrarrápidos con su respectiva base</p>	<p>Protección rápida en caso de corto circuito trifásico</p>	<p>Los aparatos que alimenta son de alta potencia y una falla en ellos produciría un corto circuito y explosión</p>

	Breaker Electromagnético diferencial	Brecker de protección termo magnética y protección diferencial	Estos equipos debido a su constitución, ya que poseen transformadores que son elevadores de voltaje pueden producir descargas a través de paciente (contactos indirecto
--	--------------------------------------	--	--

DESCRIPCION DE PROTECCIONES EN TABLEROS			TABLA 2 DE
DETALLES	REQUERIMIENTOS	DESCRIPCION	PORQUE DEBE INSTALARS

<p>Tablero de fuerza y control para equipos de rayos X Potencia = 150 KW</p>	<p>Interruptor diferencial de tres fases mas neutro 130 A por fase</p>	<p>Protección la cual toma las tres fases con el retorno detecta posibles fugas hacia cualquier otro circuito</p>	<p>al ser aparatos que usan alimentación trifásica debido a potencia y existen otros circuitos en su entorno la posibilidad de una fuga de corriente es alta</p>
	<p>Detector de fase (secuencia, variaciones y perdida)</p>	<p>Esta garantiza el normal funcionamiento de los aparatos al comprobar que la alimentación no a sufrido cambios</p>	<p>al ser equipos que usan circuitos electrónicos y electromecánicos la alimentación trifásica no de sufrir variaciones esto podría causar el mal funcionamiento o daño del mismo</p>

DESCRIPCION DE PROTECCIONES EN TABLEROS

TABLA 3 DE

DETALLES	REQUERIMIENTOS	DESCRIPCION	PORQUE DEBE INSTALARSE
Tablero de fuerza y control para equipos de rayos X Potencia = 150 KW	Breaker de 3 polos 10A	Protección de baja corriente de sobre carga	<p>para protección del circuito de control el cual también puede sufrir daños y estos son de bajo consumo de corriente, también puede darse explosiones por sobretensiones las cuales dañan los circuitos de control</p>
	Temporizador	Garantiza que por fallas o encendido la energía no responda al instante	<p>cuando por motivos de falla o pérdida momentánea de alimentación, el aparato no debe ser encendido inmediatamente hasta que la alimentación no se haya estabilizado, porque esto puede dañar seriamente los equipos e incluso en el peor de los casos un corto circuito y explosión</p>

DESCRIPCION DE PROTECCIONES EN TABLEROS			TABLA 4 DE
DETALLES	REQUERIMIENTOS	DESCRIPCION	PORQUE DEBE INSTALARSE

Tablero de fuerza y control para equipos de rayos X Potencia = 150 KW	Contactor	Elemento de mando funciona por encendido manual	Se debe contar con un control sobre la energización del equipo para garantizar su encendido o apagado manual por alguna falla
	Pulsador de encendido	Botonera que solo deja pasar alimentación mientras este presionada	garantiza el encendido manual que este se de solo cuando el operario lo indique

DESCRIPCION DE PROTECCIONES EN TABLEROS

TABLA 5 DE

DETALLES	REQUERIMIENTOS	DESCRIPCION	PORQUE DEBE INSTALARSE
<p>Tablero de fuerza y control para equipos de rayos X Potencia = 150 KW</p>	<p>3 Pulsadores tipo hongo</p>	<p>Botonera que posee un contacto normalmente cerrado</p>	<p>Garantiza el paro del equipo en caso de fin de funcionamiento de emergencia, uno en el tablero al lado del equipo y en el pasillo que conduce al panel de control. La seguridad de un apagado rápido en caso de fallas, esta debe estar a alcance</p>

Detector de fase

El detector de fase o también llamado monitor de tensión, se encarga de monitorear que el voltaje se encuentre entre un rango mínimo y máximo. Estos valores de voltaje serán calibrados tomando en cuenta que los equipos a proteger son diseñados para funcionar a un nivel de voltaje determinado y la variación de este parámetro por un período de tiempo largo puede ocasionar daños a personas y equipos.

En el hospital de SOLCA, se hace uso de este elemento solo en el equipo de cobalto, pero es necesario instalarlo en los tableros de control de los equipos de rayos X, tomógrafos, simulador, etc., ya que por su electrónica interna, una variación de voltaje puede influir en un mal funcionamiento o daño del mismo.

En la actualidad los detectores de fase que encontramos en el mercado tienen las siguientes características adicionales: secuencia de fases, falla total y falla de una o más fases.

La siguiente Fig.5 muestra una aplicación del detector de fase

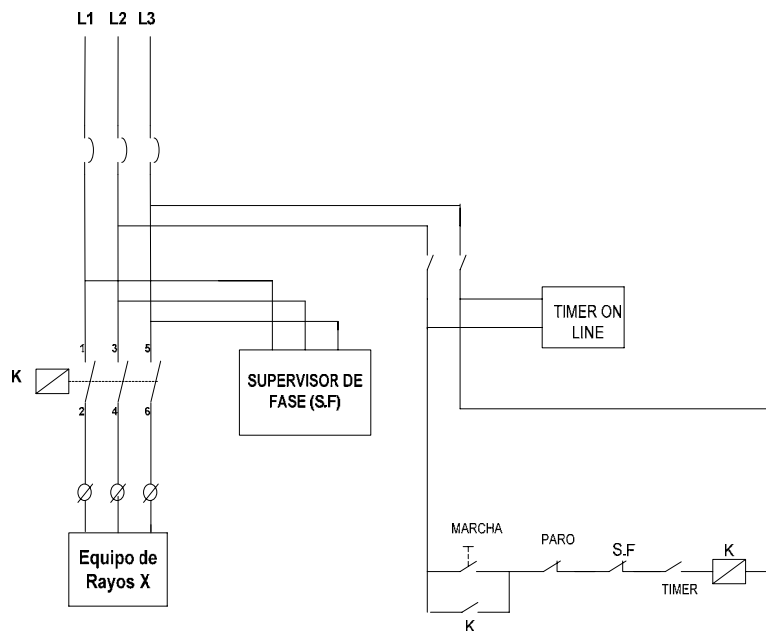


Fig. 5

Aplicación del detector de fase en un equipo de rayos X

5.1.3. Interruptores diferenciales, diferencia entre tierra y neutro

Los interruptores diferenciales, poseen dispositivos internos que tienen la capacidad de detectar la diferencia entre la corriente absorbida por un aparato consumidor y la de retorno. Cuando esta diferencia supera un valor (en general 30 mA), es decir si se produce una fuga a tierra provocada por equipos defectuosos, instalaciones dañadas o contactos directos el dispositivo interrumpe el circuito, cortando el suministro de corriente a toda la instalación.

Al hablar de la diferencia entre neutro y tierra debemos tomar en cuenta que el neutro en un sistema bifilar es el cable de retorno de la corriente, por donde se cierra el circuito a través de la carga; es un cable de las mismas características que la fase, del mismo material, la misma sección y la misma aislación, solamente con distinto color.

La tierra es la conexión de toda la instalación, incluyendo artefactos, tablero y cañerías a una tierra eléctrica, mediante un cable desnudo (torzal) de cobre.

Por el neutro circula corriente normalmente (cuando se cierra un circuito): pero por la conexión de tierra solamente circula ocasionalmente en caso de pérdidas o cortocircuitos.

Describimos la diferencia entre tierra y neutro debido a que la forma de realizar la conexión a tierra de la alimentación y de la instalación eléctrica, tiene una relación directa desde el punto de vista funcional con los interruptores de corriente diferencial, cuya misión es desconectar una red de distribución eléctrica, cuando alguna de sus fases se pone a tierra, bien sea directamente o a través de humedades generalmente. El interruptor diferencial se activa al detectar una corriente de

defecto o corriente de fuga (ANEXO 2), que sea superior a su umbral de sensibilidad (Valor de corriente máximo que soporta).

En la siguiente Fig. 5.1 se muestra una aplicación de los interruptores diferenciales en un equipo médico.

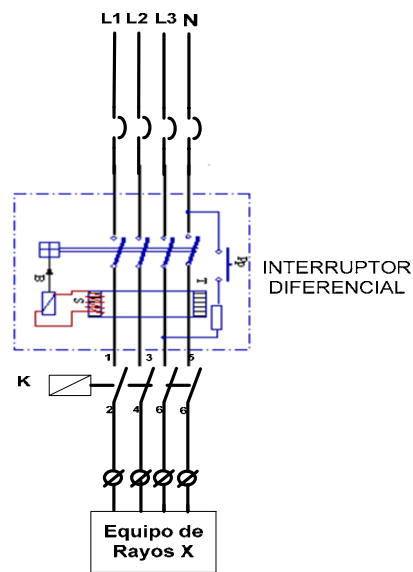


Fig. 5.1

**Aplicación del interruptor diferencial con un
equipo médico**

Debemos aclarar que la utilización de estos dispositivos no está reconocida como una medida de protección completa contra los contactos directos, sino que está destinada solo a aumentar otras medidas de protección contra los contactos directos o indirectos durante el servicio normal y, por lo tanto,

no exime en modo alguno del empleo del resto de las medidas de seguridad.

Efecto magnético y peligros en circuitos eléctricos

Cuando existe una mayor intensidad de corriente circulando por un circuito, el flujo magnético aumenta haciéndose cada vez mas fuerte, cuando esto es lo que se desea para hacer funcionar algún equipo, es muy ventajoso para el mismo, pero para las personas que están alrededor puede ser peligroso.

En si podemos decir que los peligros que pueden producirse por el efecto magnético en circuitos, los encontramos a diario, porque se encuentran presentes en la mayoría de los equipos que son de uso común, el efecto que causan en el organismo de los seres humanos depende del nivel de exposición al campo magnético producido. Existen muchos equipos que emiten un alto grado de campo magnético al cual no se debe estar expuestos por mucho tiempo ya que estos podrían penetrar en la piel del usuario y dañar su estructura celular.

La intensidad de campo magnético producida por un circuito, afecta en menor grado a las personas, mientras mas alejadas se encuentren del circuito.

En las instalaciones eléctricas se pueden producir peligros de descargas disruptivas debido a los trabajos efectuados por personal no especializado sin tomar en cuenta las distancias de seguridad permitidas, por lo que se deben adoptar medidas necesarias para asegurar que entre cualquier punto de tensión y la parte más próxima del cuerpo del operario o de las herramientas no aisladas, por él utilizadas, existan las distancias mínimas siguientes mostradas en la Fig. 5.2:

	Tensión entre fases	Distancias de seguridad
Hasta	1 kV	0,40 m
Hasta	10 kV	0,80 m
Hasta	15 kV	0,90 m
Hasta	20 kV	0,95 m
Hasta	25 kV	1,00 m
Hasta	30 kV	1,10 m
Hasta	45 kV	1,20 m
Hasta	66 kV	1,40 m
Hasta	110 kV	1,80 m
Hasta	132 kV	2,00 m
Hasta	220 kV	3,00 m
Hasta	380 kV	4,00 m

Fig. 5.2

Fuente: Seguridad en las maniobras MT
Publicación Técnica Schneider: PT-070
Edición: Noviembre 2 000

5.1.5. Equipos eléctricos en quirófanos y salas de recuperación

Estos equipos se encuentran alimentados por los tableros de aislamiento de cada sala, ya que funcionan en contacto directo con el paciente por lo cual requieren de mucha seguridad. Se usan los siguientes equipos:

Equipos para Diagnostico.- Evaluación funcional, Bioimágenes, Análisis químicos - clínicos o laboratorio de patología clínica.

Equipos terapéuticos.- Intervención de baja invasión, Terapia no invasiva, Órganos artificiales y prótesis, Rehabilitación y soporte.

Algunos equipos usados de uso terapéutico son:

-Electro bisturí de uso general

-Láser quirúrgico

-Bombas de infusión

-Respirador

Tenemos equipos de uso funcional:

-Electrocardiograma (ECG)

-Electroencefalograma (EEG)

-Electromiografía (EMG)

Equipos de Diagnostico por Imágenes:

-Aparatología de rayos X Convencional

-Ecografía/ Eco Doppler

-Mamografía

-Resonancia Magnética Nuclear (RMN)

-Tomografía Axial Computarizada (TAC)

-Cámara Gama

5.1.5.1. Bisturí eléctrico

Este equipo Fig. 5.3, permite realizar corte y coagulación de los tejidos por medio de la aplicación de energía de alta frecuencia. (0,3 Khz. a 5 Mhz.) y amplitudes de hasta 2000 V. Básicamente hay tres modos de uso para el cirujano:

CORTE: Onda senoidal continua

COAGULACION: Impulsos de muy corta duración.

CORTE + COAGULACION: onda senoidal chopeada al 50%



Fig. 5.3

Bisturí eléctrico del hospital de SOLCA

Este equipo se conecta a una toma Twist Lock de 110V (tomadas bloqueada rotatoriamente), alimentada por el tablero de aislamiento, este equipo es de uso invasivo, ya que su función es generar corrientes de alta frecuencia, con las que se pueden cortar o eliminar tejido blando.

La manera de cómo conectar el bisturí eléctrico se muestra en la Fig. 5.4.

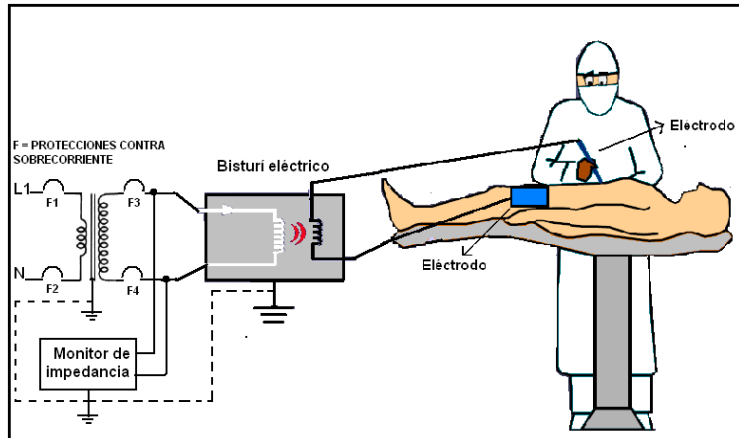


Fig. 5.4 Conexiones del Bisturí eléctrico

5.1.5.2. Monitores

El uso médico que se les da a los monitores Fig. 5.5, es de monitorear y controlar los parámetros fisiológicos en el paciente, como son: Electrocardiograma, Respiración, Temperatura, Presión no Invasiva, detección de eventos anormales en el paciente, etc.



**Fig. 5.5
Monitor de signos vitales**

Este equipo también se conecta a una toma Twist lock de 110V en la sala de quirófanos, mientras que en la sala de recuperación y cuidados intensivos, posee un toma polarizada normal, pero en todos los casos su alimentación la recibe por medio del transformador de aislamiento.

Este equipo se conecta al paciente mediante un cable con tres o más electrodos que permite el monitoreo continuo en la pantalla, lo cual es muy riesgoso para el paciente si no cuenta con las debidas protecciones.

5.1.5.3. Desfibrilador

Un desfibrilador, Fig. 5.6, es un aparato que administra de manera programada y controlada una descarga o choque eléctrico moderado a un paciente con el fin de detener una arritmia cardiaca. Si este choque eléctrico es aplicado con el fin de "sacar" a un paciente de un cuadro de fibrilación ventricular, al procedimiento se le denomina desfibrilación, y si se emplea para el tratamiento de alguna otra arritmia (usualmente fibrilación auricular, aleteo -flutter- auricular, taquicardia

supraventricular o taquicardia ventricular) se le llama entonces cardioversión eléctrica.



Fig. 5.6
Desfibrilador

La siguiente Fig. 5.7, muestra el esquema de un desfibrilador.

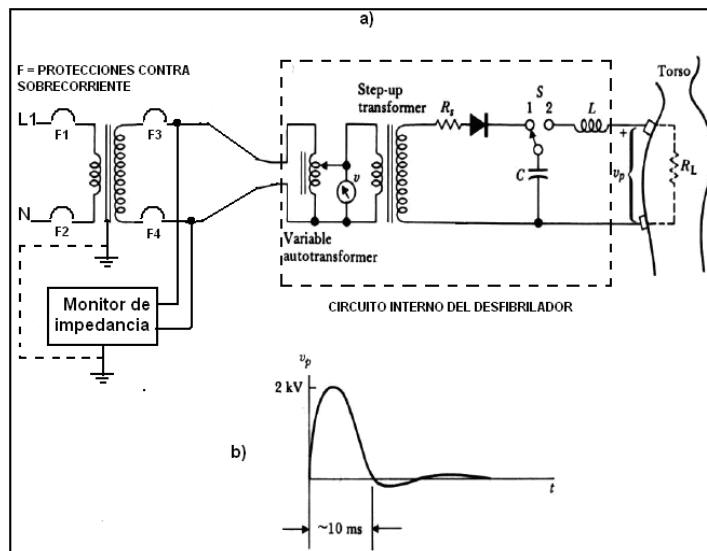


Fig. 5.7
Desfibrilación de descarga capacitiva
a) Sus conexiones y b) la forma de onda que muestra al aplicar la descarga

En la Fig. 5.7, se aplica un pulso corto de alta amplitud, descargándose el capacitor presionando un interruptor con los electrodos firmemente colocados.

El interruptor vuelve a su posición tan pronto se descarga.

5.1.5.4. Equipo para anestesiarse

El uso o propósito de estos equipos, Fig. 5.8, es aplicar una mezcla de gases y vapores variable para controlar el nivel de conciencia del paciente durante el procedimiento quirúrgico.

Las funciones de este equipo son: Proveer Oxígeno al paciente, Suministrar mezclas de gases, O₂, vapor anestésico, Oxido nitroso y aire, etc.



Fig. 5.8

Equipo para anestesiar

5.2. Equipos eléctricos en servicios auxiliares del hospital de SOLCA

El hospital de SOLCA, posee varias áreas auxiliares, en donde podemos encontrar diferentes equipos que no son usados para tratar al paciente, tenemos las áreas de cocina, lavandería, central de acondicionadores de aire, en donde tenemos equipos que sirven para el desarrollo diario del nosocomio.

5.2.1. Área de cocina

El área de cocina del hospital de SOLCA Fig. 5.9, posee varios circuitos derivados, los cuales son alimentados por el sistema

principal y el sistema de emergencia, tenemos los siguientes circuitos alimentados por el sistema principal:

- 6 circuitos de tomacorrientes
- 10 circuitos de tomacorrientes especiales
- 3 circuitos de alumbrado

El sistema de emergencia alimenta:

- 5 circuitos de tomacorrientes
- 2 circuitos de tomacorrientes especiales
- 2 circuitos de alumbrado

Los cuales son muy necesarios para llevar a cabo el funcionamiento de los diferentes equipos usados en el área.

El lugar muestra varios riesgos que tienen mucho que ver con las instalaciones eléctricas, existen tomas con tapas rotas y no adecuadas para el lugar (sitio húmedo), cables sueltos en los techos, lo cual debe corregirse para minimizar los riesgos.



Fig. 5.9 Área de cocina del hospital de SOLCA

5.2.2. Área de lavandería

La lavandería del hospital de SOLCA, Fig. 5.10, posee varios circuitos derivados que solo son energizados por la alimentación principal, este sitio no posee alimentación de emergencia, y los circuitos que posee son:

- 4 circuitos de tomacorrientes
- 3 circuitos de tomacorrientes especiales
- 1 circuito de alumbrado

Estos circuitos son necesarios para que funcionen los diferentes equipos instalados.

En esta área encontramos tomas no adecuadas para el lugar (área húmeda) y desgastadas por el tiempo de uso, también existen equipos mal conectados a estas tomas. Estos riesgos deben disminuirse para evitar posibles consecuencias para los colaboradores del lugar.

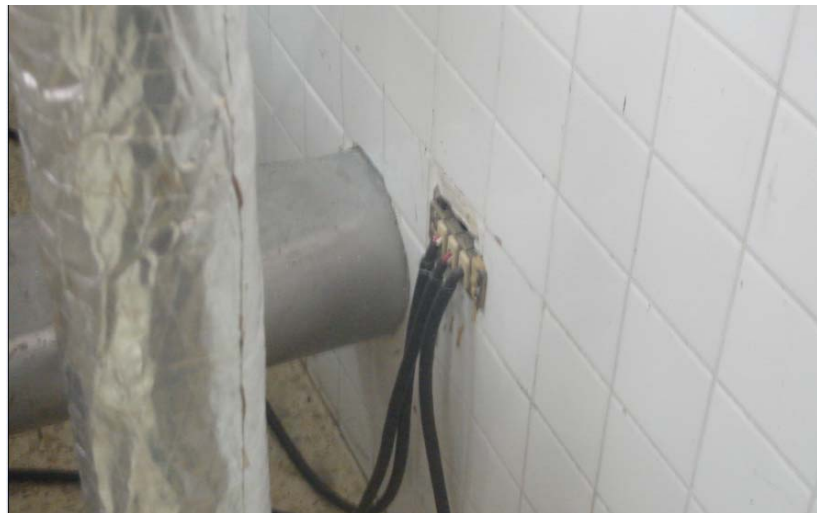


Fig. 5.10

Área de lavandería del hospital de SOLCA

5.2.3. Acondicionador de aire (CHILLER)

El sistema de acondicionadores de aire, del hospital de SOLCA, es un área importante en el hospital, ya que se necesita de muy buena ventilación para abastecer de aire a

todos los equipos y sobre todo para prevenir la acumulación de bacterias.

En la figura siguiente se muestra un esquema Fig. 5.11 de la central de acondicionadores de aire.

