



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ARAGÓN

CONCEPTOS PARA EL DISEÑO  
DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN  
HOSPITALES.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO ELÉCTRICO ELECTRÓNICO

P R E S E N T A:

ROJAS RODRÍGUEZ PEDRO ULISES

ASESOR:

ING. ABEL VERDE CRUZ

CIUDAD NEZAHUALCÓYOTL, ESTADO DE MÉXICO, 2018





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

# *Agradecimientos*

*A Dios,  
que solo Él sabe  
a donde quiere llevarme.*

*A mis Padres, Araceli y Pedro,  
verdaderos ejemplos de amor incondicional  
a quienes les debo todo.*

*Para el amor de mi vida, Beatriz,  
mi compañera en la búsqueda.*

*A mis profesores,  
Ing. Abel Verde Cruz (asesor),  
Ing. Eduardo Estrada García (sinodal),  
Ing. José Luis Estrada García (sinodal),  
por su tiempo, enseñanzas, ideas  
y conocimientos compartidos.*

*A la máxima casa de estudios de México,  
Por mi raza hablará el espíritu.*

# CONTENIDO

---

<b>OBJETIVO</b>	<b>8</b>
<b>JUSTIFICACIÓN</b>	<b>9</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>10</b>
IMPEDANCIA TOTAL DEL CUERPO	11
FIBRILACIÓN VENTRICULAR	11
<b>CORRIENTES DE FUGA</b>	<b>11</b>
MACROSHOCK	12
MICROSHOCK	12
<b>1 <u>NORMATIVIDAD</u></b>	<b>13</b>
<b>1.1 LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS (NOM).</b>	<b>13</b>
1.1.1 NOM-001-SEDE-2012, INSTALACIONES ELÉCTRICAS (UTILIZACIÓN).	13
1.1.1.1 ARTÍCULO 517-NOM-001-SEDE-2012 INSTALACIONES EN ESTABLECIMIENTOS DE ATENCIÓN DE LA SALUD.	13
1.1.2 NOM-007-ENER-2014, EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA SISTEMAS DE ALUMBRADO EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES.	13
1.1.3 NOM-025-STPS-2008, CONDICIONES DE ILUMINACIÓN EN LOS CENTROS DE TRABAJO.	13
1.1.4 NOM-005-SSA3-2016, QUE ESTABLECE LOS REQUISITOS MÍNIMOS DE INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO DE ESTABLECIMIENTOS PARA LA ATENCIÓN MÉDICA DE PACIENTES AMBULATORIOS.	14
1.1.5 NOM-197-SSA1-2000. QUE ESTABLECE LOS REQUISITOS MÍNIMOS DE INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO DE HOSPITALES Y CONSULTORIOS DE ATENCIÓN MÉDICA ESPECIALIZADA.	14
<b>1.2 NORMAS COMPLEMENTARIAS</b>	<b>14</b>
1.2.1 NORMA UL 544 STANDARD FOR SAFETY MEDICAL AND DENTAL EQUIPMENT.	14
1.2.2 NFPA NO. 99 HEALTH CARE FACILITIES CODE.	14
<b><u>2 CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS, A PARTIR DE LAS CARACTERÍSTICAS EMPLEADAS ACORDE AL NIVEL DE ATENCIÓN MEDICA OFRECIDO POR EL SISTEMA NACIONAL DE SALUD.</u></b>	<b>15</b>
<b>2.1 CLASIFICACIÓN DE INSTITUCIONES DE SALUD EN MÉXICO.</b>	<b>15</b>
2.1.1 PRIMER NIVEL DE ATENCIÓN.	15
2.1.2 SEGUNDO NIVEL DE ATENCIÓN.	15
2.1.3 TERCER NIVEL DE ATENCIÓN.	15
<b>2.2 ÁREAS DE ATENCIÓN DEL PACIENTE.</b>	<b>15</b>
2.2.1 ÁREAS DE ATENCIÓN GENERAL.	16
2.2.2 ÁREAS DE ATENCIÓN CRÍTICA.	16
2.2.3 LUGARES CON PROCEDIMIENTOS HÚMEDOS O MOJADOS	16
<b>2.3 ÁREAS DE ANESTÉSICOS INFLAMABLES.</b>	<b>16</b>
2.3.1.1 CLASIFICACIÓN DE LUGARES CON ANESTESIA.	16
2.3.1.2 ÁREAS PELIGROSAS (CLASIFICADAS).	16
2.3.1.3 ÁREAS DISTINTAS A LAS PELIGROSAS (CLASIFICADAS).	16
<b>2.4 RECINTOS MÉDICOS.</b>	<b>17</b>