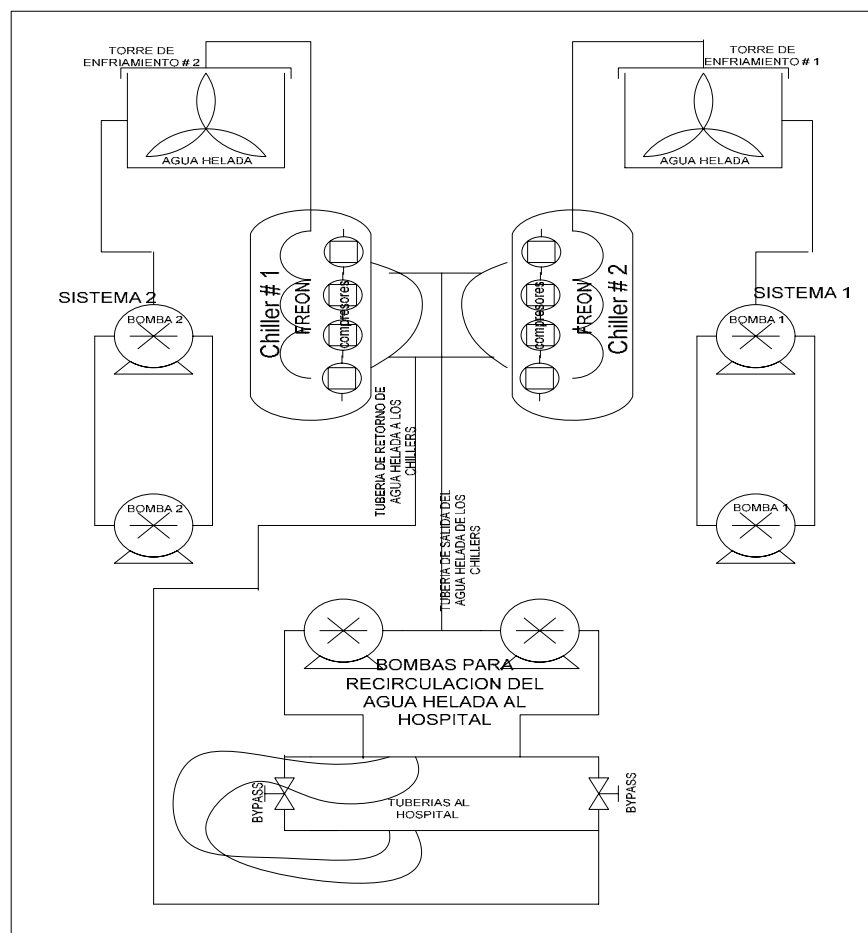


Fig. 5.11

Central de acondicionadores de aire del Hospital de SOLCA

5.2.3.1. Sistema de aire para quirófano

El sistema de aire para los quirófanos cuenta con una unidad manejadora de aire (U.M.A), estos son equipos como se ve en la Fig. 5.12, les ingresa agua helada que proviene del acondicionador de aire (CHILLER), para luego pasar por una tubería en forma de serpentín, esta agua helada retorna nuevamente a la central de acondicionadores de aire(CHILLER), donde volverá a ser enfriada. Un ventilador se encarga de hacer la recirculación de aire, que pasa por este serpentín, que ingresa y sale del quirófano. Antes de que este aire entre a los quirófanos pasa por filtros para ser limpiado y así disminuir las impurezas.

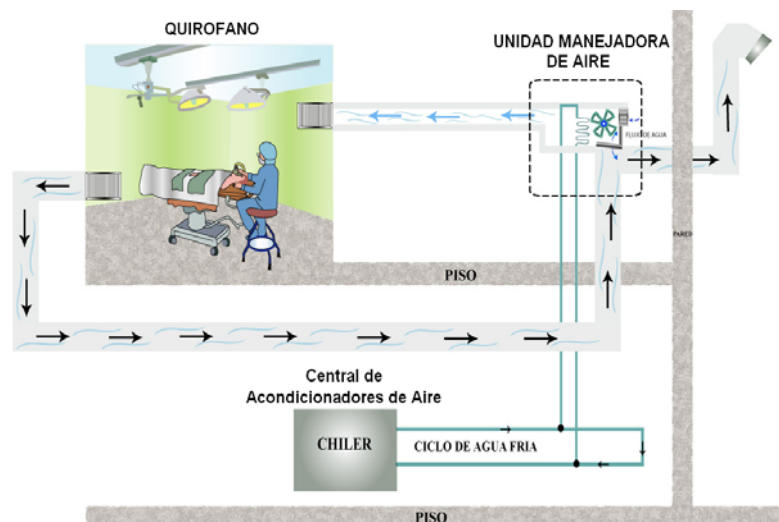


Fig. 5.12
Unidad manejadora de aire (U.M.A) para Quirófano

Debemos también mencionar que cada unidad manejadora de aire (U.M.A), tiene una compuerta que esta siempre abierta y permite el ingreso del aire del ambiente, para la renovación del aire que esta recirculando. Esto es posible mediante una torre que atrapa el aire (véase Fig. 5.13), la misma que está instalada en la terraza del hospital.

Además este sistema posee un mecanismo para evitar que la propagación de bacterias en el momento de una operación riesgosa no afecte a las personas dentro de la sala, ya que las U.M.A, poseen otra compuerta que esta siempre cerrada para que el aire que sale de los quirófanos vuelva a recircular, esta compuerta es controlada desde los quirófanos y cuando se activa, la compuerta se abre y permite que el aire contaminado durante la operación se escape al ambiente y de esta manera solo circule aire nuevo a las salas.

Estos equipos poseen tableros con contactores y relés térmicos, los cuales son controlados en su encendido

y apagado automático por medio de un autómata programable.



Fig. 5.13

Torre que atrapa el aire del ambiente en el Hospital de SOLCA

5.2.4. Bomba de vacío

El hospital de SOLCA, cuenta con una sola bomba de vacío, Fig. 5.14, para todo el nosocomio, lo cual actualmente ya no es suficiente para abastecer a los diferentes áreas que lo necesitan.

La sobrecarga de este equipo por tiempo de trabajo, produciría el desgaste del mismo y su posible interrupción, lo cual originaría una posible contaminación, ya que este es esencial en las salas de cuidados críticos, por esto nuestra

recomendación es aumentar otra bomba de vacío para respaldo de esta o en caso de falla.

El tablero de la bomba de vacío (Fig. 5.14), posee: 2 breakers, 2 contactores, 2 térmicos y 2 transformadores reductores de voltaje. Observamos que requiere de guardamotores de protección para los motores, ya que los breakers se encuentran sobredimensionados.



Fig. 5.14

Este equipo se encuentra en el área de máquinas del hospital y es alimentado por el tablero de emergencia que además provee de energía a los equipos de esterilización y los compresores de aire medicinal y aire comprimido.



Fig. 5.14 Compresor de vacío

5.2.5. Split de pared

Los acondicionadores de aire de ventana (splits de pared), de tipo monofásico no deben ser conectados a circuitos esenciales, si se posee central de aire, deben ser conectados de tal forma que no sobrecarguen una línea de alimentación, es decir, no deben estar conectados a circuitos eléctricos que alimenten a equipos médicos. Véase Fig. 5.16

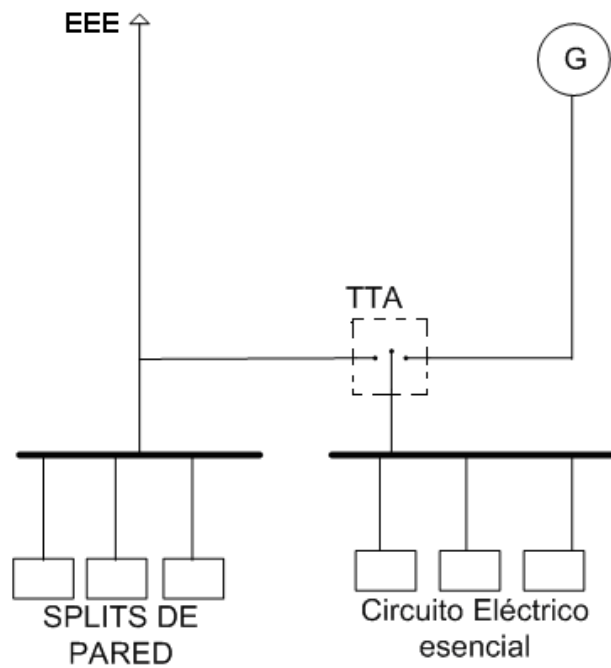


Fig. 5.16

En el hospital de SOLCA, se cuenta con 30 splits de pared de capacidades entre 48.000 y 120.000 BTU, los cuales han sido instalados para satisfacer las necesidades de demanda de aire, debido a que la central no se abastece para ambientar ciertos lugares y por lo general se encuentran alimentados por el tablero principal mas cercano al lugar donde se instalen.

CAPITULO 6

ELEMENTOS Y DISPOSITIVOS PARA MINIMIZACION DE RIESGOS

La prevención de accidentes en las personas debe considerarse como principal objetivo de un sistema de protección. En la mayoría de las instalaciones eléctricas, la seguridad personal debe tener prioridad sobre la alimentación a equipos o consideraciones del tipo económicas.

El costo de un sistema eléctrico hospitalario en la mayoría de los casos determinará el grado de protección adecuado o razonable para un equipo o un sistema de distribución. Con un adecuado diseño que necesariamente involucrará un mayor costo inicial en un proyecto, el sistema eléctrico puede ofrecer buenas características de confiabilidad y seguridad.

Medidas para prevenir las sobre intensidades

Todo circuito debe estar protegido contra los efectos de las sobre intensidades que puedan presentarse en el mismo, Estas pueden deberse a diversos motivos los cuales pueden ir desde la conexión de un equipo no previsto en el cálculo del sistema hasta el fenómeno atmosférico de un relámpago cerca del nosocomio.

La mayoría de las protecciones están basadas en el paso de corriente eléctrica por los conductores, las mismas que se dan para:

- Sobrecargas
- Cortocircuitos.

Es de mucha importancia conocer las distintas características de los diversos elementos de protección que se usan en el diseño de las redes eléctricas, ya que en la mayoría de los casos estos son mal empleadas debido al poco conocimiento de estas.

Protecciones contra sobrecargas

Para protección del personal y de las instalaciones contra las sobrecorrientes producidas por las sobrecargas, se deben seleccionar en función del tipo de equipo que se va a proteger.

Los Relés térmicos, son los mas utilizados para proteger los motores contra las sobrecargas débiles y prolongadas, detectan pérdidas de fase y cambios superiores a la temperatura ambiente. Las protecciones térmicas tienen un tiempo lento de activación.

Los relés térmicos se conectan en serie después de los contactores, estos permitirán el paso o corte de energía eléctrica hacia la carga para energizarla o desenergizarla, la Fig. 6, muestra la asociación de un relé térmico con un contactor.

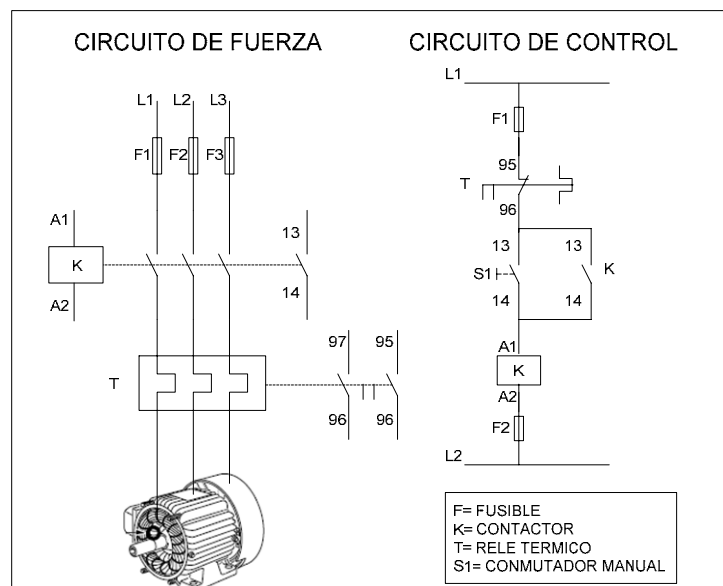


Fig. 6 Asociación de un relé térmico con un contactor y fusibles

El hospital **SOLCA**, cuenta con áreas que utilizan motores y en algunos casos sin protección contra sobrecargas, como describimos a continuación:

- El área de acondicionadores de aire, posee gran cantidad de motores y al revisar los tableros se observó que no todos están protegidos contra una sobrecarga, en la siguiente Fig. 6.1, se muestra el tablero de control de compresores de uno de los equipos (CHILLER) para el proceso de enfriamiento del aire, el uso de estos equipos es constante, por lo cual requieren que se les instale relés térmicos para protegerlos contra alguna sobrecarga .



Fig. 6.1 Tablero de compresores de equipos chiller en área de acondicionadores de aire

- El tablero de motores de las calderas, el cual tampoco cuenta con protecciones térmicas, Fig. 6.2



Fig. 6.2 Tablero de motores de calderas

- El tablero de bombas contra incendio que se encuentra ubicado en el área de mantenimiento, tampoco cuenta con protecciones contra sobrecargas, Fig. 6.3.



Fig. 6.3 Tablero de bombas contra incendio

Interruptores magneto térmicos; interrumpen el circuito abriendo los polos cuando detectan una sobrecarga, es decir

calentamiento excesivo o cuando el valor de la corriente se dispara a tal punto que excite la protección magnética, estos equipos se rearman y pueden volver a ponerse en servicio cuando se enfríen o cuando el valor excesivo de corriente cese. La Fig. 6.5 siguiente muestra la instalación de un interruptor magneto térmico con un contactor.

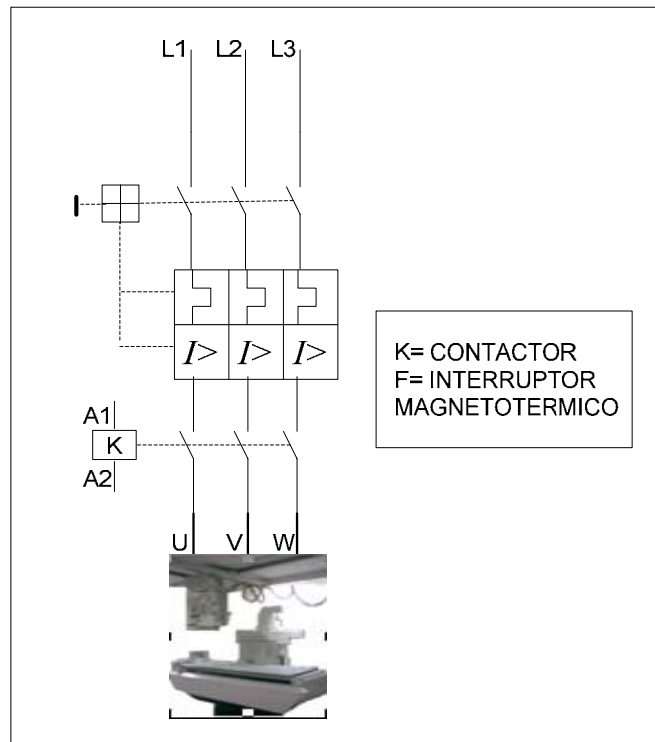


Fig. 6.5 Asociación de un interruptor magneto térmico con un contactor

La selección de las protecciones contra sobrecargas se calcula tomando en cuenta la carga total instalada y los cables conectados al equipo, ya que esta protección no debe superar:

“ $I_{(\text{interruptor})} = 1,45 I_n$ (para interruptores domésticos)”

“ $I_{(\text{interruptor})} = 1,30 I_n$ (para interruptores industriales)”

Según ITC-BT-22

- Deben instalarse en la salida del tablero principal TPIE (Véase diagrama unifilar Fig. 1.11) o a la entrada del tablero de UPS que alimenta a los tableros de aislamiento de quirófanos, cuyo tiempo de corte debe ser menor que el tiempo de actuación del interruptor principal.

6.1.2. Protecciones contra cortocircuitos

Se denomina cortocircuito en un sistema eléctrico, cuando entran en contacto, entre sí o con tierra, conductores correspondientes a distintas fases. El cortocircuito produce un aumento de corriente que en milésimas de segundos puede alcanzar valores muy altos, dependiendo del tiempo de duración del mismo.

Los dispositivos de protección que deben usarse son:

Fusibles que interrumpan el circuito al fundirse, por lo que deben ser sustituidos, estos proporcionan protección fase a fase, con un poder de corte muy elevado y un volumen reducido. Se pueden montar en soportes específicos llamados porta fusibles y en seccionadores.

Para los fusibles del tipo gG, los cuales como mínimo conducen en forma permanente intensidades hasta su corriente asignada y que están en condiciones de realizar funciones de maniobra con intensidades desde la corriente de fusión más baja hasta la intensidad de corte, son una para protección contra sobrecargas y cortocircuitos. En aplicaciones generales protegen cables y líneas toma los valores siguientes:

$$\begin{aligned} I_f &= 1,60 I_n \text{ si } I_n \geq 16A \\ I_f &= 1,90 I_n \text{ si } 4A < I_n < 16A \\ I_f &= 2,10 I_n \text{ si } I_n \leq 4A \end{aligned}$$

Según ITC-BT-22

I_f : Intensidad de funcionamiento del fusible

I_n : Intensidad nominal

Deben instalarse a la entrada de la alimentación principal del lado de MT, para proteger a todo el sistema de un posible cortocircuito.

Interruptores electromagnéticos que proporcionan la protección principal y las funciones de maniobras en circuitos eléctricos, equipos y sus conductores, para sistemas de distribución en baja tensión y sus aplicaciones. Estos interruptores pueden ser suministrados tanto para montaje fijo como para removible, por lo que debido a sus dimensiones compactas en función de su corriente, pueden ser alojados en tableros modulares como interruptor general del sistema. Estos aparatos poseen regulación para seleccionar manualmente el tiempo de retardo para las corrientes de cortocircuito y además poseen regulación para la corriente de sobrecarga, la cual en la mayoría de los casos se lo hace por medio de potenciómetros.

En el hospital de SOLCA, se realizó un análisis de cortocircuito en cada una de las barras de los tableros principales ubicados en la salida de los transformadores, lo cual se encuentra detallado en el capítulo 3 y según los resultados obtenidos se encontró que están protegidos con interruptores magneto térmicos sobredimensionados e instalados antes de la barra de cada tablero, lo cual es un riesgo ya que deberían tener interruptores electromagnéticos que permitan la calibración de su punto de protección contra sobrecargas y cortocircuito.

También se hizo el cálculo de corrientes de cortocircuito que se podrían producir en los tableros de los equipos del área de acondicionadores de aire, ya que es un área crítica muy propensa a sufrir este riesgo, por el constante funcionamiento de sus equipos para proveer de aire frío a todo el hospital y se observo que en los tableros de los compresores, algunos circuitos solo tienen instalados guardamotores, lo cual es una protección de cortocircuito solo para los motores. La siguiente Fig. 6.6, muestra el tablero de compresores de los equipos del área de acondicionadores de aire.

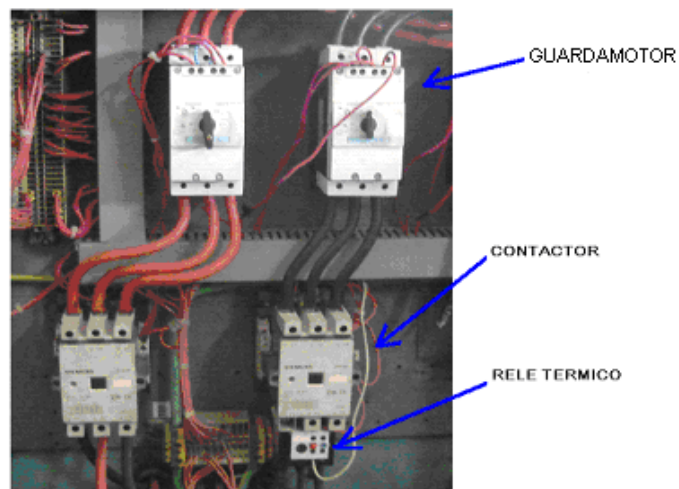


Fig. 6.6 Tablero de compresores de los chiller sin protección contra cortocircuitos

El las salas de quirófanos de SOLCA, se pueden producir cortocircuitos por defectos en la Lámpara de cirugía

(conductores con el aislamiento roto), si se llegan a unir la fase con el neutro o la fase con el cable de puesta a tierra se puede producir un cortocircuito que ocasionaría daños muy severos, ya que su lámpara fluorescente explotaría.

Sobre intensidades

Las sobre intensidades pueden estar motivadas por:

- Sobrecargas debidas a los aparatos de utilización o defectos de aislamiento de gran impedancia.
- Cortocircuitos.
- Descargas eléctricas atmosféricas

Para proteger un circuito contra sobre intensidades se deben instalar las protecciones antes mencionadas, interruptores electromagnéticos, interruptores magneto térmicos, fusibles, ya que las sobre intensidades están asociadas con las sobrecargas y los cortocircuitos.

A continuación se muestra un grafico Fig. 6.7, que demuestra la relación entre estos tres defectos que se pueden producir en un circuito eléctrico:

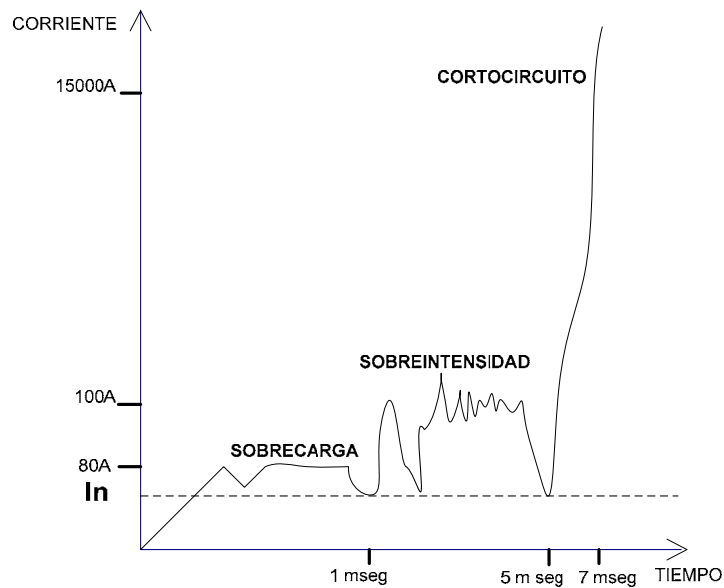


Fig. 6.7 Grafica que relaciona la sobrecarga, sobre intensidad y el cortocircuito

Sobre tensiones

Las sobretensiones, son defectos que se producen por la elevación del voltaje en los circuitos eléctricos, estas pueden ser transitorias y permanentes.

Las sobretensiones transitorias se pueden producir por:

- Tormentas y descargas de rayos sobre cualquier cable eléctrico
- Las grandes conmutaciones de las compañías eléctricas, las conmutaciones de maquinaria de gran potencia, accionamiento de motores y las descargas electrostáticas.

Las sobretensiones permanentes se pueden producir por:

- Aumentos por encima del valor nominal de tensión de la red de distribución (110V/220V), originados debido a:
 - Cortes del neutro en la red de distribución
 - Defectos de conexión del conductor neutro.
 - Defectos en los centros de transformación

Para proteger los circuitos eléctricos contra sobretensiones se debe instalar:

Limitadores de sobretensión.- Se basan en que su resistencia depende de la tensión en sus bornes, poseen varistores que tienen la propiedad de presentar una resistencia muy elevada para las tensiones normales del circuito, mientras que cuando se presenta una sobretensión, la resistencia del varistor se hace muy pequeña, fluyendo ésta a tierra y protegiendo al receptor.