<b>2.5</b>	<b>CONSULTORIOS DE ESPECIALIDAD</b>	<b>17</b>
<b>2.6</b>	<b>CENTRAL DE ESTERILIZACIÓN Y EQUIPOS.</b>	<b>17</b>
<b>2.7</b>	<b>EQUIPO DE SOPORTE DE VIDA.</b>	<b>17</b>
<b>3</b>	<b>CONCEPTOS ELÉCTRICOS GENERALES</b>	<b>18</b>
<hr/>		
<b>3.1</b>	<b>POTENCIA INSTANTÁNEA (P).</b>	<b>18</b>
<b>3.2</b>	<b>VALOR EFICAZ O RMS.</b>	<b>18</b>
<b>3.3</b>	<b>POTENCIA REAL (P).</b>	<b>18</b>
<b>3.4</b>	<b>POTENCIA REACTIVA (Q).</b>	<b>18</b>
<b>3.5</b>	<b>FACTOR DE POTENCIA (FP).</b>	<b>18</b>
<b>3.6</b>	<b>POTENCIA APARENTE (S).</b>	<b>18</b>
<b>3.7</b>	<b>POTENCIA COMPLEJA (S)</b>	<b>19</b>
<b>3.8</b>	<b>RESUMEN DE FÓRMULAS:</b>	<b>19</b>
<b>3.9</b>	<b>SOBRECORRIENTES.</b>	<b>19</b>
3.9.1	SOBRECARGAS.	19
3.9.2	CORTOCIRCUITOS.	19
3.9.3	FALLAS A TIERRA.	19
<b>3.10</b>	<b>TUBERÍA CONDUIT.</b>	<b>20</b>
3.10.1	LA TUBERÍA CONDUIT DE ACERO ROSCADO PARED GRUESA ESMALTADA.	20
3.10.2	TUBERÍA CONDUIT DE ASBESTO-CEMENTO.	20
3.10.3	LA TUBERÍA CONDUIT PARED GRUESA GALVANIZADA DE ACERO ROSCADO (RMC).	21
3.10.4	TUBO CONDUIT EMT (LIVIANO).	21
3.10.5	TUBERÍA CONDUIT FLEXIBLE DE ACERO ENGARGOLADO (TIPO SAPA).	21
<b>3.11</b>	<b>CAJAS DE REGISTRO.</b>	<b>22</b>
3.11.1	NÚMERO DE CONDUCTORES EN LAS CAJAS DE SALIDA, DE DISPOSITIVOS Y DE EMPALME.	22
<b>3.12</b>	<b>DUCTO CUADRADO EMBISAGRADO.</b>	<b>23</b>
<b>3.13</b>	<b>CONDUCTORES.</b>	<b>23</b>
3.13.1	MATERIAL DE LOS CONDUCTORES.	23
3.13.2	CONEXIONES ELÉCTRICAS.	23
3.13.3	LÍMITES DE TEMPERATURA DE LOS CONDUCTORES.	23
3.13.4	CABLES PARA PARARRAYOS.	24
<b>3.14</b>	<b>ACCESORIOS (APAGADORES, CONTACTOS Y PLACAS).</b>	<b>24</b>
3.14.1	CONTACTO GRADO HOSPITAL.	25
<b>3.15</b>	<b>TABLEROS ELÉCTRICOS.</b>	<b>25</b>
3.15.1	TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN.	25
3.15.2	TABLEROS SUBGENERALES.	26
3.15.3	TABLERO DE AISLAMIENTO PARA ALUMBRADO Y CONTACTOS.	26
<b>3.16</b>	<b>PROTECCIÓN ELÉCTRICA.</b>	<b>27</b>
3.16.1	FUSIBLES.	27
3.16.1.1	CORRIENTE NOMINAL ( $I_n$ ).	28
3.16.1.2	SELECCIÓN DE LA CORRIENTE NOMINAL ( $I_n$ ):	28
3.16.1.3	CAPACIDAD INTERRUPTIVA ( $I_1$ ) (CORRIENTE MÁXIMA DE INTERRUPCIÓN).	29
3.16.1.4	CORRIENTE MÍNIMA DE INTERRUPCIÓN ( $I_3$ ).	29
3.16.2	INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS.	29
<b>3.17</b>	<b>PRINCIPALES ESQUEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE BAJA TENSIÓN.</b>	<b>30</b>
<b>3.18</b>	<b>NIVELES DE DISTRIBUCIÓN DE BAJA TENSIÓN.</b>	<b>30</b>
<b>3.19</b>	<b>SISTEMAS ELÉCTRICOS ESENCIALES.</b>	<b>32</b>
3.19.1	CIRCUITO DERIVADO DE SEGURIDAD PARA LA VIDA.	32
3.19.2	CIRCUITO DERIVADO CRÍTICO.	32
3.19.3	CIRCUITOS DERIVADOS DENTRO DE LA UBICACIÓN DE LAS CAMAS DE PACIENTES.	33
3.19.3.1	ÁREAS DE ATENCIÓN GENERAL.	33