La siguiente Fig. 6.8, muestra las formas de instalación de un limitador de sobretensión:

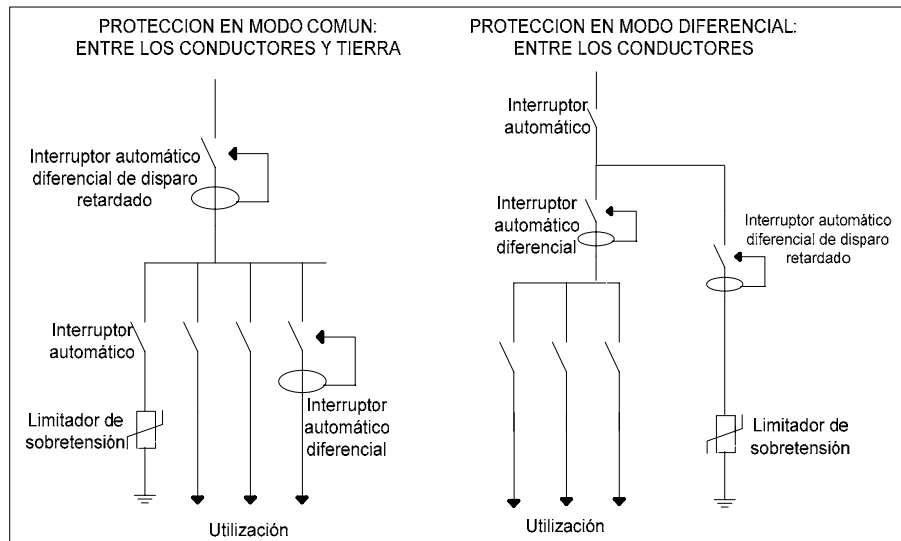


Fig. 6.8 Formas de instalar los limitadores de sobretensión

(MERLIN GERIN PF30r)

Observamos que para realizar la instalación de los limitadores de sobretensiones, es necesario que el sistema eléctrico posea una malla a tierra, para que su funcionamiento sea eficiente.

En las instalaciones eléctricas del hospital de SOLCA, no se cuenta con la protección contra sobretensiones, lo cual es riesgoso ya que existen factores presentes como son los equipos de gran potencia (rayos X), que podrían provocar una sobretensión, ya que el incremento de potencial dará como resultado un incremento en la corriente, capaz de dañar el equipo, esto puede ocurrir en un tiempo corto sin permitir que funcionen sus otras protecciones.

Mallas puesta a tierra

Las razones por las cuales los sistemas de alimentación y circuitos deben ser puestos a tierra, es para brindar protección contra las descargas atmosféricas, sobretensiones, transitorios, contacto accidental con líneas de mayor voltaje y estabilizar el voltaje a tierra durante la operación normal de los equipos.

El objetivo principal de utilizar un sistema de puesta a tierra, es para

- Protección de personas
- Protección de equipo

Y esta protección permite

- Que todos los equipos y cubiertas metálicas se encuentren a un plano equipotencial para proteger a personas de un choque eléctrico,
- Mantener el buen funcionamiento de los interruptores automáticos de seguridad para que operen en forma inmediata.

Si se llegara a producir una falla esta durará el tiempo que tarden los interruptores termo magnéticos y los fusibles en

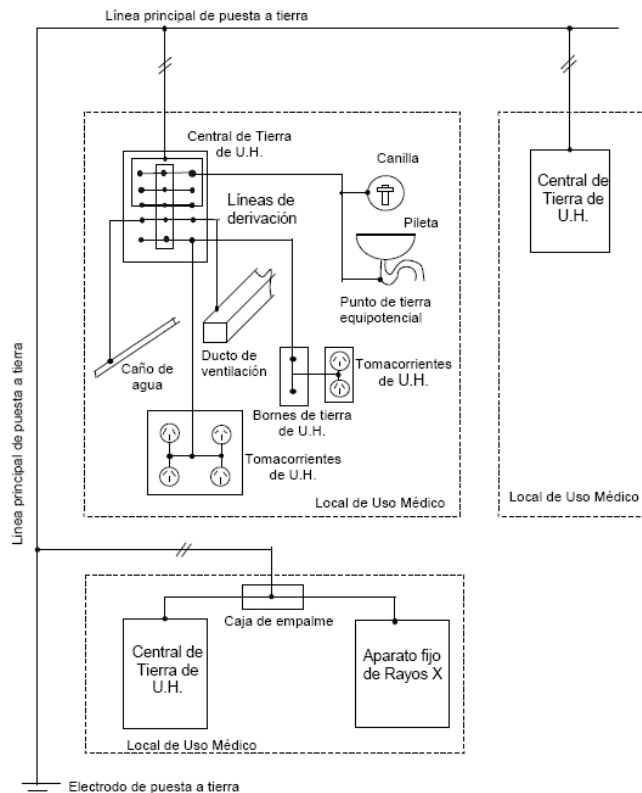
activarse. Por esto es importante calibrar los conductores de tierra y el conductor neutro, ya que si este último está conectado a tierra de un sistema aterrizado, establece una trayectoria de baja impedancia para las corrientes de falla y así permite el funcionamiento o activación del interruptor de circuito, para cancelar la falla.

Una buena puesta a tierra limita voltajes y corrientes y drena a tierra corrientes de fuga o corrientes de descargas electrostáticas, que en el caso de un hospital se hace muy necesaria, por tener dos tipos de pacientes: los que manipulan equipos eléctricos como parte de su actividad normal, cuyo umbral de peligro es de 25 mA a 30 mA y los que están sometidos a tratamientos invasivos con catéteres al corazón, cuyo umbral es del orden de 100 μ A a 300 μ A.

Puede considerarse que un paciente está conectado a tierra debido a la transpiración, a la posible incontinencia y al simple hecho de que se encuentra sobre una cama de armazón metálico. Por esta razón la conexión a tierra de todos los equipos eléctricos- electrónicos es requerida tanto por seguridad como punto de referencia al sistema. Debe existir una perfecta equipotencialidad entre todos los componentes del sistema y tierra.

“En los hospitales los sistemas de puesta a tierra no deben estar con una referencia general aislada (varillas individuales), la cual nunca debe ser usada por la inseguridad que representa, es necesario instalar electrodos con mallas empotradas en el suelo. Una adecuada conexión a tierra y equipotencialidad de los componentes del sistema garantizan una operación limpia, libre de ruidos electromagnéticos y una alta confiabilidad”.

El Art. 250 NEC, exige que todas las partes metálicas de los equipos eléctricos- electrónicos sean conectadas a tierra, así como el neutro de sus fuentes de suministro (tableros principales, neutros del secundario de transformadores derivados separadamente, UPS o fuentes ininterrumpidas de tensión, generadores, etc.). La siguiente Fig. 6.9, muestra la constitución de un sistema de puesta a tierra en un hospital.



**Fig. 6.9 Fuente: Instalaciones de puesta a tierra y de seguridad eléctrica para uso hospitalario
Instituto argentino de Normalización
ESQUEMA 1 DE NORMA IRAM 2281-7**

A continuación enunciamos las más importantes exigencias que se deben tener en cuenta en las puestas a tierras hospitalarias:

- a) **Deben ser Redundantes.** El principal criterio sobre tierras para hospitales que las hace diferentes a otras instalaciones es el de construirlas redundantes.

b) **El neutro.** Debe conectarse en uno y solo un punto, en el transformador y antes de cualquier medio de desconexión o dispositivo de protección. Este punto debe ser un barraje equipotencial de cobre de 3"x1/4"x60 cm.

A su vez la carcasa del transformador o de un equipo, el neutro y el cable principal de tierra deben estar aterrizados siempre, sin seccionamientos ni posibilidad de daño.

c) **Los electrodos de puesta a tierra.** Deben estar tan cerca como la practica lo permita de la conexión al neutro del sistema. Preferentemente deben emplearse varillas de cobre sólido de 5/8" x 2.4 m como mínimo y enterradas verticalmente.

El conductor que une los electrodos con el barraje equipotencial debe ser aislado y color verde o verde-amarillo.

d) **Malla de puesta a tierra.** Debe tener por lo menos una caja de inspección de 0.3 x 0.3 m con tapa fácil de levantar de acuerdo con el diseño de dicha malla.

e) **Partes metálicas.** Las tuberías metálicas subterráneas, la estructura metálica del edificio, los apantallamientos, en el

caso que los hubiera, debe unirse entre sí y conectarse al sistema de puesta a tierra en el barraje equipotencial. Los ductos, las bandejas para cableado y las cajas para salidas tienen que unirse rígidamente a la fuente del sistema, si este es alimentado en forma separada.

Además Los ductos metálicos, los gabinetes, las estructuras y demás partes metálicas del equipo eléctrico, no portadoras de corriente, deben mantenerse a una distancia mayor de 1.8 m de los bajantes de pararrayos o de la distancia calculada como segura. Si no es así deberían unirse rígidamente entre sí.

- f) **Cables.** Los cables tipo MC y MI deben tener una pantalla o armadura metálica exterior válida como trayectoria de tierra. Con esto se busca que los circuitos parciales que alimentan las áreas de cuidado de pacientes dispongan de una trayectoria a tierra redundante a través de un ducto o cable metálico. Esta trayectoria es adicional a la que se tiene mediante el conductor de puesta a tierra aislado.
- g) **Tomacorrientes y equipos eléctricos fijos.** En los lugares usados para el cuidado de pacientes, todos los tomacorrientes y las superficies conductoras (metálicas) de los equipos fijos, los cuales transportan corriente, pero que pueden estar

energizados operando con tensión mayor a 100 voltios y que estén al alcance de las personas, deben ser puestos a tierra por medio de un conductor de cobre aislado, cuyo calibre de estar de acuerdo con la **Tabla 6**, instalado junto con los conductores del circuito ramal que alimenta estos tomacorrientes o equipos.

Capacidad nominal de la protección en amperios	Calibres de conductores de cobre		Capacidad de corriente en falla *	Factor K **	Sobrecarga permitida	Capacidad según tabla 310-16 ***
	AWG	kcmil				
20	12	6530	155	7.7	125%	25
30	10	10380	246	8.2	117%	35
40	10	10380	246	6.1	88%	35
60	10	10380	246	4.1	58%	35
100	8	16510	391	3.9	50%	50
200	6	26240	621	3.1	33%	65
400	3	52620	1,245	3.1	25%	100
600	1	83690	1,981	3.3	22%	130
800	1/0	105600	2,499	3.1	19%	150
1000	2/0	133100	3,150	3.2	18%	175
1200	3/0	167800	3,972	3.3	17%	200
1600	4/0	211600	5,008	3.1	14%	230
2000	250 kcmil	250000	5,917	3.0	13%	255
2500	350 kcmil	350000	8,284	3.3	12%	310
3000	400 kcmil	400000	9,467	3.2	11%	335
4000	500 kcmil	500000	11,834	3.0	10%	380
5000	700 kcmil	700000	16,568	3.3	9%	460
6000	800 kcmil	800000	18,935	3.2	8%	490

* Un amperio por cada 42,25 circular mill por cinco segundos.
 ** FACTOR K: Para calcular la capacidad de corriente en falla.
 *** Basada en 75° C para conductores de cobre. Tabla 310-160 norma NTC 2050

Tabla 6
Calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos

i) Equipos conectados por medio de cordón y enchufe.

Deben ser puestas a tierra las partes conductivas

descubiertas, que transporten corriente, de equipos conectados por medio de cordón y enchufe, y que sean usados en áreas de cuidado de pacientes y operen con tensiones mayores a 100 V.

El hospital de SOLCA, posee una puesta a tierra constituida por jabalinas enterradas en pozos y unidas por cable de cobre tipo desnudo, en si no existe un respaldo específico de la puesta a tierra de este edificio, pero observando el sistema debemos decir que no es correcto debido a que no posee una malla calculada de acuerdo a las normas del NEC.

CONCLUSIONES

Mediante el estudio realizado en el Hospital de SOLCA, podemos concluir que la esencia principal de este trabajo ha sido la de crear una guía que exponga la realidad actual que se vive en las instalaciones eléctricas de un ámbito hospitalario, mediante la identificación de factores que a corto o largo plazo podrían producir riesgos a personas y equipos.

Un factor de peligro capaz de producir consecuencias graves, es la manera poco correcta de diseñar los diferentes circuitos que conforman una instalación eléctrica, el problema radica en que las personas no tienen conciencia de lo peligrosa que es la electricidad y muchas veces realizan las instalaciones sin hacer uso de normas y reglamentaciones eléctricas diseñadas con el único afán de ofrecer un sistema eléctrico seguro y confiable.

Al tratarse de un hospital, la seguridad debe redundar, ya que nos encontramos con pacientes de distinto estado de salud por lo cual son vulnerables a cualquier falla que se produzca en su entorno. El paso de corriente eléctrica por el cuerpo provocado por equipos que en varios casos son necesarios para la supervivencia pueden ocasionar riesgos de

microshock o macroshock capaces de ocasionar lesiones e incluso hasta la muerte.

Las áreas críticas como son: La unidad de cuidados intensivos, quirófanos y las salas de recuperación requieren de una instalación óptima, debido a que en estas salas se alojan enfermos con mayor discapacidad. Para proporcionar un ambiente seguro es aplicable a lugares con este tipo de pacientes, la implementación del sistema aislado de tierra, el cual está diseñado para funcionamiento continuo con servicio no interrumpible por la primera falla o por sobrecargas.

Al evaluar el área de quirófanos mediante el método de HAZOP, encontramos que los equipos electromédicos que son la interfaz entre el paciente y la electricidad, también requieren de gran atención y su buen funcionamiento depende de que posean una instalación eléctrica que se acople a sus requerimientos y además del buen manejo del usuario quien tiene la obligación de mantenerlo en las mejores condiciones de uso.

Finalmente después de haber revisado el sistema eléctrico del Hospital de SOLCA, observamos que ya no posee las características iniciales con las que fue creado. En el transcurso del tiempo ha ido incrementando equipos, que para su instalación en algunos casos no se instalaron con las protecciones adecuadas.

RECOMENDACIONES

Recomendamos que para obtener un mejor funcionamiento de las instalaciones eléctricas hospitalarias y disminuir sus riesgos debemos:

- Realizar mantenimientos y verificaciones periódicas de todo el sistema eléctrico hospitalario.
- Para evitar el riesgo de electrocución se debe contar con un sistema de tierra en los equipos eléctricos, esta tierra deberá ser monitoreada regularmente para detectar cualquier defecto y deterioro.
- Hacer revisiones periódicas de cada componente del sistema aislado, verificando esto en los puntos más susceptibles, como son los quirófanos, unidad de cuidados intensivos y recuperación.
- Dar capacitación al personal de SOLCA acerca de los riesgos que pueden provocar sus actuaciones y el no uso de equipos de protección para realizar sus maniobras.
- Instalar interruptores diferenciales para los equipos que no posean un sistema aislado de tierra como son: Simulador, Tomógrafo, Equipos de Rayos X, Tomas especiales (220v), para acondicionadores de aire y en los tableros de alimentación de circuitos de oficina.

- Se debe tener un registro y estadísticas sobre los incidentes eléctricos ocurridos, lo cual en SOLCA esto no se posee.
- Se recomienda que cuando se realicen modificaciones o ampliaciones en las instalaciones, hacerlo basados en normas eléctricas para instalaciones hospitalarias.
- Se recomienda el cambio de tomacorrientes, ya que los existentes en las áreas críticas, no son los adecuados para este tipo de instalaciones.
- Cambiar los breakers de la subestación eléctrica, ya que son antiguos y su tiempo de apertura es mayor que el de los modelos nuevos, algunos de ellos muestran calentamiento y debido a eso son ventilados con ventiladores caseros.
- Es recomendable instalar fusibles en los tableros de aparatos de gran potencia como son los equipos de rayos x, ya que estos aparatos tienen altos consumos de corrientes.
- Se recomienda unir el grupo de jabalinas ubicadas en cada área entre ellas y no a un solo punto.
- Cada tablero debe tener un cable conectado a la malla de tierra, porque actualmente todos los tableros se hallan aterrizados desde un mismo punto de tierra.

ANEXOS

ANEXO 1

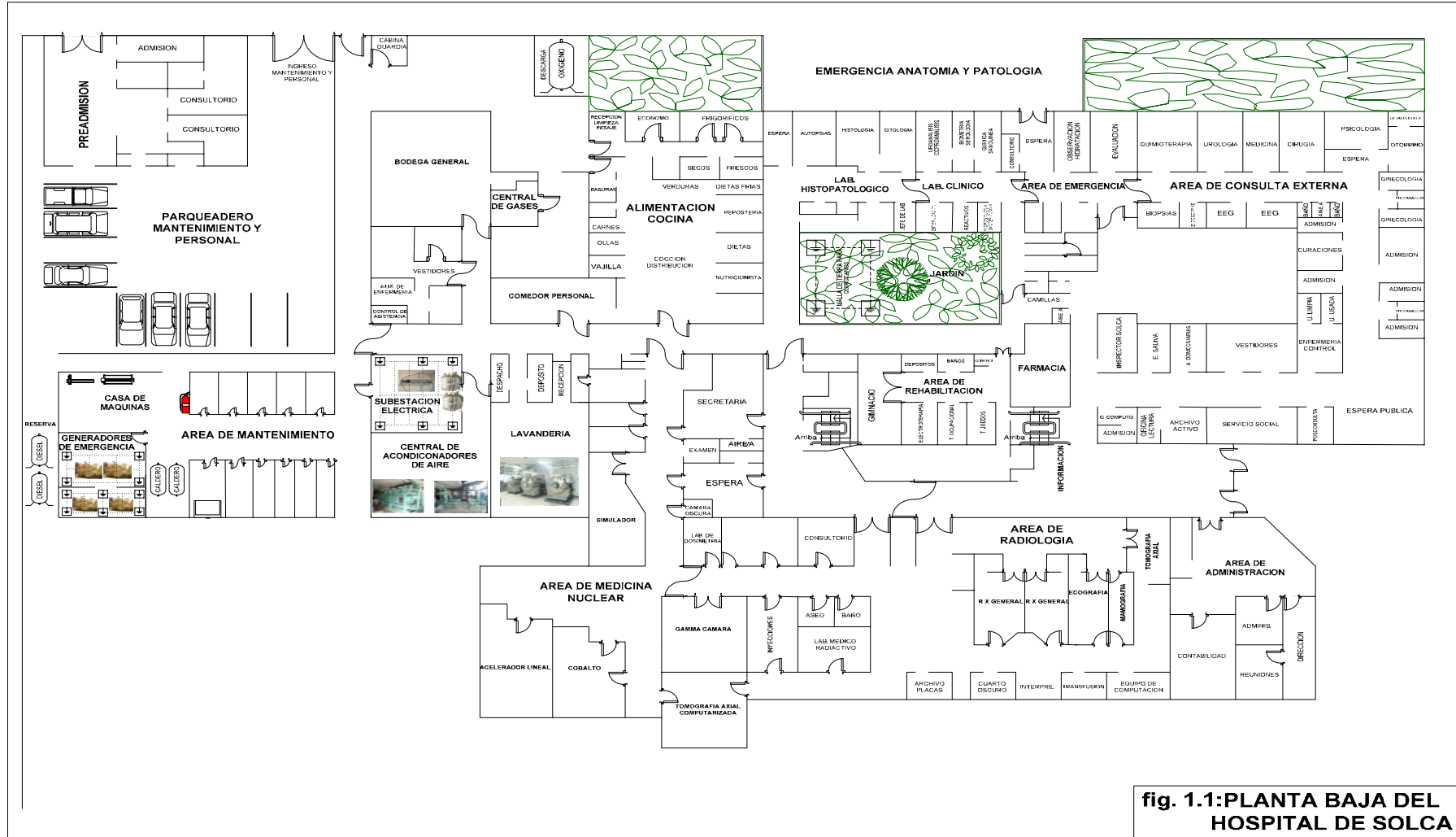


fig. 1.1: PLANTA BAJA DEL HOSPITAL DE SOLCA

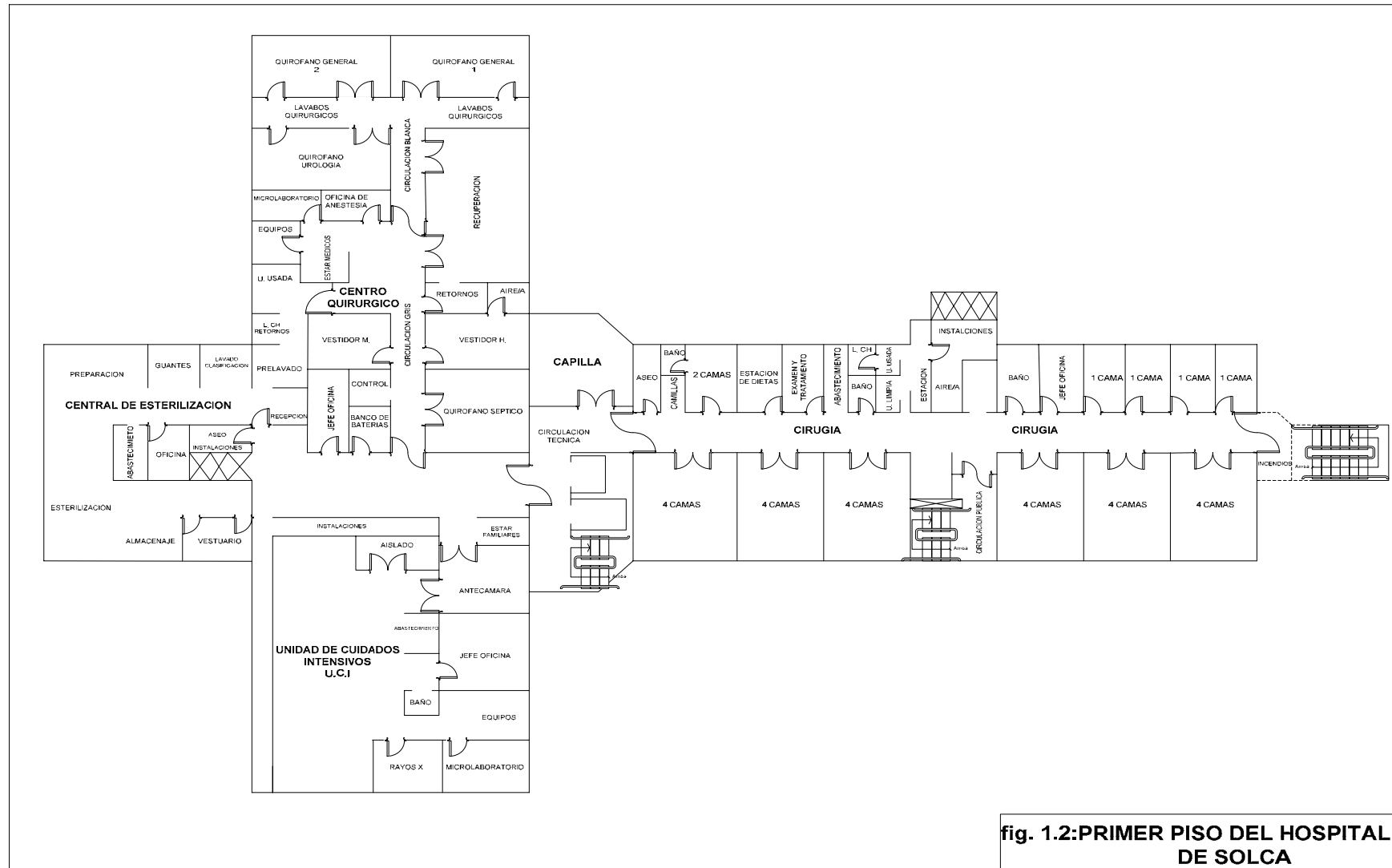


fig. 1.2:PRIMER PISO DEL HOSPITAL DE SOLCA

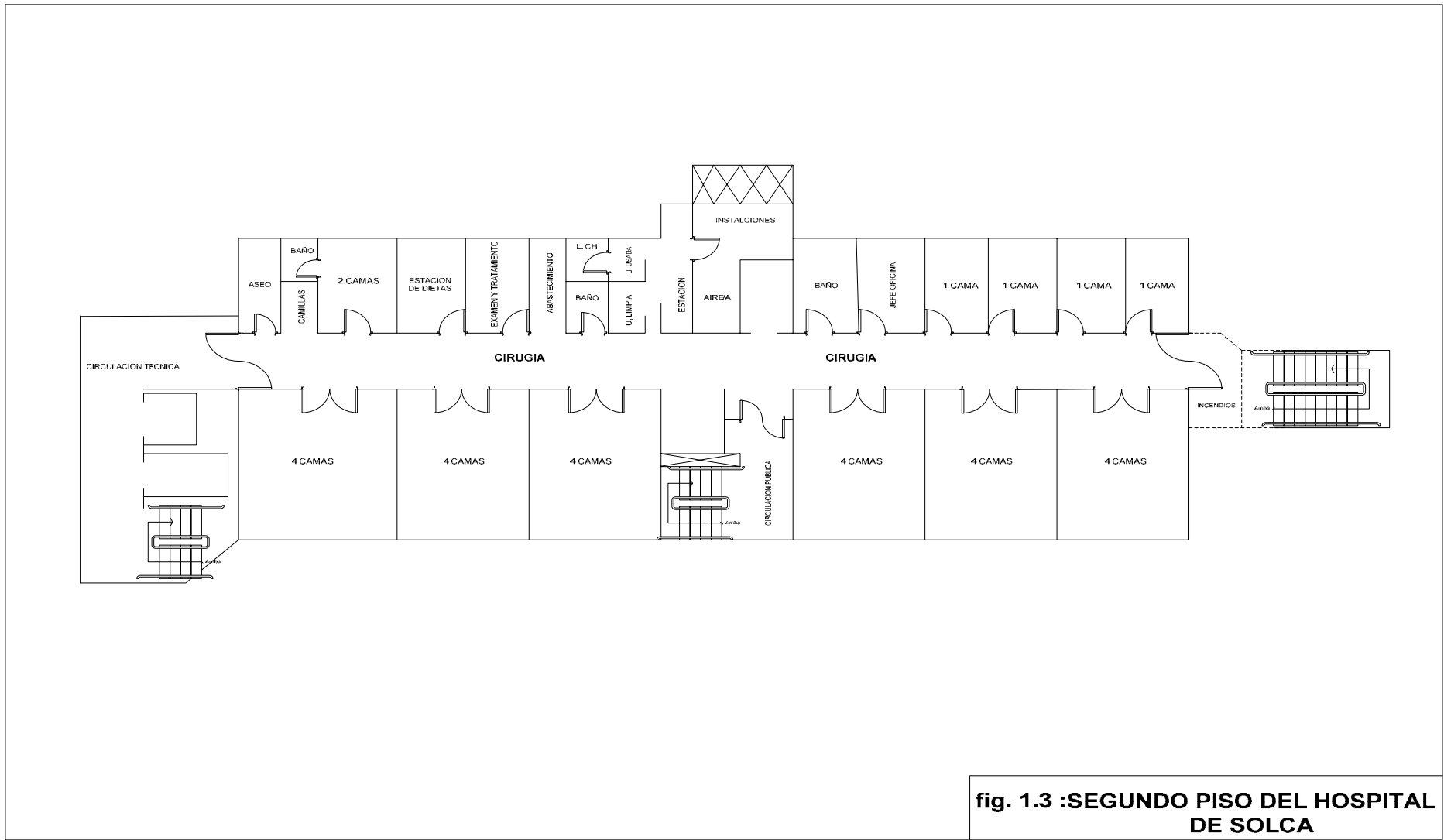


fig. 1.3 :SEGUNDO PISO DEL HOSPITAL DE SOLCA

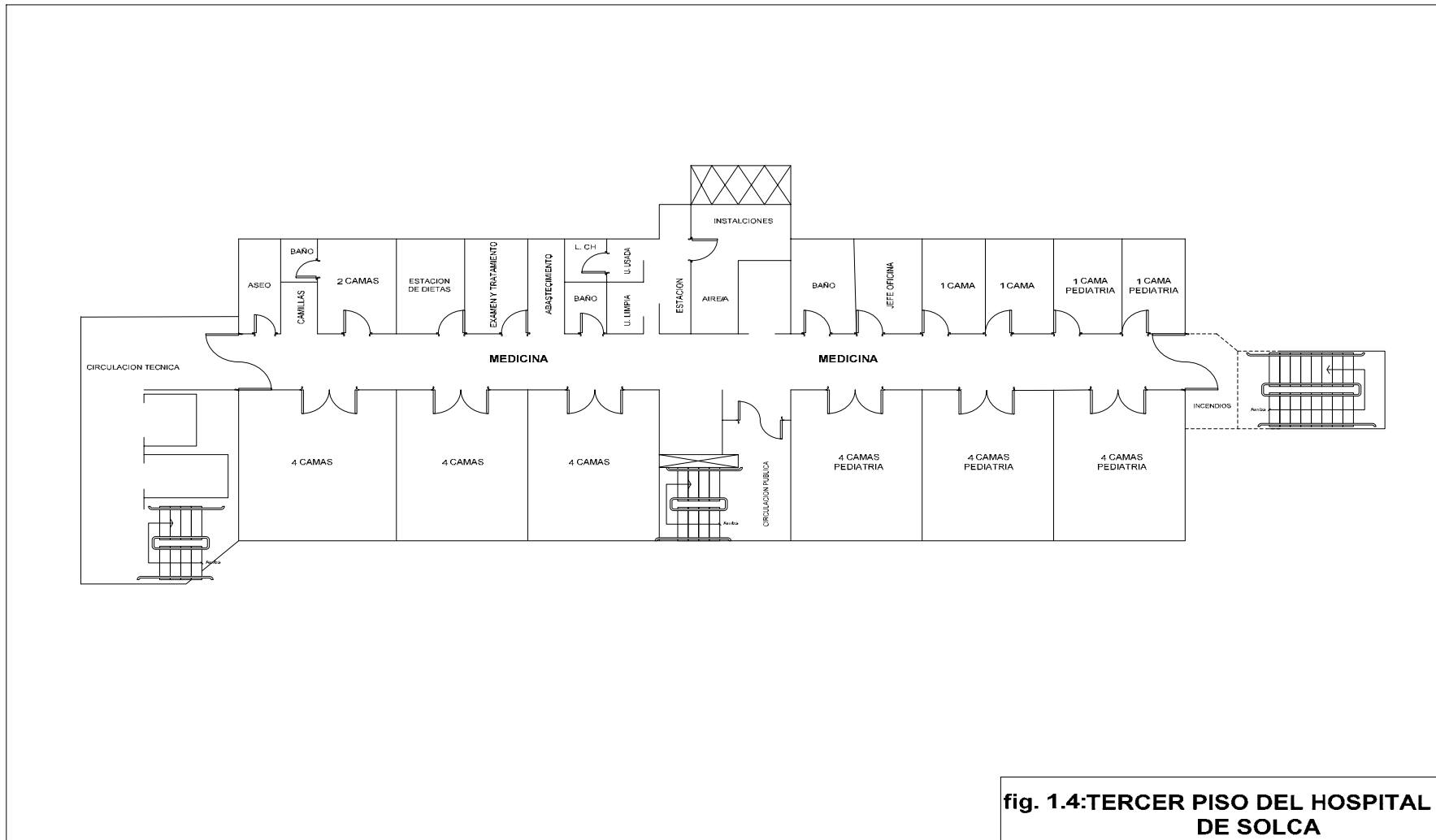


fig. 1.4: TERCER PISO DEL HOSPITAL DE SOLCA

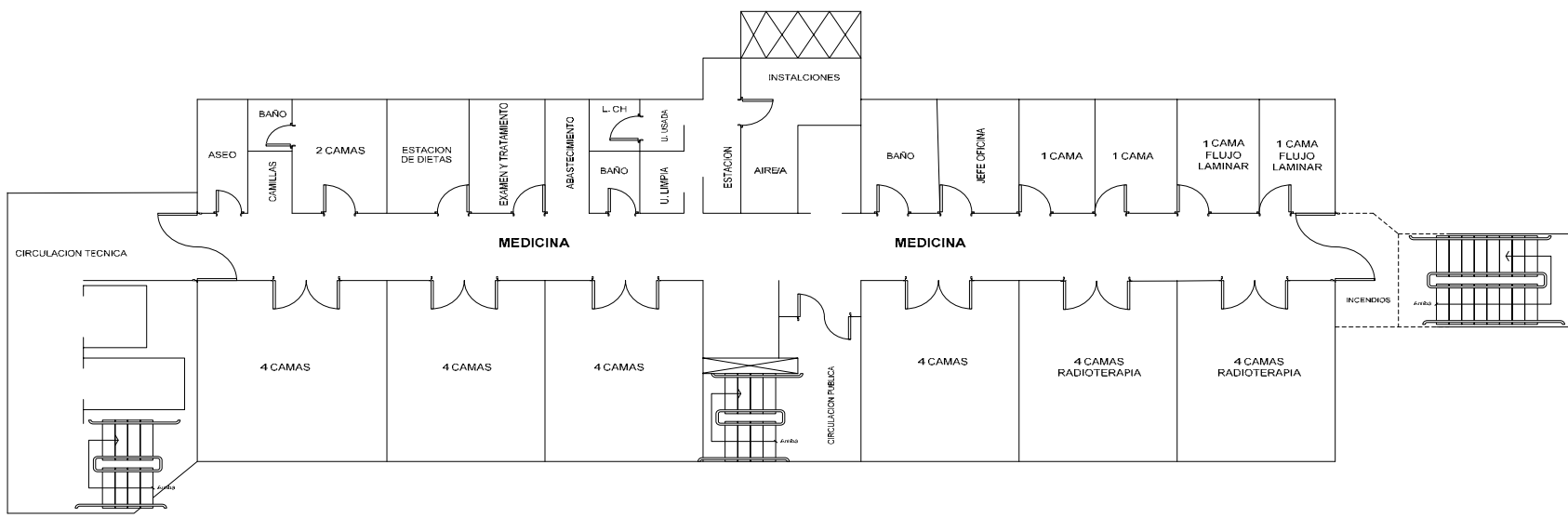


fig. 1.5: CUARTO PISO DEL HOSPITAL DE SOLCA

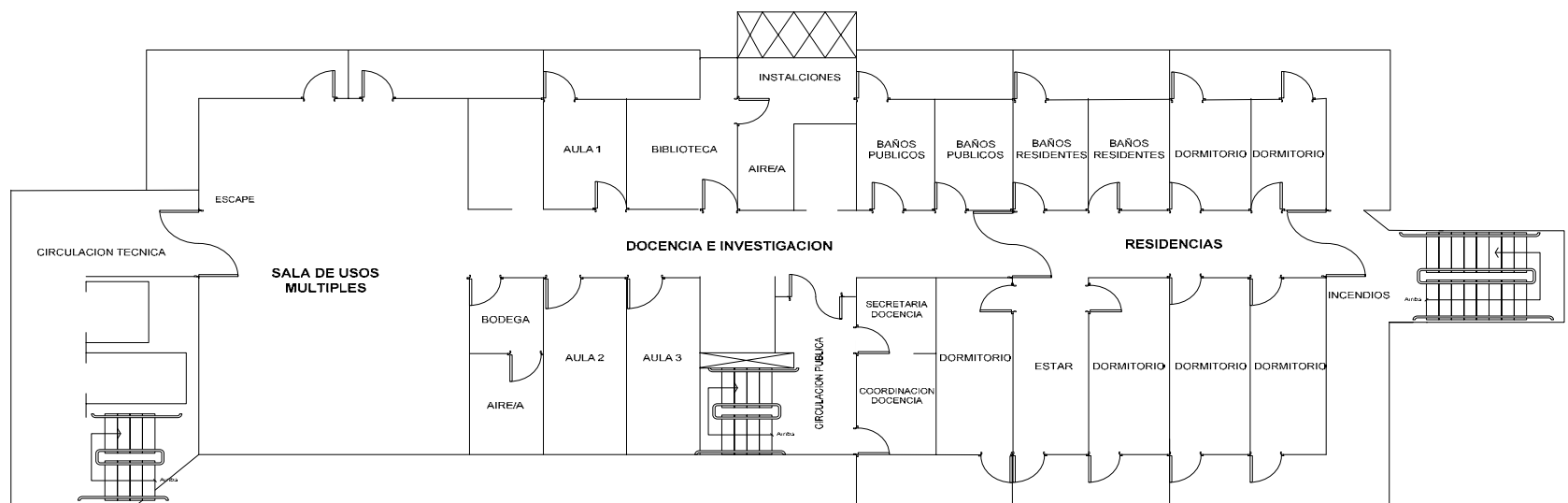


fig. 1.6: QUINTO PISO DEL HOSPITAL DE SOLCA

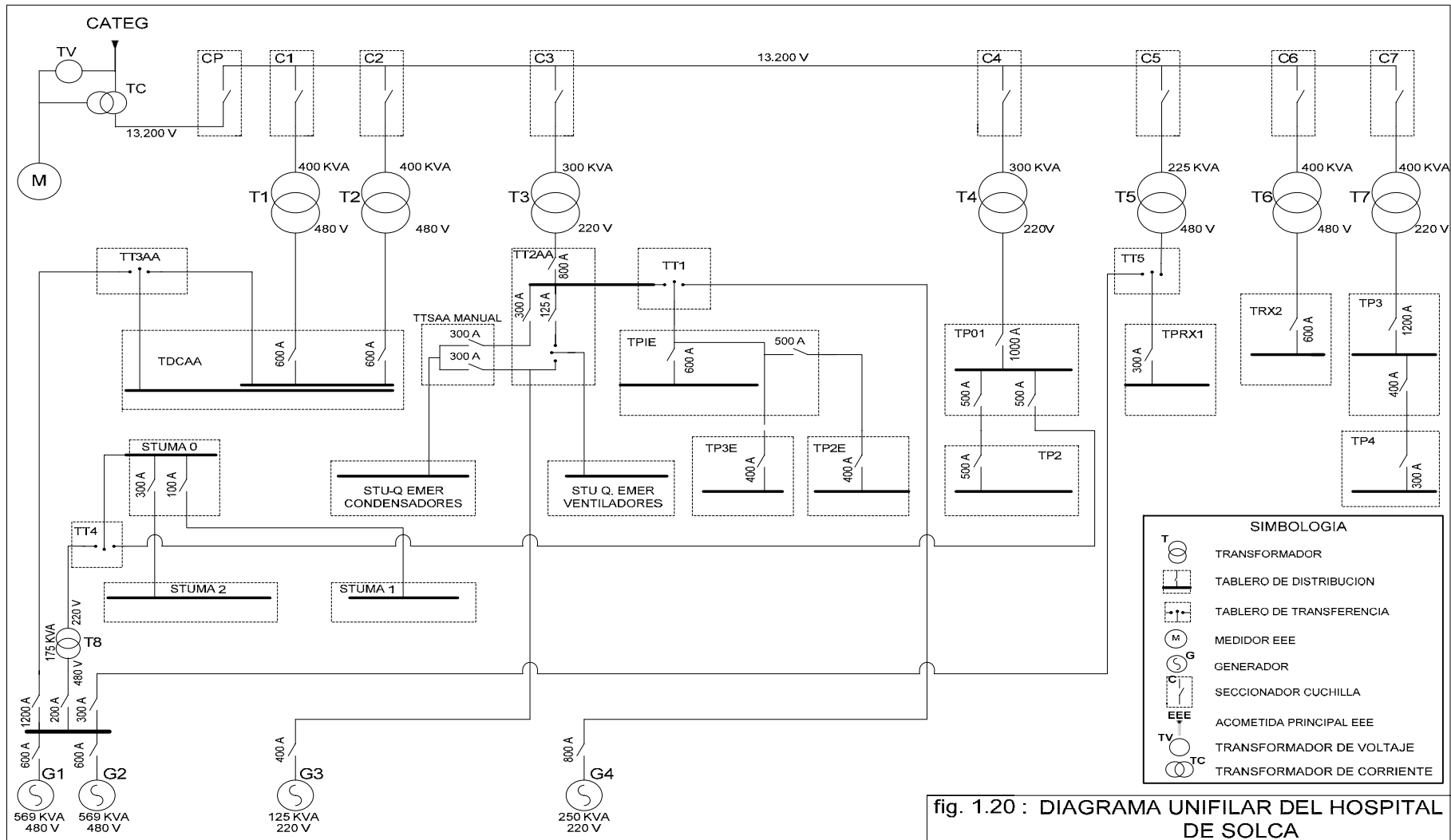


fig. 1.20 : DIAGRAMA UNIFILAR DEL HOSPITAL DE SOLCA

ANEXO 2

Conceptos

APARTARRAYOS

Los apartarrayos se emplean para limitar las sobretensiones que se producen por acción tanto de efectos transitorios (sobretensión debida a operación de interruptores) como de descargas atmosféricas a niveles en los que los aislamientos del equipo no sufran deterioro, así como para asegurar la continuidad del servicio al presentarse dichas sobretensiones.

Cada apartarrayos se encuentra normalmente abierto y se encuentra calibrado para que a partir de cierta tensión entre línea y tierra se cierre automáticamente y filtre los frentes de onda. Esto se hace con un circuito de resistencia variable, con tensión, de los elementos dependiendo de la naturaleza de éstos. Al desaparecer la sobretensión el apartarrayos vuelve a la posición de abierto.

CUCHILLAS o SECCIONADORES

Son interruptores que se utilizan ya sea en el lado de alta o de baja tensión, sirven como protección para el transformador o el equipo asociado ya que pueden seccionarse en caso de emergencia. Este tipo de protección se conecta en serie con el circuito. Existen cuchillas individuales, es decir, una cuchilla para cada fase, y cuchillas de operación en grupo.

Por la forma en la que operan se pueden clasificar en:

Cuchillas desconectadoras: Este tipo de cuchillas se encuentran sostenidas mecánicamente y pueden operarse ya sea automática o manualmente. Para reestablecer basta con volverlas a conectar automáticamente o bien, con ayuda de una pértiga.

Cuchillas fusibles: Este tipo de cuchillas abren al presentarse una sobre corriente. Este tipo de cuchillas tienen internamente un elemento fusible calibrado para que con determinada corriente alcance su punto de fusión e interrumpa el paso de la corriente eléctrica a través de él. Para reestablecer es necesario reponer el elemento fusible a la cuchilla y volver a conectar. Las cuchillas fusibles son por lo general de operación unipolar, en caso de fundirse únicamente una fase, únicamente ésta es repuesta y no necesariamente se tienen que abrir las demás fases.

TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

Los transformadores de corriente son dispositivos en los que la corriente inducida en el secundario es prácticamente proporcional a la corriente inducida en el primario, aunque ligeramente desfasada. Estos instrumentos desarrollan dos tipos de funciones: transformar la corriente y aislar los instrumentos de protección y medición conectados a los circuitos de alta y baja tensión.

TRANSFORMADORES DE VOLTAJE.

Los transformadores de potencial son aparatos en los que la tensión inducida en el secundario es prácticamente proporcional a la tensión inducida en el primario, aunque ligeramente desfasada. Desarrollan dos tipos de funciones: transformar la tensión y aislar los instrumentos de protección y medición conectados a los circuitos de alta y baja tensión.

La utilidad de los transformadores tanto de potencial como de corriente es que reducen los parámetros a escala, de manera que quede una tensión o una corriente no muy grande que pueda ser registrada por personas y/o equipos de medición y control sin que éstos resulten dañados.

TRANSFORMADORES DE AISLAMIENTO CON NUCLERO TOROIDAL

Los transformadores toroidales representan, como ningún otro tipo, el diseño ideal de cómo debe ser un transformador. Faraday diseñó y bobinó su primer modelo con este formato.

Se construyen con flejes de muy bajas pérdidas y alta inducción de saturación. En los transformadores toroidales el flujo magnético queda concentrado uniformemente en el núcleo y debido a la ausencia de entrehierros se eliminan las vibraciones.

Como el bobinado se reparte por toda la superficie del núcleo desaparece el ruido provocado por la magnetostricción favoreciéndose la disipación térmica.

Estos detalles hacen que los transformadores toroidales aventajen significativamente a los convencionales.

Finalmente, el agregado de pantalla electrostática permite filtrar la red de parásitos electroestáticos al transformar la tensión. Este apantallamiento también permite anular la dispersión magnética.

PROCESOS INVASIVOS

Se denomina así a todo proceso que muestra cierto grado de peligro, ya que se da cuando algún equipo médico realiza alguna función en partes internas no visibles del cuerpo humano.