3.19.3.2	ÁREAS DE ATENCIÓN CRÍTICA.	33
3.19.4	SEPARACIÓN DE OTROS CIRCUITOS.	33
<b>3.20</b>	<b>ESQUEMAS DE CONEXIÓN A TIERRA NORMALIZADOS.</b>	<b>33</b>
3.20.1	ESQUEMA TT (CONDUCTOR NEUTRO CONECTADO A TIERRA).	34
3.20.2	ESQUEMAS TN (PARTES CONDUCTORAS ACCESIBLES CONECTADAS AL CONDUCTOR NEUTRO).	34
3.20.3	ESQUEMA IT (NEUTRO AISLADO O NEUTRO IMPEDANTE).	35
<b>3.21</b>	<b>ELECCIÓN DE LA APARAMENTA A TIERRA.</b>	<b>35</b>
<b>3.22</b>	<b>DIVISIÓN DE LA FUENTE.</b>	<b>36</b>
3.22.1	ISLAS EN LA RED.	36
<b>3.23</b>	<b>SISTEMAS ELÉCTRICOS AISLADOS.</b>	<b>36</b>
3.23.1	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO AISLADO.	37
3.23.2	MONITOR DE AISLAMIENTO DE LÍNEA (MAL).	37
3.23.3	CONTACTOS DENTRO DE LA UBICACIÓN DE LAS CAMAS DE PACIENTES.	38
3.23.3.1	CANTIDAD MÍNIMA Y SU ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA.	38
<b>3.24</b>	<b>DESCONECTADORES DE TRANSFERENCIA.</b>	<b>39</b>
<b>3.25</b>	<b>SELECTIVIDAD.</b>	<b>41</b>
<b>3.26</b>	<b>CONEXIONES DE PUESTA A TIERRA DE CONTACTOS Y EQUIPO ELÉCTRICO FIJO EN LAS ÁREAS DE CUIDADO DE PACIENTES.</b>	<b>41</b>
3.26.1	EL SISTEMA PRINCIPAL DE CONEXIÓN EQUIPOTENCIAL.	41
3.26.2	CONEXIONES EQUIPOTENCIALES SUPLEMENTARIAS.	43
3.26.3	MÉTODOS DE ALAMBRADO.	43
3.26.4	CONDUCTOR CON AISLAMIENTO DE PUESTA A TIERRA DE EQUIPOS.	44
3.26.5	CONEXIÓN DE LAS PARTES CONDUCTORAS ACCESIBLES A LOS ELECTRODOS DE TIERRA.	44
<b>3.27</b>	<b>SISTEMA DE TIERRAS.</b>	<b>44</b>
3.27.1	CONDUCTOR DE TIERRA PARA CONTACTOS POLARIZADOS.	45
3.27.2	RED DE TIERRA DE LA SUBESTACIÓN.	45
3.27.3	ELECTRODO DE TIERRA.	45
3.27.3.1	ELECTRODOS DE PLACA.	45
3.27.3.2	ELECTRODOS DE TUBO.	45
3.27.3.3	ELECTRODOS DE BARRA.	45
<b>3.28</b>	<b>TIERRA O TERRENO.</b>	<b>45</b>
<b>3.29</b>	<b>CONEXIÓN DE TANQUES Y RECIPIENTES A LA RED DE TIERRA.</b>	<b>46</b>
<b>3.30</b>	<b>CONEXIÓN A TIERRA DE MOTORES Y EQUIPO ELÉCTRICO.</b>	<b>46</b>
<b>3.31</b>	<b>PLANTA DE EMERGENCIA AUTOMÁTICA.</b>	<b>46</b>
3.31.1	SISTEMA DE BATERÍAS PARA ARRANQUE Y CONTROL.	47
3.31.2	SISTEMA DE PROTECCIÓN, CONTROL DE ARRANQUE Y PARO.	47
3.31.3	SISTEMA DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA.	47
<b>3.32</b>	<b>TRANSFORMADOR.</b>	<b>48</b>
3.32.1	TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS.	48
3.32.2	CONEXIONES DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS.	48
3.32.3	TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO.	48
<b>3.33</b>	<b>SUBESTACIÓN.</b>	<b>49</b>
3.33.1	ACOMETIDAS.	49
<b>3.34</b>	<b>GENERADORES LOCALES.</b>	<b>49</b>
<b>3.35</b>	<b>CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.</b>	<b>50</b>
<b>3.36</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE MÉXICO.</b>	<b>51</b>
<b>3.37</b>	<b>SIMBOLOGÍA</b>	<b>52</b>
<b>3.38</b>	<b>SOFTWARE CAD</b>	<b>53</b>
3.38.1	CAD 2D	53
3.38.2	CAD 2.5D	53
3.38.3	CAD 3D	53
3.38.4	MODELOS DE ALAMBRE Y SUPERFICIE EN 3D	53

3.38.5	MODELADO DE SÓLIDOS	53
3.38.6	DWG	53
<b>4</b>	<b>MÉTODOS DE CÁLCULO</b>	<b>54</b>
<b>4.1</b>	<b>CÁLCULO DE ALUMBRADO POR EL MÉTODO DE LÚMENES.</b>	<b>54</b>
4.1.1	ILUMINANCIA/ILUMINACIÓN.	54
4.1.2	CÁLCULO DEL FLUJO LUMINOSO TOTAL NECESARIO.	54
4.1.3	LA INTENSIDAD DE ILUMINACIÓN O EL NIVEL DE ILUMINANCIA MEDIA $E$ .	55
4.1.4	SISTEMAS DE ILUMINACIÓN.	55
4.1.5	ÍNDICE DEL LOCAL (K).	55
4.1.6	FACTOR DE REFLEXIÓN ( $K_F$ ).	56
4.1.7	DETERMINAR EL COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN ( $\eta, CU$ ).	56
4.1.8	DETERMINAR EL FACTOR DE MANTENIMIENTO (FM) O CONSERVACIÓN DE LA INSTALACIÓN.	56
4.1.9	DISTANCIA MÁXIMA DE SEPARACIÓN ENTRE LAS LUMINARIAS.	56
4.1.10	DISTRIBUCIÓN DE LAS LUMINARIAS.	57
<b>4.2</b>	<b>CURVAS DE DISTRIBUCIÓN DE LUZ.</b>	<b>57</b>
<b>4.3</b>	<b>DIAGRAMAS DE ILUMINACIÓN.</b>	<b>57</b>
<b>4.4</b>	<b>DIAGRAMAS ISOLUX.</b>	<b>58</b>
<b>4.5</b>	<b>CARGAS EN CIRCUITOS.</b>	<b>58</b>
4.5.1	CÁLCULO DE CONDUCTORES POR CAÍDA DE TENCIÓN.	58
4.5.2	CÁLCULO POR AMPACIDAD.	59
4.5.3	FACTORES DE CORRECCIÓN DE TEMPERATURA AMBIENTE.	59
<b>4.6</b>	<b>CIRCUITOS DERIVADOS.</b>	<b>59</b>
4.6.1	FACTOR DE DEMANDA PARA CARGA DE APARATOS ELÉCTRICOS.	60
4.6.2	DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN DEL CIRCUITO.	60
4.6.3	CARGAS DE ALUMBRADO PARA LUGARES ESPECÍFICOS.	60
4.6.4	APARATOS O CARGAS ESPECÍFICAS.	60
4.6.5	FACTOR DE DEMANDA DE CARGAS DE ALUMBRADO.	60
<b>4.7</b>	<b>MOTORES.</b>	<b>60</b>
4.7.1	CALIBRE DE CONDUCTOR DE ALIMENTADOR SE CALCULA PARA UNA CORRIENTE:	61
4.7.2	CALIBRE DE CONDUCTOR MOTORES DE ELEVACIÓN Y TRANSPORTE.	61
4.7.3	PROTECCIÓN DEL ALIMENTADOR PARA EL MOTOR.	61
4.7.4	PARA INTERRUPTOR DE CAJA MOLDEADA:	61
4.7.5	PARA FUSIBLE CON RETARDO DE TIEMPO:	61
4.7.6	DESCONECTADOR DEL MOTOR.	61
<b>4.8</b>	<b>NÚMERO DE CONDUCTORES EN LAS CAJAS DE SALIDA, DE DISPOSITIVOS Y DE EMPALME.</b>	<b>62</b>
4.8.1	CÁLCULOS DEL VOLUMEN DE LA CAJA.	62
4.8.2	CÁLCULOS DE LA OCUPACIÓN DE LA CAJA.	62
<b>4.9</b>	<b>TRANSFORMADOR.</b>	<b>62</b>
4.9.1	FACTOR DE SIMULTANEIDAD (KS).	62
4.9.2	CORRIENTE EN LOS TERMINALES DE UN TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN AT/BT.	63
4.9.3	CÁLCULO DE CORRIENTE MÁXIMA DE CORTOCIRCUITO.	63
4.9.4	CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO POR MVA'S.	63
4.9.5	DESBALANCE ENTRE CARGAS.	63
4.9.6	PROTECCIÓN.	64
<b>4.10</b>	<b>DIMENSIONADO DE PLANTA DE EMERGENCIA.</b>	<b>64</b>
<b>5</b>	<b>ANÁLISIS DE PROYECTO; UNIDAD DE MEDICINA FAMILIAR (UMF) 22, GUADALAJARA JALISCO</b>	<b>65</b>
<b>5.1</b>	<b>IDENTIFICACIÓN DE LAS ÁREAS LOCALES Y SUS CARACTERÍSTICAS:</b>	<b>65</b>