AREA CLASE I, DIVISIÓN I (6.1.27) (Doc: NRF-036-PEMEX-2003)

- a) Las concentraciones inflamables de gases o vapores inflamables se encuentran probablemente bajo condiciones normales de operación.
- b) Las concentraciones de gases o vapores inflamables pueden existir frecuentemente debido a trabajos de reparación o mantenimiento, o por causa de fugas.
- c) Una interrupción o una falla en la operación de los equipos o del proceso que puedan provocar la formación de concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables y simultáneamente provocar también la falla del equipo eléctrico de tal modo que cause que el equipo eléctrico se convierta en una fuente de incendio.
- d) Sea una área adyacente a una área Clase 1, Zona 0 desde la cual concentraciones inflamables de vapores puedan ser comunicadas, a menos que la comunicación sea prevista de una adecuada ventilación de presión positiva de una fuente de aire limpio, y sean previstas de dispositivos seguros para evitar las fallas del sistema de ventilación.

ÁREA CLASE I, ZONA 1. (6.1.31) (Doc: NRF-036-PEMEX-2003)

Es un lugar en el cual:

- a) Las concentraciones inflamables de gases o vapores inflamables se encuentran probablemente bajo condiciones normales de operación.
- b) Las concentraciones de gases o vapores inflamables pueden existir frecuentemente debido a trabajos de reparación o mantenimiento, o por causa de fugas.
- c) Una interrupción o una falla en la operación de los equipos o del proceso que puedan provocar la formación de concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables y simultáneamente provocar también la falla del equipo eléctrico de tal modo que cause que el equipo eléctrico se convierta en una fuente de incendio.
- d) Sea una área adyacente a una área Clase 1, Zona 0 desde la cual concentraciones inflamables de vapores puedan ser comunicadas, a menos que la comunicación sea prevista de una adecuada ventilación de presión positiva de una fuente de aire limpio, y sean previstas de dispositivos seguros para evitar las fallas del sistema de ventilación.

ÁREA CLASE I, ZONA 2. (6.1.32) (Doc: NRF-036-PEMEX-2003)

Es un lugar en el cual:

- a) Las concentraciones inflamables de gases o vapores inflamables no ocurren en operación normal y si ocurren existen únicamente por cortos periodos de tiempo.
- b) Los líquidos volátiles inflamables, gases o vapores inflamables son manejados, procesados o usados, pero en los cuales, los líquidos, gases o vapores son normalmente confinados dentro de contenedores o sistemas cerrados, pero de los cuales puedan escapar en caso de ruptura o avería accidental de los

contenedores o del sistema, o en caso de una operación anormal del equipo en el cual son manejados los líquidos o gases.

c) Las concentraciones inflamables de gases o vapores inflamables normalmente son prevenidos por ventilación mecánica positiva, pero la cual puede volverse peligrosa por falla o funcionamiento anormal del equipo de ventilación.

d) Sea adyacente a una área Clase 1, Zona 1 desde la cual, concentraciones inflamables de gases o vapores inflamables puedan ser comunicadas, a menos que la comunicación sea prevista de una adecuada ventilación de presión positiva de una fuente de aire limpio, y sean previstas de dispositivos seguros para evitar las fallas del sistema de ventilación.

CONDUCTORES TIPO MI. (Doc: NRF-036-PEMEX-2003) 8.2.10.2.1

Son cables ensamblados de uno o más conductores aislados, con aislamiento mineral que soporte tensiones hasta 600 V, 363.15 K (90° C) y cubierta continua de cobre o de aleación de acero hermética a los líquidos y gases, puede emplearse para instalaciones ocultas y visibles, pueden ir soportados en charolas.

CONDUCTORES TIPO MC (Doc: NRF-036-PEMEX-2003) 8.2.10.2.2

Aprobados para áreas Clase I, División 1. Son cables ensamblados de uno o más conductores aislados con cubierta continua de aluminio corrugado herméticas a los líquidos y gases, con recubrimiento exterior de material polimérico, pueden emplearse para instalaciones visibles.

CONTACTO DIRECTO

La persona entra en contacto directo con un conductor activo, el cual está funcionando normalmente.

Toda la corriente de falla pasa por el contacto directo
 I_s = corriente que circula por el cuerpo

CONTACTO INDIRECTO

La persona entra en contacto con una parte conductora, que normalmente no lo es, pero que accedió a esta condición accidentalmente (por ejemplo, una falla de aislación).

Solo una fracción de toda la corriente de falla pasa por el cuerpo
 I_d = corriente de falla de aislación
 I_s = corriente que circula por el cuerpo

MICROSHOCK O MICROCHOQUE

Se pueden crear riesgos de microshock en equipos con aislamiento en perfecto estado. El mero hecho del acoplo capacitivo entre el cable activo y la caja en el equipo eléctrico puede crear corrientes de magnitud suficientemente grande como para presentar un riesgo de microshock. Por ejemplo, una tensión de 115 V y una capacidad de sólo 200 pF producen una corriente de 10 mA. Por lo tanto, muchos electrodomésticos, lámparas y aparatos de diagnósticos o terapia presentan fugas capacitivas de corriente que sobrepasan los 10 mA. Aunque estos equipos son perfectamente seguros para trabajar en condiciones normales, pueden crear un riesgo de microshock para pacientes susceptibles a la electricidad.

Otra situación se da cuando el conductor de puesta a tierra se halla en buen o mal estado

Cuando las masas no están en conexión radial al nodo de equipotencialidad pueden aparecer distintos potenciales de masa ante una falla.

El microshock mata gente y no produce daños fácilmente visibles en el cuerpo.

CORRIENTE DE FUGA

Aunque se disponga de un buen aislamiento pueden producirse derivas de corrientes

denominadas corrientes de fuga que aunque en un principio su magnitud puede considerarse ridícula pueden ocasionar graves riesgos al paciente como pueden ser el caso de riesgos de microshock. A continuación se describen algunos de los motivos por los que puede producirse corrientes de fuga:

- a) Corriente de fuga a tierra: Es la corriente que se mide a través del conductor de protección o puesta a tierra desde la red.
- b) Corriente de fugas del chasis: Es la que fluye del chasis a través de un camino conductor a tierra u otra parte del chasis, pero no por el conductor de protección.
- c) Corriente de fugas del paciente: Es la que fluye de una parte aplicada del equipo al paciente a través de aquél a tierra, o de otro conductor a través del paciente a un equipo flotante.
- d) Corriente auxiliar del paciente: Es la que fluye a través del paciente entre aparatos aplicados en funcionamiento normal sin intentar producir efectos fisiológicos.
- e) Corriente funcional del paciente: Es la que fluye a través del paciente entre aparatos aplicados en funcionamiento normal intentando conseguir un efecto fisiológico, como por ejemplo en el caso de utilización de un electrobisturí.

Tenemos el caso del microchoque (ANEXO 2), el cual puede ocurrir durante el funcionamiento de un catéter y el monitor conectados a un paciente y si por error una persona toca un aparato cuyo cable de tierra esta defectuoso y el catéter del paciente, se desarrollarán fugas de corrientes (ANEXO 2) debido a que gran parte

de la corriente por acoplo capacitivo entre los cables conductores y la carcasa, que se deriva entre la carcasa del equipo y tierra lo hace a través del paciente, en concreto a través del corazón y del catéter como se observa en la Fig. 3.11.

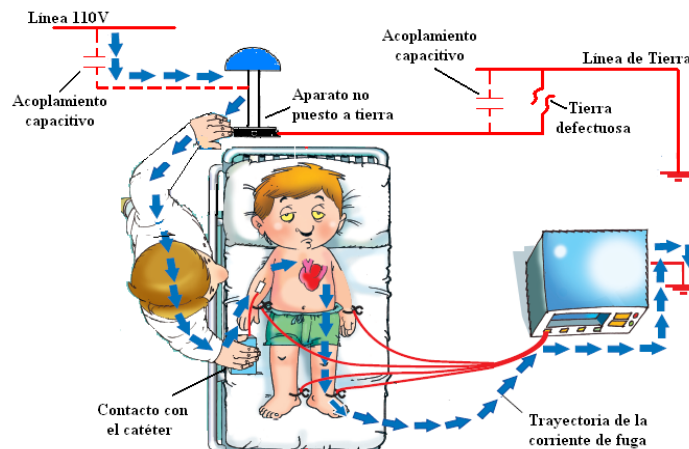


Fig. 3.11
Corriente de fuga que circula a través del paciente debido a errores humanos

MACROSHOCK O MACROCHOQUE

Para exponerse al peligro de un macroshock eléctrico, una persona debe entrar en contacto simultáneamente con ambos conductores eléctricos, el activo y el neutro o dos activos a diferentes potenciales. No obstante, como el conductor neutro está conectado a masa, existe el mismo peligro entre el conductor activo y cualquier objeto conductor que de alguna manera esté conectado a masa. Entre estos objetos pueden citarse radiadores, cañerías de agua, estructuras metálicas del edificio.etc. En el diseño del equipo eléctrico, debe prestarse especial atención en impedir que el personal pueda hacer contacto accidental con el cable activo utilizando para ello materiales aislantes adecuados y conservando las distancias de seguridad entre los conductores y chasis del equipo para minimizar posibles acoplos capacitivos. Con todo esto, puede producirse un contacto accidental entre el cable activo y el chasis de un equipo debido a una pérdida de aislamiento, al deterioro y a averías mecánicas.

Si el chasis no está conectado a masa, cualquier persona que lo toque y esté conectado a masa a través de otro conductor estará expuesta a un grave peligro de macroshock

CORRIENTE PELIGROSA DEL MONITOR.

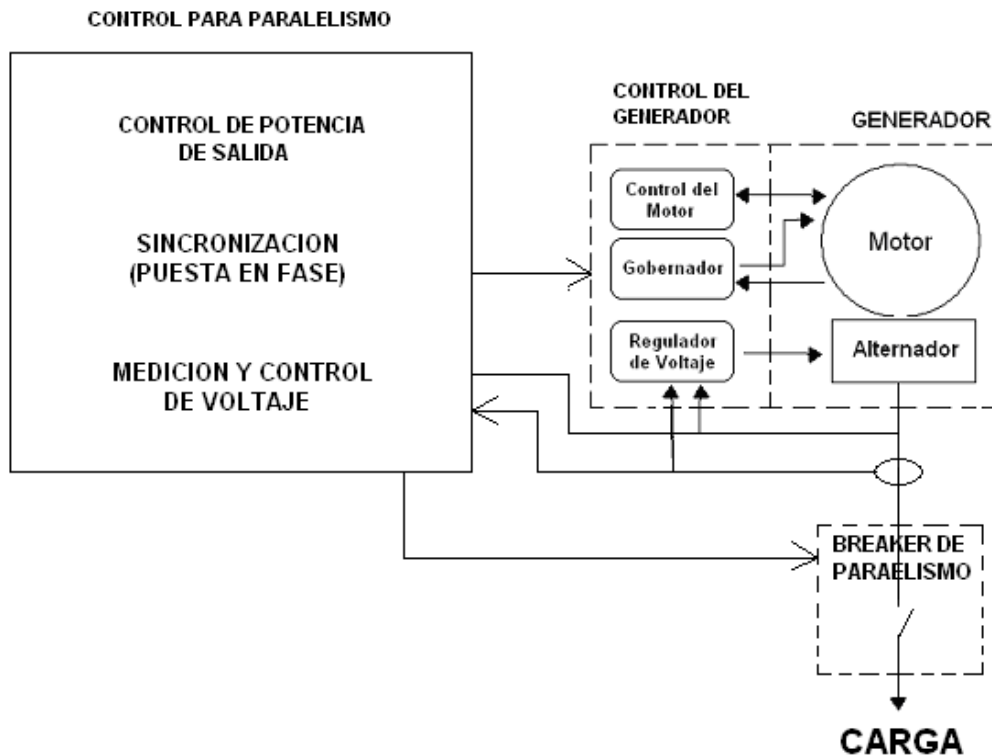
Corriente peligrosa que se produce en el monitor de aislamiento de línea debido a los riesgos de microchoque o macrochoque.

Conexión en paralelo de generadores:

Es la conexión de dos o más generadores para operar juntos y se comporten como una sola planta de energía.

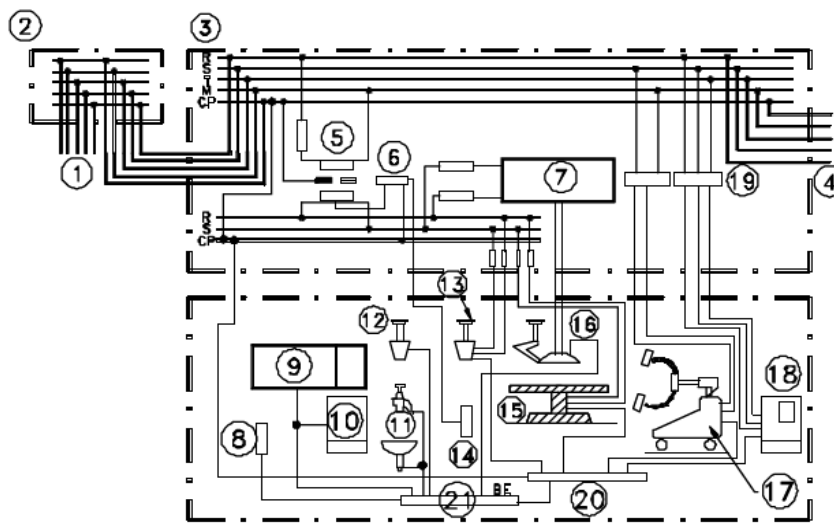
Para poder colocar en paralelo los generadores necesitan tener igual voltaje, igual frecuencia y la misma rotación de fase.

El siguiente grafico muestra el generador con sus controles y el tablero de control de paralelismo.



SISTEMA AISLADO DE TIERRA

Esquema: 1



REFERENCIAS.

Ejemplo de un esquema general de la Instalación Eléctrica de un quirófano

Alimentación desde el tablero general

1. Alimentación desde el tablero general
2. Distribución en la planta o derivación individual
3. Cuadro de distribución en la sala de operaciones
4. Suministro complementario
5. Transformador de aislamiento tipo inecico
6. Dispositivo de vigilancia de aislamiento o monitor de detección de fugas
7. Suministro normal y especial complementario para alumbrado de lámpara de quirófano
8. Radiadores de calefacción central
9. Marco metálico de ventanas
10. Armario metálico para instrumentos
11. Partes metálicas de lavabos y suministro de agua
12. Torre aérea
13. Torre aérea
14. Cuadro de alarmas del dispositivo de vigilancia de aislamiento
15. Mesa de operaciones (de mando eléctrico)
16. Lámpara de quirófano
17. Equipo de rayos X
18. Esterilizador
19. Interruptor de protección diferencial
20. Barras de puesta a tierra
21. Barras de equipotencialidad

ANEXO 3

CHECK LIST DE IDENTIFICACION DE PELIGROS

LOCALIZACIÓN: SUBESTACION ELECTRICA			Tabla 1 de 5
PELIGRO IDENTIFICATIVO	SI	NO	EXISTENCIA DE PELIGRO
1.- Las paredes y el techo tienen resistencia al fuego de 3 horas (construcción de concreto reforzado de 15 cm de espesor)		X	Peligro presente, ya que en caso de incendio se propagará el fuego. No cumple con el Art. 450-42 NEC
2.- La puerta abre hacia fuera, posee un seguro que permite su apertura, desde adentro y en el exterior un aviso con el mensaje: "PELIGRO ALTO VOLTAJE"	X		Se minimiza el peligro, se previene que personal no autorizado ingrese al área. Si cumple con el Art. 924-7 NEC
3.- Se cuenta con un área suficiente para la colocación de los equipos, el acceso y el espacio de trabajo para la segura manipulación y el mantenimiento de los mismos		X	Peligro presente, ya que existe dificultad para el personal de mantenimiento
4.- Posee una ventilación adecuada, para que los equipos operen a temperatura nominal y para disminuir los contaminantes durante condiciones de operación		X	Peligro presente, calentamiento de los equipos dificultando su funcionamiento. No cumple con el Art. 924-4 d) NEC
5.- En el área se suelen almacenar elementos ajenos al lugar	X		Peligro presente, ya que se dificultan los procesos de mantenimiento. No cumple con el Art. 924-4 b) NEC
6.- Cuenta con un medio de desconexión general en el lado primario (acometida).	X		Se minimiza el peligro, se aíslan fallas eléctricas que causarían daños a equipos. Cumple con el Art. 924-2 NEC

LOCALIZACIÓN: SUBESTACION ELECTRICA

Tabla 2 de 5

PELIGRO IDENTIFICATIVO	SI	NO	EXISTENCIA DE PELIGRO
7.- La iluminación es suficiente para poder realizar las diferentes operaciones en los tableros y equipos eléctricos. Niveles mínimos de iluminación. Según la tabla 924-5 NEC		X	Peligro presente, dificultad para los mantenimientos. No cumple con el Art.924-5 NEC.
8.- Los tableros están ubicados donde el personal no esta expuesto a daños por la cercanía a partes vivas o a equipos en movimiento		X	Peligro presente, el espacio es pequeño para realizar el mantenimiento. No cumple con el Art. 924-9 a) NEC
9.- El circuito de alumbrado y receptáculos se encuentra alimentando exclusivamente a las cargas de esta área		X	Peligro presente, si falla el circuito debido a otras cargas, se perdería el alumbrado . No cumple con el Art. 924-5 b) NEC
10.- El área posee cuanto menos dos extintores (de polvo químico seco) en puntos cercanos a las entrada de la subestación para protección contra incendio		X	Peligro presente, posee solo un extintor y si se da un incendio no se abastecería. No cumple con el Art. 924-8 a) NEC
11.- Los elementos desnudos energizados están colocados fuera del alcance de las personas	X		Se minimiza el riesgo de contacto directo para las personas
12.- El personal está capacitado y hace uso de los equipos de protección personal para realizar trabajos en el área		X	Peligro presente, las personas de mantenimiento no usan protecciones para trabajar con la energía eléctrica
13.- Existen tuberías o ductos ajenos a la instalación		X	Se minimiza el riesgo de daño a otros elementos ajenos a la instalación

LOCALIZACIÓN: SUBESTACION ELECTRICA

Tabla 3 de 5

PELIGRO IDENTIFICATIVO	SI	NO	EXISTENCIA DE PELIGRO
14.- Los cables de media tensión son apantallados y debidamente aterrizados	X		Se minimiza el riesgo de daño a los conductores
15.- Las canaletas que llevan los conductores están ubicadas a una altura lo suficientemente arriba del piso, de tal manera que no esta expuesto a contacto con las personas	X		Se minimiza el riesgo de contacto directo con las personas
16.- Los conductores registran calentamiento superior a la temperatura ambiente	X		Peligro presente, ya que se podría dar falla en el funcionamiento en los equipos
17.- Los soportes de las canaletas para conductores presentan corrosión	X		Peligro presente, ya que se podrían dañar los conductores
18.- LOS TRANSFORMADORES SECOS POSEEN:			
a) Tienen protección contra sobre corriente en el primario y secundario	X		Se minimiza el peligro de producirse las corrientes de interrupción que podrían causar sobre corrientes
b) Poseen cubierta o envolvente resistente a la humedad e incombustible para evitar la entrada de objetos extraños	X		Se minimiza el peligro, se protege el equipo contra el ingreso de líquidos y cualquier tipo de objetos

LOCALIZACIÓN: SUBESTACION ELECTRICA

Tabla 4 de 5

PELIGRO IDENTIFICATIVO	SI	NO	EXISTENCIA DE PELIGRO
c) Las partes metálicas de los transformadores están puestas a tierra	X		Se minimiza el riesgo de contacto indirecto para las personas
d) Poseen datos de placa, en donde se indique el nombre del fabricante, capacidad nominal, frecuencia, tensión eléctrica en el primario y secundario, impedancia y temperatura	X		Se minimiza el riesgo de que se instale mayor carga que la señalada , lo cual podría dañarlo y ocasionar mayores daños
e) Las distancias de separación entre transformadores es suficiente para poder realizar cualquier maniobra o mantenimiento en los equipos		X	Peligro presente, ya que existe dificultad para que el personal ingrese a realizar los mantenimientos con facilidad
19.- LA INSTALACIÓN DE LOS TRANSFORMADORES EN ACEITE POSEE:			
a) Tienen protección contra sobre corriente en el primario y secundario	X		Se minimiza el peligro de producirse las corrientes de interrupción que podrían causar sobre corrientes
b) Posee una cerca o malla que aísla a los transformadores y se encuentra debidamente aterrizada	X		Se minimiza el peligro, ya que se disminuye el riesgo de contactos indirectos o directos.
c) Debajo del transformador existe un foso relleno con piedra porosa y con capacidad suficiente para contener todo el aceite en caso de un derrame		X	Peligro presente, el aceite no se confinará debajo del equipo, se propagará. No cumple con el Art. 924-8 c) 1)

LOCALIZACIÓN: SUBESTACION ELECTRICA

Tabla 5 de 5

PELIGRO IDENTIFICATIVO	SI	NO	EXISTENCIA DE PELIGRO
d) Las distancias de separación entre transformadores es suficiente para poder realizar cualquier maniobra o mantenimiento en los equipos		X	Peligro presente, ya que existe dificultad para que el personal ingrese a realizar los mantenimientos con facilidad
20.- Se lleva un control de fallos y reparaciones de los equipos		X	Peligro presente, ya que no existe un control adecuado de las fallas y reparaciones, lo cual dificulta el buen manejo de estos
21.- Se posee un control predictivo de mantenimiento		X	Peligro presente, ya que no existe un control de los mantenimientos, esto puede ocasionar fallos frecuentes en los equipos.