<b>5.2 SELECCIÓN DE ESQUEMA DE CONEXIÓN A TIERRA.</b>	<b>68</b>
<b>5.3 CÁLCULO DE ILUMINACIÓN.</b>	<b>68</b>
5.3.1 EJEMPLO DE APLICACIÓN DE APARTADOS 4.1- 4.1.10.	71
<b>5.4 DESIGNACIÓN DE TUBERÍAS.</b>	<b>74</b>
<b>5.5 DETERMINACIÓN DE LA CARGA</b>	<b>77</b>
5.5.1 EJEMPLO DE CÁLCULO DE CARGA: ÁREA DE ADMISIÓN.	77
<b>5.6 DISTRIBUCIÓN DE CIRCUITOS</b>	<b>78</b>
<b>5.7 SELECCIÓN DEL CONDUCTOR.</b>	<b>80</b>
5.7.1 EJEMPLO DE CÁLCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN ÁREA DE ADMISIÓN CIRCUITO A-9.	80
5.7.2 CORRIENTE MÁXIMA POR CIRCUITO EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA.	81
5.7.3 CORRECCIÓN DE CORRIENTE POR AGRUPAMIENTO.	81
<b>5.8 CALCULO DEL NÚMERO MÁXIMO DE CONDUCTORES ALOJADOS EN TUBERÍA CONDUIT.</b>	<b>82</b>
<b>5.9 CEDULA DEL CABLEADO.</b>	<b>82</b>
<b>5.10 CALCULO DE PROTECCIONES DE CIRCUITOS.</b>	<b>83</b>
<b>5.11 DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DEL TRANSFORMADOR:</b>	<b>84</b>
<b>5.12 SELECCIÓN DE LA PLANTA ELÉCTRICA.</b>	<b>85</b>
5.12.1 DETERMINACIÓN DEL DIAGRAMA UNIFILAR	86
<b>5.13 CALCULO DE CORTO CIRCUITO.</b>	<b>87</b>
<b>5.14 PROTECCIONES TRANSFORMADOR Y ALIMENTADORES.</b>	<b>88</b>
<b>5.15 INSTALACIÓN DE PLANTA DE EMERGENCIA.</b>	<b>88</b>
<b>5.16 CONCLUSIÓN DEL CAPITULO.</b>	<b>90</b>
<b>6 CONCLUSIÓN</b>	<b>91</b>
<hr/>	
<b>7 GLOSARIO</b>	<b>92</b>
<hr/>	
<b>8 ANEXOS</b>	<b>93</b>
<hr/>	
<b>9 REFERENCIAS</b>	<b>99</b>
<hr/>	