LOCALIZACION: MANTENIMIENTO

Tabla 1 de 5

PELIGRO IDENTIFICATIVO	SI	NO	EXISTENCIA DE PELIGRO
1.- Los tomacorrientes se encuentran ubicados a una altura mínima de 40 cm del piso	X		Se minimiza el peligro, de que en caso de inundaciones el agua alcance los tomacorrientes
2.- Los tomas poseen terminal conectado a tierra	X		Se minimiza el peligro, si una fase toca la carcasa del equipo, se mantiene el potencial y no se generan corrientes peligrosas.
3.- Los tomacorrientes están defectuosos debido al desgaste de su tiempo de vida útil	X		Peligro presente, se podría unir una fase con la tierra o algún contacto indirecto produciéndose corrientes peligrosas
4.- Los interruptores se encuentran ubicados a una altura no menor de 1,40 cm del piso	X		Se minimiza el peligro, ya que hay fácil acceso para poder maniobrarlos
5.- Posee extintores en caso de incendios	X		Se minimiza el peligro para las personas en caso de producirse un incendio
6.- Se cuenta con un laboratorio que conste de mesas de trabajo, equipos de medición, y circuitos adecuados (110V y 220V) para realizar pruebas de mantenimiento		X	Peligro presente para las personas, ya que no hay seguridad para realizar los trabajos de mantenimiento
7.- Posee una iluminación adecuada para realizar trabajos	X		Se minimiza el peligro, ya que se pueden realizar los procesos sin perder visibilidad

LOCALIZACION: MANTENIMIENTO			Tabla 2 de 5
PELIGRO IDENTIFICATIVO	SI	NO	EXISTENCIA DE PELIGRO
8) Posee alumbrado normal y de emergencia	X		Se minimiza el peligro de pérdida de visibilidad en caso de haber un corte de la energía principal
9) Existe Presencia de líquidos combustibles	X		Peligro presente, ya que si existe alguna fuga de este líquido se podría producir un incendio
10.- LA SALA DE CALDEROS POSEE:			
a) Se cuenta con espacio de acceso y de trabajo suficiente alrededor del equipo para realizar sin dificultad cualquier tipo de maniobra		X	Peligro presente para las personas, dificultad para realizar los mantenimientos. No cumple con el Art. 110-16 NEC:
b) Todas las partes metálicas del equipo que no transportan corriente eléctrica están puestas a tierra	X		Se minimiza el peligro para las personas de contacto indirecto
c) Los tableros de alimentación eléctrica están cerrados con la debida seguridad	X		Se minimiza el peligro para las personas, ya que se evitarían contactos accidentales con las partes vivas expuestas
d) El área posee la debida ventilación para mantener todos los elementos a temperatura ambiente		X	Peligro presente, ya que los conductores se pueden calentar y dificultan el buen funcionamiento de los equipos

LOCALIZACION: MANTENIMIENTO

Tabla 3 de 5

PELIGRO IDENTIFICATIVO	SI	NO	EXISTENCIA DE PELIGRO
e) Los cables que alimentan a los tableros eléctricos poseen funda sellada	X		Se minimiza el peligro de que los conductores sufran daños
f) Los tableros de los motores poseen las debidas protecciones contra sobre corrientes, fallas a tierra y se encuentran bien cableados		X	Peligro presente, ya que no cuentan con térmicos, interruptores diferenciales y el cableado es deficiente
g) Existen materiales ajenos al área almacenados que obstaculicen el mantenimiento y circulación del personal de trabajo	X		Peligro presente, ya que es riesgoso para los operarios pueden sufrir caídas, golpes, contactos indirectos
h) Los paneles de distribución son de material no combustible y resistente a la humedad	X		Se minimiza el peligro, en caso de darse una falla en el tablero que podría causar incendio, solo ocurrirá dentro de este.
i) Los calderos poseen medios para limitar la temperatura para que durante el funcionamiento no se produzca un cambio de estado del medio de transferencia de calor, de líquido a vapor.	X		Se minimiza el peligro de explosión. Si cumple con el Art. 424-84 NEC
11.- LA SALA DE GENERADORES POSEE:			
a) Las cajas de paso de las instalaciones eléctricas están destapadas y corroídas	X		Peligro presente, ya que se pueden dañar los conductores

LOCALIZACION: MANTENIMIENTO

Tabla 4 de 5

PELIGRO IDENTIFICATIVO	SI	NO	EXISTENCIA DE PELIGRO
b) Existen materiales almacenados ajenos al lugar	X		Peligro presente, ya que dificulta el proceso de mantenimiento
c) Se realizan pruebas semanales al sistema de transferencia		X	Peligro presente, ya que se corre el riesgo de que el equipo falle en el momento de la transferencia s
d) Los generadores poseen protección contra sobre corrientes	X		Se minimiza el peligro de daño al equipo por aumentos de la corriente
e) Las partes vivas de los generadores, están expuestos a contacto accidental de personas		X	Se minimiza el peligro para las personas ya que se evitan los contactos directos
f) Los generadores son capaces de funcionar con el 100% de la carga del nosocomio		X	Peligro presente, ya que al perderse la alimentación principal, los equipos no abastecen de energía a todo el hospital
g) Cada generador tiene una placa de datos en la que se indica, marca, frecuencia nominal, factor de potencia, etc.	X		Se minimiza el peligro de daños al equipo. Si cumple con el Art. 445-3 NEC
h) Se cuenta con ventilación suficiente	X		Se minimiza el peligro de que los equipos se calienten

LOCALIZACION: MANTENIMIENTO			Tabla 5 de 5
PELIGRO IDENTIFICATIVO	SI	NO	EXISTENCIA DE PELIGRO
12.- Se lleva un control de fallos y reparaciones de los equipos		X	Peligro presente, ya que los equipos no funcionarán de manera eficiente
13.- Se posee un control predictivo de mantenimiento		X	Peligro presente, ya que esto puede ocasionar fallos frecuentes en los equipos.

LOCALIZACION: CENTRAL DE ACONDICIONADORES DE AIRE

Tabla 1 de 3

PELIGRO IDENTIFICATIVO	SI	NO	EXISTENCIA DE PELIGRO
1.- Posee seguridad para impedir el acceso a personal no autorizado		X	Peligro presente, ya que la puerta de acceso siempre esta abierta
2.- Posee extintores en caso de incendios (polvo químico)		X	Peligro presente, ya que en caso de producirse un incendio no se cuenta con extintores para disminuir el fuego
3.- Existe ventilación adecuada		X	Peligro presente, ya que los equipos se pueden recalentar dificultando su funcionamiento
4.- El espacio de trabajo alrededor de los tableros de la central de aire es suficiente para realizar mantenimientos rápidos y seguros	X		Se minimiza el peligro, ya que hay facilidad para realizar los mantenimientos respectivos
5.- Posee un circuito derivado individual para alimentar solo a la carga de los motores de esta área	X		Se minimiza el peligro de que otras cargas ajenas al área sobrecarguen el circuito
6.- Los tableros de alimentación eléctrica están cerrados con la debida seguridad	X		Se minimiza el peligro de que el personal pueda tener algún contacto accidental con partes vivas
7.- Las carcasas de los tableros se encuentran debidamente aterrizadas	X		Se minimiza el peligro de contactos indirectos la realizar los mantenimientos.

LOCALIZACION: CENTRAL DE ACONDICIONADORES DE AIRE

Tabla 2 de 3

PELIGRO IDENTIFICATIVO	SI	NO	EXISTENCIA DE PELIGRO
8.- Los elementos de protección presentan calentamiento por encima de la temperatura ambiente	X		Peligro presente, ya que este defecto puede ocasionar el mal funcionamiento de los equipos
9.- El equipo de acondicionadores de aire (chiller) posee datos de placa, en donde se indique, el fabricante y corriente nominal		X	Peligro presente, ya que es riesgoso porque no se sabe la carga máxima que soportan
10.- Los tableros de control de las unidades manejadores de aire poseen las debidas protecciones para sobre corrientes, fallas a tierra, etc.		X	Peligro presente, ya que por aumentos de corriente debido a fallas en el circuito, se podría dañar el equipo
11.- Se almacenan materiales ajenos al área	X		Peligro presente, dificulta la circulación del personal y puede ocasionar caídas, golpes, etc.
12.- Se realizan trabajos con conexiones provisionales en los tableros de A/A, sin las debidas protecciones	X		Peligro presente, ya que se podría sobrecargar el circuito
13.- El tablero de bombas para recircular el agua helada al hospital se encuentra mal señalado y desgastado	X		Peligro presente, mal funcionamiento en las bombas por manipulaciones erróneas
14.- Los tableros de los motores de las bombas de recirculación de agua helada que va al hospital poseen interruptor diferencial		X	Peligro presente, ya que no se detectaría alguna falla a tierra

LOCALIZACION: CENTRAL DE ACONDICIONADORES DE AIRE

Tabla 3 de 3

PELIGRO IDENTIFICATIVO	SI	NO	EXISTENCIA DE PELIGRO
15.- Existen Tuberías de las instalaciones eléctricas corroídas	X		Peligro presente, ya que los conductores pueden dañarse
16.- Las carcasas de los motores se encuentran debidamente aterrizadas	X		Se minimiza el peligro de interferencias, variaciones de voltaje, armónicos y contactos indirectos
14.- Se lleva un control de fallos y reparaciones de los equipos		X	Peligro presente, ya que los equipos no funcionarán de manera eficiente
15.- Se posee un control predictivo de mantenimiento		X	Peligro presente, ya que esto puede ocasionar fallos frecuentes en los equipos.

LOCALIZACION: CENTRO QUIRURGICO

Tabla 1 de 8

PELIGRO IDENTIFICATIVO	SI	NO	EXISTENCIA DE PELIGRO
1.-LAS SALAS DE QUIROFANOS POSEEN:			
1) Se usan tomacorrientes de grado hospitalario para identificar las tomas que tienen la tierra aislada		X	Peligro presente, ya que las tomas no están identificadas. No cumple con el Art. 517-18 b) NEC
2) Se usan gases medicinales y líquidos desinfectantes que no son inflamables pero que podrían aumentar una combustión	X		Peligro presente, si existe algún escape de líquidos o gases podrían aumentar una combustión
3) Los tomacorrientes se encuentran ubicados a una altura de 1,50 m del piso	X		Se minimiza el riesgo de que los cables se enreden y puedan causar caídas
4) Los interruptores se encuentran ubicados a una altura 2 m del piso	X		Se minimiza el riesgo, se tiene fácil acceso al encendido o apagado de las luminarias
5) Los tomacorrientes están protegidos en caso de producirse arco de conexión (chispas al momento de conectar los enchufes)		X	Peligro presente, ya que estas chispas podrían provocar un incendio
6) El tablero de los ventiladores de A/A del centro quirúrgico posee las debidas protecciones en el cableado		X	Peligro presente, se dificulta el mantenimiento

LOCALIZACION: CENTRO QUIRURGICO

Tabla 2 de 8

PELIGRO IDENTIFICATIVO	SI	NO	EXISTENCIA DE PELIGRO
7) La abrazadera de una de las tomas de oxígeno se encuentra oxidada	X		Peligro presente de escape de gas, el cual es una fuente de ignición
8) En estas salas existen equipos que detecten alguna fuga de gases		X	Peligro presente, ya que en caso de incendio se podría aumentar la combustión
9) Existe ventilación suficiente para prevenir el incremento de temperatura y concentraciones peligrosas de los gases empleados para la anestesia y desinfección	X		Se minimiza el riesgo, ya que no se produce calentamiento en los equipos
10) Para mantener la continuidad del sistema eléctrico el centro quirúrgico además de poseer alimentación de la EEE y grupo generador, se cuenta con UPS?	X		Se minimiza el riesgo en caso de perderse la alimentación principal y la alimentación del grupo electrógeno
11) El tablero de alimentación principal que provee energía a esta sala, alimenta únicamente a las cargas de los quirófanos		X	Peligro presente, ya que este tablero se podría sobrecargar
12) Todas las masas metálicas de los equipos están conectadas mediante un conductor de protección al embarrado de puesta a tierra	X		Se minimiza el riesgo de que circulen corrientes por otros conductores
13) Se posee de tomas de puesta a tierra colocadas a una altura de 2 m del piso para conectar cualquier otro equipo que no este aterrizado	X		Se minimiza el peligro, ya que se pueden conectar a tierra a aquellos equipos que no estén aterrizados

LOCALIZACION: CENTRO QUIRURGICO

Tabla 3 de 8

PELIGRO IDENTIFICATIVO	SI	NO	EXISTENCIA DE PELIGRO
14) Cada quirófano cuenta con un tablero de aislamiento ubicado dentro de cada sala	X		Se minimiza el peligro de sobrecarga
15) El tablero de aislamiento consta de transformador de aislamiento, monitor de impedancias y barra de conexión a tierra	X		Se minimiza el peligro en caso de producirse pérdida de aislamiento
16) El tablero de aislamiento esta alimentado desde el sistema de UPS (circuito crítico)	X		Se minimiza el peligro de pérdida de la alimentación
17) Se realizan pruebas de funcionamiento al monitor de detección de fugas del tablero de aislamiento		X	Peligro presente, ya que durante alguna operación riesgosa podría fallar el monitor de detección de fugas
18) Los suelos de los quirófanos son de tipo antielectrostático	X		Se minimiza el peligro de acumulación de energía estática
19) Se realizan pruebas de medición de la resistencia del suelo de esta área		X	Peligro presente, ya que puede haber alguna pérdida del aislamiento del suelo conductor
20) Se emplean interruptores diferenciales, para protección individual de equipos que no estén alimentados a través de un transformador de aislamiento		X	Peligro presente, ya que de producirse una fuga a tierra no se la podrá detectar

LOCALIZACION: CENTRO QUIRURGICO

Tabla 4 de 8

PELIGRO IDENTIFICATIVO	SI	NO	EXISTENCIA DE PELIGRO
21) Las lámparas de quirófano, disponen de algún otro suministro de alimentación especial complementario para que estén siempre activas		X	Peligro presente, ya que de perderse la alimentación principal, el grupo electrógeno y el UPS, se apagarían las lámparas
22) Los equipos de asistencia vital poseen baterías propias para mantenerse funcionando en caso de que falle la alimentación principal, el grupo electrógeno y el UPS	X		Se minimiza el peligro, ya q de producirse una perdida de todas las alimentaciones, prevalecerá el equipo encendido
23) Se posee de un tablero de aislamiento para equipos de rayos X ubicado en pasillos del centro quirúrgico con un toma en cada quirófano	X		Se minimiza el riesgo de pérdida de aislamiento
24) Los tableros ubicados en esta área se encuentran plenamente identificados		X	Peligro presente, ya que se podría realizar conexiones erróneas en los tableros por la falta de identificación
25) Esta área posee dos circuitos de alumbrado (normal y emergencia)		X	Peligro presente, en caso de haber un corte en la alimentación principal, se perdería la iluminación
26) Los pacientes que están en esta sala tienen capacidad para moverse por si solos		X	Peligro presente, se podría accidentalmente tener contacto con la energía, debido a equipos conectados a él.
27) Los pacientes poseen capacidad para reaccionar en caso de recibir un contacto indirecto		X	Peligro presente para los pacientes ya que pueden sufrir quemaduras

LOCALIZACION: CENTRO QUIRURGICO

Tabla 5 de 8

PELIGRO IDENTIFICATIVO	SI	NO	EXISTENCIA DE PELIGRO
38) Los pacientes en estas salas pueden tener conectados varios equipos electromédicos	X		Peligro presente, riesgo de que los pacientes sufran algún microshock
29) Se les da el mantenimiento respectivo a los equipos electromédicos		X	Peligro presente, ya que existe el riesgo de fallas en el equipo
2.- LA SALA DE RECUPERACIÓN POSEE:			
1) Posee tablero de aislamiento solo para esta sala	X		Se minimiza el peligro de pérdida de aislamiento
2) Se posee tablero de aislamiento y tablero de emergencia plenamente identificados		X	Peligro presente, ya que podrían darse conexiones erróneas que afectan a estos
3) El tablero de aislamiento esta alimentado desde el sistema de UPS (circuito crítico)	X		Se minimiza el peligro de pérdida de la alimentación
4) Las tomas que no son para uso de equipo medico se encuentran en otro circuito		X	Peligro presente, se puede sobrecargar el circuito al conectar otros equipos

LOCALIZACION: CENTRO QUIRURGICO

Tabla 6 de 8

PELIGRO IDENTIFICATIVO	SI	NO	EXISTENCIA DE PELIGRO
5) Las tomas de uso no medico se encuentran aterrizadas con neutro aislado de tierra		X	Peligro presente, ya que podrían circular por el conductor de tierra corrientes peligrosas
6) Las tomas de uso común se encuentran a una altura menor a 1m y mayor a 0.50 m	X		Se minimiza el peligro, que en la limpieza les penetre algún líquido desinfectante o agua
7) Se usan tomacorrientes de grano hospitalario		X	Peligro presente, ya que no se encuentran identificadas las tomas aisladas de tierra
8) El área alrededor de cada cama es muy pequeña para todos los equipos que se utilizan	X		Peligro presente, existe dificultad para moverse y se pueden dar caídas
9) Todas las masas metálicas de los equipos fijos se encuentran conectadas a tierra	X		Se minimiza el peligro, estas conexiones a tierra dan un camino de baja impedancia
3.- EL CUARTO DE UPS POSEE:			
1) La puerta de ingreso al cuarto de UPS posee la respectiva seguridad	X		Se minimiza el peligro de que personal no autorizado ingrese al área

LOCALIZACION: CENTRO QUIRURGICO

Tabla 7 de 8

PELIGRO IDENTIFICATIVO	SI	NO	EXISTENCIA DE PELIGRO
2) El cuarto posee la debida ventilación para evitar el calentamiento de los equipos	X		Se minimiza el peligro de que el equipo se caliente y empiece a fallar
3) El tablero de alimentación posee un sistema que evite variaciones de voltaje (detector de fase temporizado en caso de falla)		X	Peligro presente, en caso de darse alguna falla de pérdida de fase, no se la detectaría
4) Los UPS son de tipo lineal	X		Se minimiza el peligro ya que no se pierde la continuidad de los procesos
5) La capacidad total de los UPS es el 50% mas de la requerida		X	Peligro presente de que en caso emergente se requiera conectar mas equipos
6) Existe un sistema de monitoreo del estado de funcionamiento de los UPS		X	Peligro presente, ya que no existe un control del funcionamiento del UPS
7) Se cuenta solo con un UPS,	X		Peligro presente, que en caso de fallas no se dispone de otro UPS para mantener la continuidad del servicio
8) Se lleva un control de fallos y reparaciones de los equipos		X	Peligro presente, ya que los equipos no funcionarán de manera eficiente

LOCALIZACION: CENTRO QUIRURGICO			Tabla 8 de 8
PELIGRO IDENTIFICATIVO	SI	NO	EXISTENCIA DE PELIGRO
9) Se posee un control predictivo de mantenimiento		X	Peligro presente, ya que esto puede ocasionar fallos frecuentes en los equipos.

LOCALIZACION: UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS

Tabla 1 de 3

PELIGRO IDENTIFICATIVO	SI	NO	EXISTENCIA DE PELIGRO
1.- Posee tablero de aislamiento solo para esta sala	X		Se minimiza el peligro de pérdida de aislamiento
2.- Se posee tablero de aislamiento y tablero de emergencia plenamente identificados		X	Peligro presente, podrían darse conexiones erróneas que pueden afectar a los circuitos conectados a estos tableros
3.-Los cables que alimentan el área presentan calentamiento		X	Se minimiza el peligro de falla en los equipos
4.- Esta sala posee tablero de aislamiento	X		Se minimiza el peligro de fugas a tierra
5.- El tablero de aislamiento esta alimentado desde el sistema de UPS (circuito crítico)	X		Se minimiza el peligro de pérdida de la alimentación
6.- El tablero de aislamiento posee transformador de aislamiento, monitor de detección de fugas de corriente(LIM) y barra de conexión a tierra , todos estos elementos están en buen estado	X		Se minimiza el peligro en caso de darse fallas a tierra
7.- Se realiza el debido control, mantenimiento y monitoreo de los tableros de aislamiento		X	Peligro presente ya que pueden fallar los tableros

LOCALIZACION: UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS

Tabla 2 de 3

PELIGRO IDENTIFICATIVO	SI	NO	EXISTENCIA DE PELIGRO
8.- Se realizan pruebas periódicas del monitor detector de fugas		X	Peligro presente, ya que en algún proceso riesgoso podría fallar
9.- La barra de equipotencialidad se encuentra conectada a tierra (con un cable a la malla de tierra)	X		Se minimiza el peligro de fallas a tierra
10.- Las tomas que no son para uso de equipo medico se encuentran en otro circuito		X	Peligro presente, de sobrecargar el circuito al realizar conexiones de otros equipos
11.- Las tomas se encuentran en buen estado sin partes vivas expuestas		X	Peligro presente, ya que podrían darse contactos indirectos con las personas
12.- Las tomas de uso no medico se encuentran aterrizadas con neutro aislado de tierra		X	Peligro presente, ya que podrían circular por el conductor de tierra corrientes peligrosas
13.- Las tomas de uso común se encuentran a una altura menor a 1m y mayor a 0.50 m	X		Se minimiza el peligro que durante la limpieza penetren líquidos desinfectantes o agua
14.- Existen tomas especiales (220V), alimentadas desde el tablero de emergencia plenamente identificadas		X	Peligro presente, confusión al conectar equipos que no funcionan con ese voltaje

LOCALIZACION: UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS

Tabla 3 de 3

PELIGRO IDENTIFICATIVO	SI	NO	EXISTENCIA DE PELIGRO
15.- Las tomas especiales (220V), tienen conexión a la barra equipotencial	X		Se minimiza el peligro de fallas a tierra
16.- Se usan tomacorrientes de grano hospitalario		X	Peligro presente, ya que no se encuentran identificadas las tomas aisladas de tierra
17.- El área alrededor de cada cama es muy pequeña para todos los equipos que se utilizan	X		Peligro presente, dificultad para moverse y se pueden dar caídas
18.- Todas las masas metálicas de los equipos fijos se encuentran conectadas a tierra	X		Se minimiza el peligro, por medio de estas conexiones a tierra se da un camino de baja impedancia
19.- Se lleva un control de fallos y reparaciones de los equipos		X	Peligro presente, ya que los equipos no funcionarán de manera eficiente
20.- Se posee un control predictivo de mantenimiento		X	Peligro presente, ya que esto puede ocasionar fallos frecuentes en los equipos.

LOCALIZACION: CENTRAL DE GASES

Tabla 1 de 1

PELIGRO IDENTIFICATIVO	SI	NO	EXISTENCIA DE PELIGRO
1.-El tablero de descarga de oxígeno se encuentra en mal estado con oxido y cableado defectuoso	X		Peligro presente, ya que se podría dar escape de oxigeno
2.- Las tuberías para transportar gas al hospital, están descubiertas e incrustadas en la pared sin sellar	X		Peligro presente, ya que se podrían dar escape de gases
3.- Los cilindros de oxígeno poseen estabilidad en el piso cuando son llenados		X	Peligro presente ya que podría darse efecto domino
5.- Se fijan etiquetas que digan "NO FUMAR" en la entrada de esta área	X		Se minimiza el peligro de explosión
6.- Se guardan materiales ajenos al área	X		Peligro Presente, ya que pueden darse caídas golpes

LOCALIZACION: RADIOLOGÍA Y MEDICINA NUCLEAR

Tabla 1 de 2

PELIGRO IDENTIFICATIVO	SI	NO	EXISTENCIA DE PELIGRO
1.- Se posee un tablero para cada uno de los equipos de Rayos X	X		Se minimiza el peligro de sobrecarga ya que cada equipo cuenta con su propio tablero
2.- los tableros se encuentran cerrados y con su respectiva seguridad	X		Se minimiza el peligro de que personal no autorizado sufra algún tipo de contacto
3.- Los cables de alimentación presentan calentamiento		X	Se minimiza el peligro de que el equipo tenga fallas en el funcionamiento
4.- Hay cables amontonados en el piso en cuartos de control de los equipos de radiología	X		Peligro presente, ya que el personal y pacientes se pueden caer y sufrir golpes
5.- Se usan tomacorrientes de grado hospitalario		X	Peligro presente, ya que no existen tomas identificadas
6.- Los tableros poseen un buen cableado y las debidas protecciones (breacker principal, interruptor diferencial)		X	Peligro presente, dificultad en los mantenimientos, cortocircuitos, etc
7.- Los cielos rasos en los pasillos de estas áreas se encuentran defectuosos	X		Peligro presente para las personas

LOCALIZACION: RADIOLOGÍA Y MEDICINA NUCLEAR

Tabla 2 de 2

PELIGRO IDENTIFICATIVO	SI	NO	EXISTENCIA DE PELIGRO
8.- Las partes metálicas que no lleven corriente eléctrica del equipo asociado a rayos X (controles, mesas, soportes de tubo de rayos X, tanque de transformadores, cables blindados, cabezales para tubos de rayos X, etc), están puestos a tierra	X		Se minimiza el peligro en caso de darse fugas a tierra
9.- Poseen las paradas de emergencia necesarias para desenergizar el equipo en caso de emergencia		X	Peligro presente, ya que no cuentan con paradas de emergencia en los tableros
10.- La conexión desde el equipo de A.T. a los tubos de rayos X y otros componentes de A.T. están echas con cables de A.T. con pantalla	X		Se minimiza el peligro de fugas a tierra
11.- Los cables con pantalla puesta a tierra están instalados en soportes tipo charola para cables o en electroducto, junto con los conductores de control y fuerza para rayos X		X	Peligro presente, ya que los conductores podrían sufrir daños
12.- Se lleva un control de fallos y reparaciones de los equipos		X	Peligro presente, ya que los equipos no funcionarán de manera eficiente
13.- Se posee un control predictivo de mantenimiento		X	Peligro presente, ya que esto puede ocasionar fallos frecuentes en los equipos.
14.- Existe presencia de radiaciones ionizantes	X		Peligro presente, ya que pueden dañar el organismo del ser vivo

LOCALIZACION: LAVANDERIA		Tabla 1 de 2	
PELIGRO IDENTIFICATIVO	SI	NO	EXISTENCIA DE PELIGRO
1.- Existen tomacorrientes sin tapas de protección		X	Peligro presente, ya que podrían darse contactos indirectos a las personas
2.- Existen Equipos funcionando conectados a las tomas directamente sin protección, es decir cables sin enchufes	X		Peligro presente, fallas a tierra o alguna de las fases podría unirse a la tierra
3.-Las tuberías de las canalizaciones se encuentran defectuosas, despintadas con óxidos	X		Peligro presente, ya que los conductores pueden sufrir daños
4.- Existe presencia de agua en el área	X		Peligro presente, defectos a tierra debido a la pérdida de aislamiento
5.- Posee tomacorrientes tipo sellado para evitar el ingreso de humedad o agua dentro de ellas		X	Peligro presente, humedad en las tomas y mal funcionamiento de las mismos.
6.- El tablero de distribución del área posee interruptor diferencial		X	Peligro presente de que se produzcan fugas a tierra
7.- El panel o tablero de distribución es de material no combustible y resistente a la humedad	X		Se minimiza el riesgo en caso de incendio

LOCALIZACION: LAVANDERIA		Tabla 2 de 2	
PELIGRO IDENTIFICATIVO	SI	NO	EXISTENCIA DE PELIGRO
8.- El tablero de distribución posee interruptor diferencial		X	Peligro presente, ya que se pueden producir fallas a tierra
9.- El área esta dotada de ventilación suficiente	X		Se minimiza el riesgo de que los equipos se recalienten
10.- Existe presencia de energía estática	X		Peligro presente, en el secado de ropa existe roce y fricción entre las prendas
11.- Se lleva un control de fallos y reparaciones de los equipos		X	Peligro presente, ya que los equipos no funcionarán de manera eficiente
12.- Se posee un control predictivo de mantenimiento		X	Peligro presente, ya que esto puede ocasionar fallos frecuentes en los equipos.

LOCALIZACION:		COCINA		Tabla 1 de 2
PELIGRO IDENTIFICATIVO	SI	NO	EXISTENCIA DE PELIGRO	
1.- El tablero de alimentación se encuentra cerrado con su respectiva seguridad	X		Se minimiza el peligro de contactos directos del personal	
2.- El tablero de esta sala se encuentra aterrizado	X		Se minimiza el peligro de fallas a tierra	
3.- Posee un breacker principal	X		Se minimiza el peligro en caso de producirse cortocircuitos	
4.- El tablero de distribución posee interruptor diferencial		X	Peligro presente, ya que se pueden producir fallas a tierra	
5.- posee breacker para cada equipo	X		Se minimiza el peligro en caso de darse aumentos de la corrientes	
6.- Los breacker presentan calentamiento por encima de la temperatura ambiente		X	Se minimiza el peligro de que los equipos funcionen mal debido al recalentamiento	
7.- Las tomas poseen protección contra la humedad con tapa de seguridad		X	Peligro presente	

LOCALIZACION: COCINA		Tabla 2 de 2	
PELIGRO IDENTIFICATIVO	SI	NO	EXISTENCIA DE PELIGRO
8.- Las tomas se encuentran en buen estado		X	Peligro presente
9.- Los enchufes están oxidados y desgastados	X		Peligro presente
10.- Existen cables manipulados y sin canalización expuestos en los tumbados(conexiones de lámparas fluorescente)	X		Peligro presente
11.- Los tableros están corroídos y mal cableados	X		Peligro presente
12.-El área es húmeda ya que existe presencia de agua	X		Peligro presente

DATOS DE LA INSTALACION ELECTRICA DEL HOSPITAL DE SOLCA

DATOS DE LOS CABLES DE ALTA TENSION QUE INGRESAN A LA SUBESTACIÓN ELECTRICA		TABLA 1 DE 2
DETALLES	TIPO	CAPACIDAD
Cable de acometida que ingresa por CP y sale a conectarse a la barra principal	Cable tripolar XAT # 1/0 AWG	15kV
Cable que se conecta a la barra principal para conectarse a C1 y sale a conectarse a T1	Cable tripolar XAT # 2 AWG	15kV
Cable que se conecta a la barra principal para conectarse a C2 y sale a conectarse a T2	Cable tripolar XAT # 2 AWG	15kV
Cable que se conecta a la barra principal para conectarse a C3 y sale a conectarse a T3	Cable tripolar XAT # 2 AWG	15kV

DATOS DE LOS CABLES DE ALTA TENSION QUE INGRESAN A LA SUBESTACIÓN ELECTRICA**TABLA 2 DE
2**

DETALLES	TIPO	CAPACIDAD
Cable que se conecta a la barra principal para conectarse a C4 y sale a conectarse a T4	Cable tripolar XAT # 2 AWG	15kV
Cable que se conecta a la barra principal para conectarse a C5 y sale a conectarse a T5	Cable tripolar XAT # 2 AWG	15kV
Cable que se conecta a la barra principal para conectarse a C6 y sale a conectarse a T6	Cable tripolar XAT # 2 AWG	15kV
Cable que se conecta a la barra principal para conectarse a C7 y sale a conectarse a T7	Cable tripolar XAT # 2 AWG	15kV

DATOS Y CANTIDAD DE CABLES QUE SALEN DE CADA TRANSFORMADOR				TABLA 1 DE 1
VOLTAJE EN BAJA TENSION	TRANSFORMADORES 3Ø	CANTIDAD DE CABLES POR FASE	CABLES PARA EL NEUTRO	CABLES DE TIERRA
480V	T1- 400KVA	2X250 MCM TTU	1 X #250 MCM AWG	1 X #2/0 AWG
480V	T2- 400KVA	2X250 MCM TTU	1 X #250 MCM AWG	1 X #2/0 AWG
220V	T3- 300KVA	3X500 MCM TTU	3 X #250 MCM AWG	1 X #250 MCM AWG
220V	T4- 300KVA	3X500 MCM TTU	3 X #250 MCM AWG	1 X #250 MCM AWG
480V	T5- 225KVA	2X250 MCM TTU	1 X #250 MCM AWG	1 X #2/0 AWG
480V	T6- 400KVA	2X250 MCM TTU	1 X #250 MCM AWG	1 X #2/0 AWG
220V	T7- 400KVA	3X500 MCM TTU	2 X #500 MCM AWG	1 X #500 MCM AWG
220V	T8- 175KVA	3X250 MCM TTU	2 X 1/0 AWG	1/0 AWG

DISTANCIAS DE LOS CABLES DE GENERADORES G1 Y G2 HASTA SU BARRA PRINCIPAL			TABLA 1 DE 1
GENERADORES 3Ø	DISTANCIA A LA BARRA	CALIBRE DE LAS BARRAS POR FASE	TABLERO DE UBICACIÓN DE LAS BARRAS
G1-569KVA	9 m	1x(100x10 mm)	TABLERO DE PARALELISMO
G2-569KVA	6 m	1x(100x10 mm)	TABLERO DE PARALELISMO

DISTANCIAS DE LOS CABLES DESDE LOS TRANSFORMADORES HASTA CADA UNA DE LAS BARRAS DE LOS TABLEROS PRINCIPALES			TABLA 1 DE 2
TRANSFORMADORES 3Ø	DISTANCIA A LA BARRA	CALIBRE DE LAS BARRAS DE COBRE POR FASE	TABLERO DE UBICACIÓN DE LAS BARRAS
T1- 400KVA	6,5 m	2 X (50 x 5mm)	TDCAA
T2- 400KVA			
T3- 300KVA	5 m	1 X (85 x 5 mm)	TT2AA

DISTANCIAS DE LOS CABLES DESDE LOS TRANSFORMADORES HASTA CADA UNA DE LAS BARRAS DE LOS TABLEROS PRINCIPALES			TABLA 2 DE 2
TRANSFORMADORES 3Ø	DISTANCIA A LA BARRA	CALIBRE DE LAS BARRAS DE COBRE POR FASE	TABLERO DE UBICACIÓN DE LAS BARRAS
T4- 300KVA	5 m	1 X (76 x 12 mm)	TP01
T5- 225KVA	5 m	1 X (50 x 5mm)	TPRX1
T6- 400KVA	7 m	1 X (40 x 8 mm)	TRX2
T7- 400KVA	8 m	1 X (100 x 10 mm)	TP3
T8- 175KVA	80 m		STUMA 0

DISTANCIAS DE LOS CABLES DESDE LA BARRA PRINCIPAL HASTA CADA UNO DE LOS TRANSFORMADORES

TABLA 1 DE 1

TRANSFORMADORES 3Ø	DISTANCIA	CALIBRE DE LA BARRA POR FASE
T1- 400KVA	4 m	(40 x 5 mm)
T2- 400KVA	4 m	(40 x 5 mm)
T3- 300KVA	6 m	(40 x 5 mm)
T4- 300KVA	7 m	(40 x 5 mm)
T5- 225KVA	8 m	(40 x 5 mm)
T6- 400KVA	9 m	(40 x 5 mm)
T7- 400KVA	10 m	(40 x 5 mm)

CALIBRE DE LA BARRA PRINCIPAL POR FASE UBICADA EN EL TABLERO DE PARALELISMO DE LOS GENERADORES 3Ø	TABLA 1 DE 1
100x 10 mm	

DATOS Y CANTIDAD DE CABLES QUE SALEN DE LOS GENERADORES				TABLA 1 DE 1
GENERADORES 3Ø	VOLTAJE EN BAJA TENSION	CANTIDAD DE CABLES POR FASE	CABLES PARA EL NEUTRO	CABLES DE TIERRA
G1-569KVA	480V	3X500 MCM TTU	3X3/0 TW	3X1/0 TW
G2-569KVA	480V	3X500 MCM TTU	3X3/0 TW	3X1/0 TW
G3-125KVA	220V	3X500 MCM TTU	1X400 MCM	1X250 MCM
G4-250KVA	220V	3X500 MCM TTU	3X250 MCM	3X2/0 TTU

VALOR DE LAS CORRIENTES EN BAJA TENSION MEDIDAS A LA SALIDA DE LOS TRANSFORMADORES**TABLA 1 DE 1**

TRANSFORMADORES 3Ø	INTENSIDAD DE CORRIENTE		
T1- 400KVA	L1 = 350 A	L2 = 350 A	L3 = 340 A
T2- 400KVA			
T3- 300KVA	L1 = 477 A	L2 = 443 A	L3 = 450 A
T4- 300KVA	L1 = 800 A	L2 = 750 A	L3 = 800 A
T5- 225KVA	L1 = 100 A	L2 = 130 A	L3 = 150 A
T6- 400KVA	L1 = 100 A	L2 = 130 A	L3 = 150 A
T7- 400KVA	L1 = 300 A	L2 = 310 A	L3 = 280 A

TEMPERATURA DE LOS CABLES QUE SALEN DE LAS FASES DE LOS TRANSFORMADORES**TABLA 1 DE 1**

TRANSFORMADORES 3Ø	TEMPERATURA (° C)
T1- 400KVA	40 - 50
T2- 400KVA	
T3- 300KVA	43
T4- 300KVA	45
T5- 225KVA	30
T6- 400KVA	33
T7- 400KVA	34

TABLE 2

Table 2. "C" Values for Conductors

Copper												
AWG or kcmil	Three Single Conductors						Three-Conductor Cable					
	Conduit			Nonmagnetic			Conduit			Nonmagnetic		
	600V	5kV	15kV	600V	5kV	15kV	600V	5kV	15kV	600V	5kV	15kV
14	389	-	-	389	-	-	389	-	-	389	-	-
12	617	-	-	617	-	-	617	-	-	617	-	-
10	981	-	-	982	-	-	982	-	-	982	-	-
8	1557	1551	-	1559	1555	-	1559	1557	-	1560	1558	-
6	2425	2406	2389	2430	2418	2407	2431	2425	2415	2433	2428	2421
4	3806	3751	3696	3826	3789	3753	3830	3812	3779	3838	3823	3798
3	4774	4674	4577	4811	4745	4679	4820	4785	4726	4833	4803	4762
2	5907	5736	5574	6044	5926	5809	5969	5930	5828	6087	6023	5958
1	7293	7029	6759	7493	7307	7109	7454	7365	7189	7579	7507	7364
1/0	8925	8544	7973	9317	9034	8590	9210	9086	8708	9473	9373	9063
2/0	10755	10082	9390	11424	10878	10319	11245	11045	10500	11703	11529	11063
3/0	12844	11804	11022	13923	13048	12360	13656	13333	12613	14410	14119	13462
4/0	15082	13606	12543	16673	15351	14347	16392	15890	14813	17483	17020	16013
250	16483	14925	13644	18594	17121	15866	18311	17851	16466	19779	19352	18001
300	18177	16293	14769	20868	18975	17409	20617	20052	18319	22525	21938	20163
350	19704	17385	15678	22737	20626	18672	22646	21914	19821	24904	24126	21982
400	20666	18235	16366	24297	21766	19731	24253	23372	21042	26916	26044	23518
500	22185	19172	17492	26706	23277	21330	26880	25449	23126	30096	28712	25916
600	22965	20667	17952	28033	25204	22097	28752	27975	24897	32154	31258	27766
750	24137	21387	18889	29735	26453	23408	31051	30024	26933	34606	33315	29735
1,000	25278	22539	19923	31491	28083	24887	33664	32689	29320	37197	35749	31969

Note: These values are equal to one over the impedance per foot and based upon resistance and reactance values found in IEEE Std 241-1990 (Graw Book), IEEE Recommended Practice for Electric Power

CALCULO DE CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO POR EL METODO PUNTO A PUNTO

En los transformadores T1 y T2, los cuales se encuentran en paralelo alimentando al tablero TDCAA, el mismo que energiza a todo el sistema de bombas de enfriamiento, ventiladores de las torres de enfriamiento y compresores de los chiller que se encuentran en el área de acondicionadores de aire. Hallaremos I_{cc} , justo en el secundario de T1 y T2 y también en donde podría darse una posible falla #1 como se muestra en los puntos señalados en el siguiente grafico de la Fig. 3.

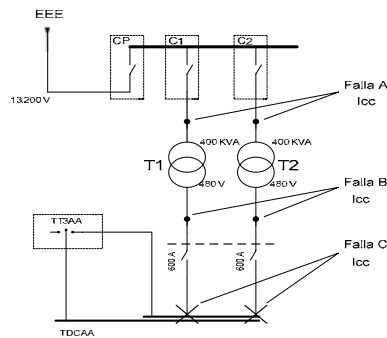


Fig. 3

Para lo cual tenemos que:

$$T1 = 400 \text{ kVA}$$

$$T2 = 400 \text{ kVA}$$

$$V_{LL} = 13200V = E_{LL}; \text{ Voltaje en el primario del transformador}$$

$$V_{LL} = 480V = E_{LL} ; \text{ Voltaje en el secundario del transformador}$$

$$Z\% = 6$$

$L = 6,50 \text{ m} = 21,32 \text{ pies}$; (distancia desde el secundario del transformador T1 y T2 hasta la barra del tablero principal TDCAA)

$n = 2$; (número de conductores por fase en el secundario de T1 y T2)

y tipo de conductor en el secundario: 250 MCM TTU

Paso 1:

Hallamos la corriente nominal 3ϕ en el primario y en el secundario de T1 y T2, ya que estos transformadores se encuentran en paralelo, las potencias de ambos se suman:

$$\text{Primario: } transf. 3\phi \quad I_N = I_{FLA} = \frac{KVA \times 1000}{E_{LL} \times \sqrt{3}} = \frac{800 \times 1000}{13200 \times 1,732} \Rightarrow$$

$$I_N = 34,9909254A$$

$$\text{Secundario: } transf. 3\phi \quad I_N = I_{FLA} = \frac{KVA \times 1000}{E_{LL} \times \sqrt{3}} = \frac{800 \times 1000}{480 \times 1,732} \Rightarrow$$

$$I_N = 962,250447A$$

Paso 2:

Encontraremos un factor multiplicador M1 para hallar la corriente de cortocircuito en la falla A y B del primario y secundario de los 2 transformadores en paralelo T1 y T2, esta corriente Icc, esta señalada con puntos negros en la Fig. 3

$$M1 = \frac{100}{Transf. \%Z}, \text{ donde multiplicaremos la impedancia del transformador \%Z}$$

por 0,9 para estabilizar este valor en caso de error y, ya que debe variar en un rango de $\pm 10\%$ del valor actual.

Tendremos entonces que M1 es igual;

$$M1 = \frac{100}{6 \times 0,9} \Rightarrow M1 = 18,5185185$$

Paso 3:

El siguiente paso será encontrar el valor de Icc en la falla A y B del primario y el secundario de los transformadores en paralelo T1 y T2 por medio de la sustitución de los datos obtenidos en la siguiente formula:

$$\text{Primario: } I_{CC} = I_{SCA} = I_N \times M1 = 34,9909254 \times 18,5185185 \Rightarrow$$

$$I_{CC} = 647,980099A; \text{ Corriente de cortocircuito } 3\phi \text{ en la falla A}$$

$$\text{Secundario: } I_{CC} = I_{SCA} = I_N \times M1 = 962,250447 \times 18,5185185 \Rightarrow$$

$$I_{CC} = 17819,4527A; \text{ Corriente de cortocircuito } 3\phi \text{ en la falla B } (I_{CC} transf.)$$

Paso 4:

Calcularemos un factor f, el cual nos servirá para determinar el valor del multiplicador para hallar la Icc en la falla C

$$f = \frac{\sqrt{3} \times L \times I_{CC} transf.}{C \times n \times V_{LL}}; \text{ el valor de C (constante del conductor) lo obtenemos de}$$

la tabla 2 mostrada en el ANEXO 3, para lo cual necesitaremos los datos del

conductor por fase de los transformadores y el valor de VLL en el secundario de los transformadores en paralelo.

Observamos que en la tabla 2, para un conductor #250 MCM TTU, y un voltaje línea a línea de 480V, C= 16483, reemplazando en la formula anterior tenemos:

$$f = \frac{1,732 \times 21,32 \times 17819,4527}{16483 \times 2 \times 480} \Rightarrow f = 0,04158481$$

Paso 5:

Tenemos que hallar el valor del multiplicador por medio del factor f, aplicando la siguiente formula

$$M = \frac{1}{1+f}; \text{ reemplazando el valor de f tenemos que } M = 0,96007545$$

Paso 6:

Con todos los valores antes calculados podemos utilizar la siguiente formula para hallar Icc en la falla C .

$$I_{CC} = I_{SCA} = I_{SCA} \times \text{transf} \times M = 17819,4527 \times 0,96007545 \Rightarrow$$

$I_{CC} = 17108,019A$; Corriente de cortocircuito en la falla C en la barra donde se encuentran T1 y T2 en paralelo

De la misma manera hallaremos los valores de Icc (Fig. 3.1), en el transformador T3, aplicando los 6 pasos anteriores

DATOS:

T3= 300 kVA

$V_{LL} = 13200V = E_{LL}$; Voltaje en el primario del transformador

$V_{LL} = 220V = E_{LL}$; Voltaje en el secundario del transformador

Z%= 7,9

L= 5 m= 16,4042 pies ; (distancia desde el secundario del transformador T3 hasta la barra del tablero principal TT2AA)

n= 3 ; (número de conductores por fase para el secundario de T3)

y tipo de conductor en el secundario: 500 MCM TTU

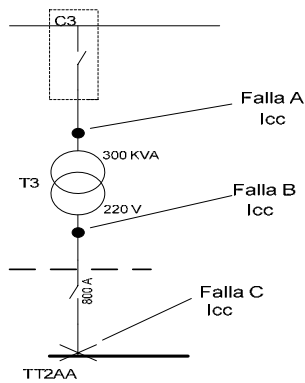


fig. 3.1

Donde tenemos que :

$I_N = 13,121597A$; Corriente nominal en el primario del transformador

$I_N = 787,295821A$; Corriente nominal en el secundario del transformador

$I_{CC} = 184,551294A$; Corriente de cortocircuito 3ϕ en el primario de T3, Falla A

$I_{CC} = 11073,0776A$; Corriente de cortocircuito 3ϕ en el secundario de T3, Falla B $(I_{CC} transf.)$

$I_{CC} = 10840,1527A$; Corriente de cortocircuito en la falla C en T3

Ahora hallaremos los valores de I_{CC} (Fig. 3.2), en el transformador T4, aplicando los 6 pasos anteriores.