## OBJETIVO

---

Manifestar los requisitos y las condiciones pertinentes para el diseño de instalaciones eléctricas en edificios, partes de edificios o unidades móviles que proporcionan servicios médicos, tales como:

- Clínicas.
- Consultorios médicos o dentales.
- Establecimientos de atención limitada.
- Establecimientos para la atención médica de pacientes ambulatorios.
- Hospitales.
- Unidades de atención.

Con la finalidad de proponer un punto de partida (o ampliar el conocimiento) acerca de los riesgos que hay que evitar y que tienen lugar dentro de determinadas áreas de atención al paciente, de la siguiente manera:

1- La descripción de la clasificación de las instituciones de salud en México; áreas que alojan, nivel de atención brindada, además de conceptos como: impedancia del cuerpo, macroshock, microshock, sistema eléctrico aislado y porque su implementación es obligatoria dentro de quirófanos, salas de parto, consultorios especializados, etc., dentro de las áreas de atención médica, su relación y los riesgos presentes.

2.- La mención y uso de lo indicado por las Normas Oficiales Mexicanas destinadas a la utilización de la energía eléctrica, fijando la atención principalmente a la infraestructura con que se debe contar para ofrecer las condiciones adecuadas de seguridad para pacientes y personal que labora dentro de los espacios y áreas de atención médica.

3.- Citar y explicar los conceptos que caracterizan una instalación eléctrica: circuitos derivados, materiales, finalidad, longitud del circuito, potencia, corriente, riesgos eléctricos, voltaje, prioridad de circuitos, selectividad, islas en red, sistema aislado, cantidad de contactos, fuente de emergencia, distribución de la instalación, entre otros, así como determinar los métodos de cálculo correspondientes como punto de partida para el diseño de estas.

4.- La realización del diseño de la instalación eléctrica para una unidad de medicina familiar (UMF), proponiendo una metodología de análisis principales en donde se observe la aplicación de los conceptos ya descritos para las áreas más comunes, los niveles de iluminación y carga eléctrica (demandada de carga dentro de estas, la selectividad de los circuitos, el cálculo de conductores, tuberías, sistema de emergencia, ubicación de tablero, etc.), en relación a lo especificado en las normas, esperando que de esta manera pueda ayudar a mis compañeros a contar con una visión menos aproximada y más cabal a la hora de realizar sus proyectos.

## JUSTIFICACIÓN

---

A nivel mundial existen diferentes normas diseñadas para evitar los potenciales accidentes eléctricos al hacer uso de la energía eléctrica, a su vez nuestra República Mexicana cuenta con su propia normalización adaptada a las características medioambientales y eléctricas presentes en nuestro país, sin embargo, de los diferentes problemas eléctricos que se tienen dentro de los espacios destinados a brindar atención médica en México, parecieran ser los más comunes; “carencia de atención e importancia”, pues se hacen mención recurrentemente a: “áreas fuera de servicio o áreas sobrecargadas”, por lo que supongo, no se prevé el mantenimiento adecuado o posiblemente se le da hasta que la instalación ya presenta problemas.