El análisis para T4 posee los mismos resultados que T3, ya que posee los mismos datos.

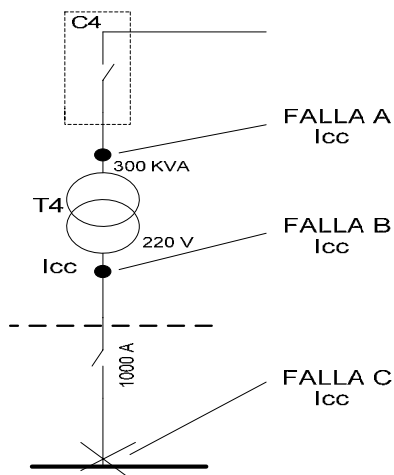


Fig. 3.2

Donde tenemos que :

$I_N = 13,121597A$; Corriente nominal en el primario del transformador

$I_N = 787,295821A$; Corriente nominal en el secundario del transformador

$I_{CC} = 184,551294A$; Corriente de cortocircuito 3ϕ en el primario de T4, Falla A

$I_{CC} = 11073,0776A$; Corriente de cortocircuito 3ϕ en el secundario de T4,

Falla B $(I_{CC}transf.)$

$I_{CC} = 10840,1527A$; Corriente de cortocircuito en la falla C en T4

Ahora hallaremos los valores de I_{CC} (Fig. 3.3), en el transformador T5, aplicando los 6 pasos anteriores

DATOS:

T3= 225 kVA

$V_{LL} = 13200V = E_{LL}$; Voltaje en el primario del transformador

$V_{LL} = 480V = E_{LL}$; Voltaje en el secundario del transformador

$Z\% = 7$

$L = 5 m = 16,4042$ pies ; (distancia desde el secundario del transformador T5 hasta la barra del tablero principal TPRX1)

$n = 2$; (número de conductores por fase para T5)

y tipo de conductor: 250 MCM TTU

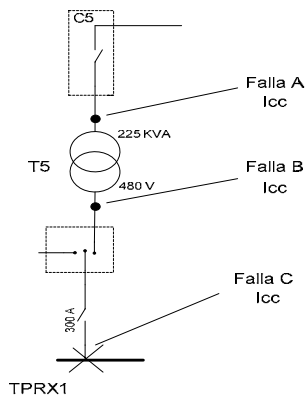


Fig. 3.3

Donde tenemos que :

$I_N = 9,84119776A$; Corriente nominal en el primario del transformador

$I_N = 270,632938A$; Corriente nominal en el secundario del transformador

$I_{CC} = 156,209488A$; Corriente de cortocircuito 3ϕ en el primario de T5, Falla A

$I_{CC} = 4295,76093A$; Corriente de cortocircuito 3ϕ en el secundario de T5,

Falla B $(I_{CC}transf.)$

$I_{CC} = 4262,87945A$; Corriente de cortocircuito en la falla C en T5

Ahora hallaremos los valores de I_{cc} (Fig. 3.4), en el transformador T6, aplicando los 6 pasos anteriores.

DATOS:

T3= 400 kVA

$V_{LL} = 13200V = E_{LL}$; Voltaje en el primario del transformador

$V_{LL} = 480V = E_{LL}$; Voltaje en el secundario del transformador

$Z\% = 5,9$

$L = 6\text{ m} = 19,685\text{ pies}$; (distancia desde el secundario del transformador T6 hasta la barra del tablero principal TRX2)

$n = 2$; (número de conductores por fase para T6)

y tipo de conductor: 250 MCM TTU

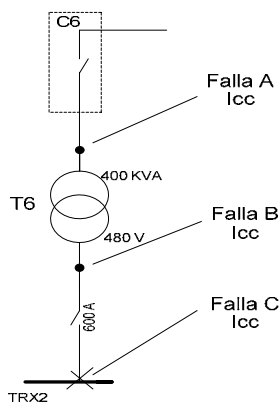


Fig. 3.4

Donde tenemos que :

$I_N = 17,4954627A$; Corriente nominal en el primario del transformador

$I_N = 481,125224A$; Corriente nominal en el secundario del transformador

$I_{CC} = 329,481406A$; Corriente de cortocircuito 3ϕ en el primario de T6, Falla

A

$I_{CC} = 9060,73868A$; Corriente de cortocircuito 3ϕ en el secundario de T6,

Falla B $(I_{CC}transf.)$

$I_{CC} = 8887,23102A$; Corriente de cortocircuito en la falla C en T6

Ahora hallaremos los valores de I_{cc} (Fig. 3.5), en el transformador T7, aplicando los 6 pasos anteriores.

DATOS:

T3= 400 Kva

$V_{LL} = 13200V = E_{LL}$; Voltaje en el primario del transformador

$V_{LL} = 220V = E_{LL}$; Voltaje en el secundario del transformador

$Z\% = 5,9$

$L = 8\text{ m} = 26,247\text{ pies}$; (distancia desde el secundario del transformador T7 hasta la barra del tablero principal TP3)

$n = 3$; (número de conductores por fase para T7)

y tipo de conductor: 300 MCM TTU

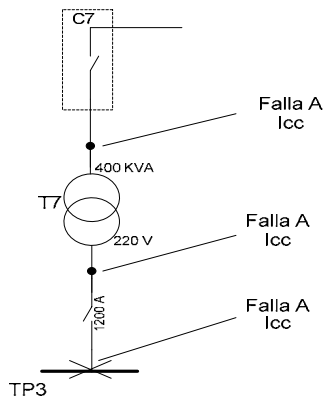


Fig. 3.5

Donde tenemos que :

$I_N = 17,4954627A$; Corriente nominal en el primario del transformador

$I_N = 1049,72776A$; Corriente nominal en el secundario del transformador

$I_{CC} = 329,481406A$; Corriente de cortocircuito 3ϕ en el primario de T7, Falla A

$I_{CC} = 19768,8844A$; Corriente de cortocircuito 3ϕ en el secundario de T7, Falla B
($I_{CC\text{transf.}}$)

$I_{CC} = 18625,6618A$; Corriente de cortocircuito en la Falla C en T7

Ahora hallaremos corrientes de cortocircuito en los siguientes puntos, Falla C #1 y Falla C #2 (Fig. 3.6), tomando como dato la corriente de cortocircuito obtenida en la Falla C de los transformadores T1 y T2, calculada anteriormente

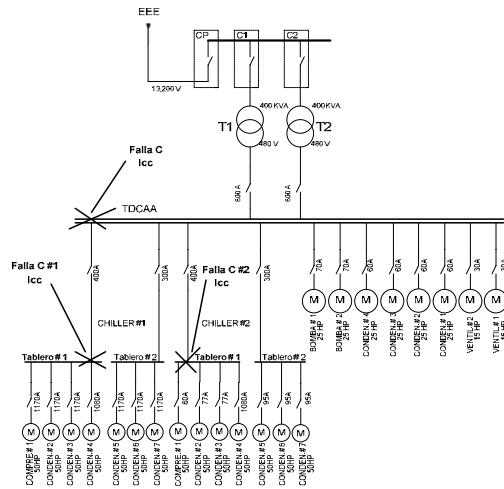


Fig. 3.6

Datos para calcular Icc en la Falla C #1

$I_{CC} = 17108,019A$; Corriente de cortocircuito en la falla C en la barra donde se encuentran T1 y T2 en paralelo

$$V_{LL} = 480V$$

$L = 9 \text{ m} = 29,53 \text{ pies}$; Distancia desde la barra de TDCAA y la barra del tablero # 1 del Chiller #1

$n = 2$; conductores por fase que salen de la barra del tablero TDCAA hasta el tablero #1 del Chiller #1

y tipo de cable= 4/0 TTU

Para realizar este cálculo repetiremos los pasos 4, 5 y 6, aplicados anteriormente

Paso 4:

Calculo del factor f, el cual servirá para determinar el valor del multiplicador para hallar la Icc

$$f = \frac{\sqrt{3}xLxI_{CC}(fallaC)}{CxnV_{LL}}$$
 ; el valor de C (constante del conductor) lo obtenemos

de la tabla 2, para lo cual necesitaremos los datos del conductor por fase de los transformadores y el valor de VLL en el secundario de los transformadores en paralelo, por lo cual $C = 15082$

$$f = \frac{\sqrt{3}x29,53x17108,019}{15082x2x480} \Rightarrow \text{Tenemos que } f = 0,06043394$$

Paso 5:

Hallamos el valor del multiplicador por medio del factor f, aplicando la siguiente formula

$$M = \frac{1}{1+f}; \text{ reemplazando el valor de f tenemos que } M = 0,94301018$$

Paso 6:

Con los valores antes calculados utilizamos la siguiente formula para hallar I_{cc} en la Falla C #1 .

$$I_{cc} = I_{SCA} = I_{cc}(FallaC) \times M = 17108,019 \times 0,94301018 \Rightarrow$$

$$I_{cc} = 16133,0361A ; \text{ Corriente de cortocircuito en la Falla C \#1 del Chiller \#1}$$

Datos para calcular I_{cc} en la Falla C #2

$I_{cc} = 17108,019A$; Corriente de cortocircuito en la falla C en la barra donde se encuentran T1 y T2 en paralelo

$$V_{LL} = 480V$$

L= 13 m= 42,65 pies ; Distancia desde la barra de TDCAA y la barra del tablero # 1 del Chiller #2

n= 2 ; conductores por fase que salen de la barra del tablero TDCAA hasta el tablero #1 del Chiller #2

y tipo de cable= 4/0 TTU

Para realizar este cálculo repetiremos los pasos 4, 5 y 6

Paso 4:

$$f = \frac{\sqrt{3} \times 42,65 \times 17108,019}{15082 \times 2 \times 480} \Rightarrow \text{Tenemos que } f = 0,08728437$$

Paso 5:

$$M = \frac{1}{1+f}; \text{ reemplazando el valor de f tenemos que } M = 0,91972259$$

Paso 6:

Con los valores antes calculados utilizamos la siguiente formula para hallar I_{cc} en la Falla C #1 .

$$I_{cc} = I_{SCA} = I_{cc}(FallaC) \times M = 17108,019 \times 0,91972259 \Rightarrow$$

$$I_{cc} = 15734,6315A ; \text{ Corriente de cortocircuito en la Falla C \#2 del Chiller \#2}$$

Ahora calcularemos las corrientes de cortocircuito en los siguientes puntos (Fig. 3.7),

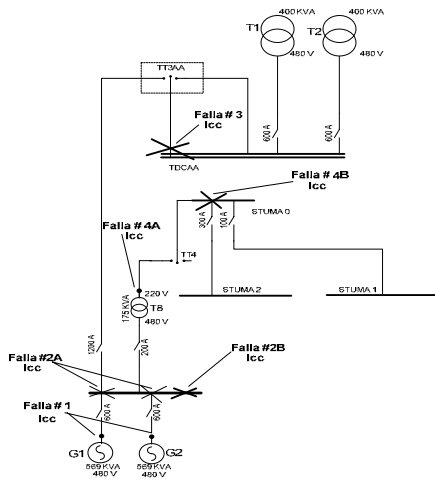


Fig. 3.7

Datos para hallar las corrientes de cortocircuito en la Falla # 1 de la fig. 57

G1= 569 kVA

G2= 569 kVA

$V_{LL} = 480V = E_{LL}$; Voltaje en la salida de los generadores

Z%= 4,5

L= 9 m= 29,53 pies ; (distancia desde la salida de G1 y G2 hasta la barra principal del tablero de paralelismo de los generadores)

n= 3 ; (número de conductores por fase en la salida de G1 y G2)

y tipo de conductor: 500 MCM TTU

Paso 1:

Hallamos la corriente nominal 3ϕ en la salida de G1, la cual es igual para G2, ya que poseen los mismos datos:

$$\text{Generador } 3\phi \quad I_N = I_{FLA} = \frac{KVA \times 1000}{E_{LL} \times \sqrt{3}} = \frac{569 \times 1000}{480 \times 1,732} \Rightarrow I_N = 684,400631A$$

Paso 2:

Encontraremos un factor multiplicador M1 para hallar la corriente de cortocircuito en la falla # 1

$$M1 = \frac{100}{Gen.\%Z}, \text{ donde multiplicaremos la impedancia del generador } \%Z \text{ por}$$

0,9 para estabilizar este valor en caso de error y, ya que debe variar en un rango de $\pm 10\%$ del valor actual.

Tendremos entonces que M1 es igual;

$$M1 = \frac{100}{4,5 \times 0,9} \Rightarrow M1 = 24,691358$$

Paso 3:

Encontraremos el valor de I_{CC} en la falla # 1 por medio de la sustitución de los datos obtenidos en la siguiente formula:

$$I_{CC} = I_{SCA} = I_N \times M1 = 684,400631 \times 24,691358 \Rightarrow$$

$I_{CC} = 16898,781A$; Corriente de cortocircuito 3ϕ en la falla # 1, la cual es la corriente I_{CC} en G1 y G2 cuando funcionan individualmente

Paso 4:

Calcularemos un factor f , el cual nos servirá para determinar el valor del multiplicador para hallar la I_{CC} en la falla # 2A de la Fig. 3.7.

$$f = \frac{\sqrt{3} \times L \times I_{CC}(\text{Falla\#1})}{C \times n \times V_{LL}}; \text{ el valor de } C \text{ (constante del conductor) lo obtenemos}$$

de la tabla 2 mostrada anteriormente, entonces $C = 22185$

$$f = \frac{1,732 \times 29,52 \times 16898,781}{22185 \times 3 \times 480} \Rightarrow f = 0,02705562$$

Paso 5:

El valor del multiplicador será:

$$M = \frac{1}{1+f}; \text{ reemplazando el valor de } f \text{ tenemos que } M = 0,9736571$$

Paso 6:

Con los valores antes calculados utilizaremos la siguiente formula para hallar I_{CC} en la falla # 2A .

$$I_{CC} = I_{SCA} = I_{SCA}(\text{Falla\#1}) \times M = 16898,781 \times 0,9736571 \Rightarrow$$

$I_{CC} = 16453,6181A$; Corriente de cortocircuito en la falla #2A en la barra donde se encuentran G1 y G2 cuando funcionan individualmente.

Ahora hallaremos la corriente de cortocircuito I_{CC} en la Falla # 2B, cuando G1 y G2 están funcionando en paralelo, entonces tenemos que sumar las potencias, es decir nuestra potencia total será de 1138 KVA

Para lo cual hallaremos :

$$1.- I_N = I_{FLA} = \frac{KVA \times 1000}{E_{LL} \times \sqrt{3}} = \frac{1138 \times 1000}{480 \times 1,732} \Rightarrow I_N = 1368,80126A$$

$$2.- M1 = \frac{100}{4,5 \times 0,9} \Rightarrow M1 = 24,691358$$

$$3.- I_{CC} = I_{SCA} = I_N \times M1 = 1368,80126 \times 24,691358 \Rightarrow$$

$I_{CC} = 33797,562A$; Corriente de cortocircuito 3ϕ en la salida de los generadores cuando están funcionando ambos en paralelo

4.- $f = \frac{\sqrt{3}LxI_{CC}(gen.fun.paral.)}{CxnV_{LL}}$; el valor de C (constante del conductor) lo

obtenemos de la tabla 2 ; C= 22185

$$f = \frac{1,732x29,52x33797,562}{22185x3x480} \Rightarrow f = 0,05411124$$

5.- Tenemos que $M = \frac{1}{1+f}$; reemplazando f : $M = 0,94866648$

6.- $I_{CC} = I_{SCA} = I_{CC}(gen.fun.paral.)xM = 33797,562x0,94866648$

$\Rightarrow I_{CC} = 32062,6141A$; Corriente de cortocircuito en la falla #2B en la barra

donde se encuentran G1 y G2 cuando funcionan en paralelo juntos.

Ahora vamos hallar la corriente de cortocircuito en la falla # 3, es decir en la barra principal del tablero TDCAA, cuando los generadores G1 y G2 entran en funcionamiento

Datos:

$V_{LL} = 480V = E_{LL}$; Voltaje en la barra principal de la barra de paralelismo

Z%= 4,5

L= 72 m= 236,22 pies ; (distancia desde la barra principal del tablero de paralelismo hasta la barra del tablero principal TDCAA)

n= 2 ; (número de conductores por fase en la salida de la barra principal del tablero de paralelismo)

y tipo de conductor: 250 MCM TTU

Tenemos la corriente de cortocircuito en la Falla # 2A cuando esta funcionando solo un generador:

$I_{CC} = 16453,6181A$, Con la que calculamos:

4.- $f = \frac{\sqrt{3}LxI_{CC}(falla\#2A)}{CxnV_{LL}}$; el valor de C (constante del conductor) lo

obtenemos de la tabla 2 mostrada anteriormente, C= 16483

$$f = \frac{1,732x236,22x16453,6181}{16483x2x480} \Rightarrow f = 0,42542056$$

5.- $M = \frac{1}{1+f}$; reemplazando el valor de f tenemos que $M = 0,70154734$

$$6.- I_{CC} = I_{SCA} = I_{CC}(\text{falla\#2A}) \times M = 16453,6181 \times 0,70154734 \Rightarrow$$

$I_{CC} = 11542,992A$; Corriente de cortocircuito en la Falla # 3 , la cual se

produce en la barra del tablero principal TDCAA, debido al funcionamiento de un solo generador.

Ahora calculamos la corriente de cortocircuito en la misma Falla #3 cuando se encuentran funcionando los 2 generadores G1 y G2 al mismo tiempo

Para lo cual necesitaremos:

$I_{CC} = 32062,6141A$; lcc en la Falla # 2B , la cual es la corriente de corto en la

barra del tablero de paralelismo cuando están funcionando los 2 generadores G1y G2, con la que calculamos:

$$4.- f = \frac{\sqrt{3} \times L \times I_{CC}(\text{falla\#2B})}{C \times n \times V_{LL}} ; \text{ el valor } C = 16483$$

$$f = \frac{1,732 \times 236,22 \times 32062,6141}{16483 \times 2 \times 480} \Rightarrow f = 0,82900279$$

$$5.- M = \frac{1}{1+f} ; \text{ reemplazando el valor de } f \text{ tenemos que } M = 0,54674602$$

$$6.- I_{CC} = I_{SCA} = I_{CC}(\text{falla\#2B}) \times M = 32062,6141 \times 0,54674602 \Rightarrow$$

$I_{CC} = 17530,1066A$; Corriente de cortocircuito en la Falla # 3 , la cual se

produce en la barra del tablero principal TDCAA, debido al funcionamiento de los 2 generadores G1 y G2.

Calculo de la corriente de cortocircuito en la Falla # 4A, secundario del transformador T8, que transforma el voltaje de 480V/220V y calculo de la Falla # 4B , en la barra principal del tablero STUMA 0

DATOS:

T8= 175 kVA

$V_{LL} = 220V = E_{LL}$; Voltaje en el secundario del transformador T8

Z%= 3,5

L= 80 m= 262,47 pies ; (distancia desde el secundario del transformador T8 hasta la barra principal del tablero STUMA 0)

n= 3 ; (número de conductores por fase en el secundario de T8)

y tipo de conductor en el secundario: 500 MCM TTU

Para lo cual hallaremos :

$$1.- I_N = I_{FLA} = \frac{KVA \times 1000}{E_{LL} \times \sqrt{3}} = \frac{175 \times 1000}{220 \times 1,732} \Rightarrow I_N = 459,255895A$$

$$2.- M1 = \frac{100}{3,5 \times 0,9} \Rightarrow M1 = 31,7460317$$

$$3.- I_{CC} = I_{SCA} = I_N \times M1 = 459,255895 \times 31,7460317 \Rightarrow$$

$I_{CC} = 14579,5522A$; Corriente de cortocircuito 3 ϕ en la Falla # 4A

$$4.- f = \frac{\sqrt{3} \times L \times I_{CC} (\text{Falla\#4A})}{C \times n \times V_{LL}}; \text{ el valor de C (constante del conductor) lo}$$

obtenemos de la tabla 2 ; C= 22185

$$f = \frac{1,732 \times 262,47 \times 14579,5522}{22185 \times 3 \times 220} \Rightarrow f = 0,45266938$$

$$5.- \text{Tenemos que } M = \frac{1}{1+f}; \text{ reemplazando f: } M = 0,68838788$$

$$6.- I_{CC} = I_{SCA} = I_{CC} (\text{Falla\#4A}) \times M = 14579,5522 \times 0,68838788 \Rightarrow$$

$I_{CC} = 10036,3871A$; Corriente de cortocircuito en la falla # 4B en la barra principal del tablero STUMA 0.

BIBLIOGRAFIA

1. TOLEDO L. MÁXIMO, Los Riesgos eléctricos y su ingeniería de seguridad (Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales), Universidad Politécnica de Madrid, pág. XI.1-XI.46.
2. FLORES JOSÉ, Ingeniería Hospitalaria (U.N.E.R. Facultad de Ingeniería / Bioingeniería) , Guías de trabajo práctico 2007, pág. 1-96.
3. RODRÍGUEZ, E y otros. Seguridad eléctrica en el diseño de Equipos Electromédicos I. Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones VOL. X, No.4, 1989.
4. VOZZI H. CARLOS, Seguridad Eléctrica Hospitalaria, pág. 1-20, Buenos Aires, Mayo del 2002.
5. SOLER CARLOS, Instalaciones Eléctricas para uso Hospitalario, Segundo Concurso Técnico-Científico Internacional Biel+building 2007.
6. NFPA 70, National Electrical Code 2005 Edition.
7. UNIVERSIDAD DE ALCALÁ DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA, Tema 2 Seguridad Electrónica, (Ingeniería Electrónica, Seguridad Biomédica), pag. 1-40.

8. SERVICIO DE PROTECCION CIVIL, Procedimientos de Evaluación de Riesgos tecnológicos en el entorno, pag. 1-89, Barcelona 2002.
9. Ortiz-Posadas M.R. y Vernet-Saavedra E.A., Índice de prioridad de seguridad eléctrica para equipo médico (IPSEEM), REVISTA MEXICANA DE INGENIERÍA BIOMÉDICA, Vol. XXVIII, Núm. 1, pág. 21 – 27, Junio 2007
- 10.FLORES JUAN, Taller de Identificación y Evaluación de Riesgo HAZOP, pág. 1-30, Agosto del 2003.
- 11.WAIN GUSTAVO, Seguridad en la Sala de Cirugía (Cuaderno Técnico No. 12), Digital Dinamic System S.A., Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- 12.ESQUEMA 1 DE NORMA IRAM 22817, Instalaciones de Puesta a Tierra y de Seguridad Eléctrica para Uso Hospitalario, Instituto Argentino de Normalización, Septiembre del 2000.