Es por esto por lo que decido que, además de exponer los criterios y factores básicos característicos del diseño de instalaciones eléctricas mencionados en las Normas Oficiales Mexicanas, recalco la necesidad de tomar precauciones adicionales (las cuales se tornan de vital importancia) para el resguardo de la salud humana, en todos aquellos espacios en donde se lleven a cabo ejercicios para la atención médica, como lo son;

- Centros de salud.
- Clínicas.
- Consultorios independientes.
- Espacios improvisados (en ocasiones).
- Hospitales.
- Unidades de atención médica.

Pues, aunque a lo largo de la carrera se nos ha hablado de los daños, riesgos y precauciones que debemos tener al estar en contacto con la corriente eléctrica o al hacer uso de aparatos eléctricos, algunos ingenieros, técnicos e inclusive personal médico desconocen o ignoran la existencia de factores que pueden suscitar accidentes dentro de algunas áreas de atención para la salud inmersas en dichos establecimientos, por mencionar algunas se tienen;

- Departamentos de emergencia.
- Lugares húmedos.
- Laboratorios cardiovasculares.
- Salas de procedimientos especiales.
- Unidades de diálisis.
- Unidades de cuidados intensivos (UCI).
- Unidades de cuidados de coronarias (UCC).

En donde además de contar con los riesgos clásicos de las instalaciones eléctricas (desgaste de aislamiento, mal uso, tendencia a sobrecarga, mala ejecución, etcétera) el equipo eléctrico en los hospitales recibe en ocasiones (si no es que en la mayoría de las veces) un excesivo abuso físico, poniendo así también en riesgo la vida del paciente.

Y es que, como sabemos la cantidad de daño al cuerpo humano depende de la intensidad de corriente, el tiempo de contacto y zona de descarga, sin embargo, dentro de las áreas previamente mencionadas, una corriente medida aún bajo el orden de los **microampers** podría ser mortal, esto sucede porque al momento de realizar algún procedimiento quirúrgico u algún otro procedimiento que involucre introducir equipo médico al cuerpo la resistencia de este se reduce, pues la piel (donde se encuentra la mayor cantidad de resistencia del cuerpo) se vuelve “despreciable”. Esta combinación de elementos tales como: resistencia del cuerpo reducida, equipo eléctrico y conductores como la sangre, la orina, sales y agua, resumen el medio ambiente del paciente como un objetivo primario para los accidentes eléctricos.

A pesar de que los equipos y aparatos eléctricos y electrónicos se rigen por normas y especificaciones exclusivas (uso y fabricación), dado que no existe un sistema eléctrico perfecto o un equipo infalible para eliminar los accidentes eléctricos de los hospitales.

Para lograr esto, me apoyo no solo en la normatividad nacional, sino que también tomo en cuenta señalamientos de otras normas de carácter internacional, así como información de fuentes como: artículos, manuales y libros, referentes al tema pues de no cumplir con lo estipulado en las normas las consecuencias van más allá de los accidentes eléctricos, como la negación del servicio eléctrico e inclusive la clausura del área o todo hospital.

# INTRODUCCIÓN

---

Durante los años veinte y treinta, el número de incendios y explosiones en las salas de operación creció a una velocidad alarmante. Las autoridades determinaron que las causas principales de estos accidentes cayeron en dos categorías:

- La electricidad producida por el hombre.
- La electricidad estática (75% de los incidentes registrados).

Los principales contribuyentes a los accidentes eléctricos en hospitales son: el equipo en mal estado y el alambrado defectuoso y los más comunes son por corrientes de fuga en el equipo. Los accidentes eléctricos caen en tres categorías:

- Choque.
- Incendios.
- Quemaduras.

En la actualidad los hospitales, son una de las instalaciones de misión crítica más importantes debido a que su labor principal es salvar la vida humana, el desarrollo tecnológico de la medicina ha dado lugar a la aparición de equipos electrónicos que se aplican al paciente para efectuar terapia, monitoreo o diagnóstico permitiendo así un mejor tratamiento, pero también implicando riesgo de una descarga eléctrica (los pacientes convalecientes o en tratamiento médico presentan en su cuerpo una resistencia muy baja al flujo de la corriente eléctrica), en el caso de presentarse una falla a tierra en los equipos eléctricos que están a su alrededor las instalaciones eléctricas de estos deben garantizar:

- Seguridad y confort tanto para pacientes como empleados.
- Rentabilidad optimizando el consumo eléctrico y la inversión hecha mediante la reducción de costos debidos al ciclo de vida de la instalación y al mantenimiento.
- Continuidad y calidad eléctrica que evite la interrupción del servicio (tomando en cuenta que la operación de un hospital es durante los 365 días del año durante las 24 horas del día) así como, descomposturas o altos costos de mantenimiento de los equipos especializados utilizados.
- Flexibilidad y versatilidad ante posibles cambios y modificaciones futuras provenientes de los avances tecnológicos en medicina e informática.
- Minimización en el impacto ambiental (ruidos, emisión de humos, impacto visual, etc.).

El sistema de salud en México está conformado por instituciones públicas y privadas a las cuales los mexicanos pueden acudir en busca de recibir la atención médica calificada para resolver sus problemas de salud. La Secretaría de Salud (SSA) es la institución rectora y tiene a su cargo la elaboración de las normas que rigen y regulan el Sistema Nacional de Salud, así como la evaluación de la prestación de servicios públicos y privados, también provee atención sanitaria a la población denominada abierta, quienes carecen de aseguramiento. [1]

Según el Consejo de Salubridad General de la Secretaría de Salud, sólo 246 de cuatro mil hospitales están certificados por ese organismo, pero únicamente 38 tienen una certificación homologada a los estándares de la Joint Commission International y nada más 14 están certificados también por esa organización. Las estadísticas revelan por sí mismas que tres mil 754 hospitales, públicos y privados, no están certificados ni por el Consejo de Salubridad General de la Secretaría de Salud, ni por la Joint Commission International, organización no gubernamental sin fines de lucro que certifica hospitales de todo el mundo, esto quiere decir, que existe un amplio número de clínicas que no cumplen con las normas mínimas de infraestructura, equipamiento, calidad, higiene ni seguridad, lo que implica un riesgo para los pacientes. [2]

## RIESGO ELÉCTRICO.

Es la posibilidad de que se produzca un contratiempo o una desgracia, de que alguien o algo sufra perjuicio o daño por el uso de la electricidad.

Para que la electricidad produzca efectos en el cuerpo humano se requiere que la persona forme parte del circuito por medio de dos o más puntos de contacto y que exista una diferencia de potencial entre por lo menos dos de dichos puntos, los efectos varían según sea la magnitud de corriente en juego, el tiempo de contacto y la frecuencia de la corriente.

Pues el cuerpo humano está interconectado por medio de un conjunto organizado de células conductoras de electricidad (sistema nervioso) las cuales envían la información necesaria para su correcto funcionamiento a través de carga eléctrica, positiva y negativa (iones).

Ejemplo; el músculo cardíaco, cuyas contracciones son el resultado del sistema eléctrico biológico. [3]

#### IMPEDANCIA TOTAL DEL CUERPO

El cuerpo actúa como un semiconductor resistencia al flujo de corriente, la impedancia interna (órganos, huesos, sangre, etc.) más la de la piel suman la impedancia total, factores como: edad, sexo, estado de la superficie de contacto, tensión aplicada, humedad, suciedad, trayectoria de la corriente, alcohol en sangre, presión de contacto, etc. Varían el valor de esta y van desde los 500 hasta los 3000 ohm, el reglamento electrotécnico de baja tensión (de valor medio) fija el valor de la resistencia eléctrica del cuerpo humano en 2.500 Ohms.

#### FIBRILACIÓN VENTRICULAR

Es una afección reversible no espontánea del corazón, durante el cual el músculo cardíaco se contrae desordenadamente, provoca que la sangre deje de bombearse y al negar la circulación sanguínea adecuada, el suministro de oxígeno al cuerpo comienza a descender, dando como resultando desde desmayos hasta la muerte (esta es considerada la principal causa de muerte en el caso de la electrocución).

INTENSIDAD (mA)	DURACIÓN	EFFECTOS
0 – 0.5	Independiente	Umbral de percepción. No provoca ninguna sensación. Sin consecuencias.
0.5 – 10	Independiente	Cosquilleos, calambres y movimientos musculares reflejos.
10 – 15	Independiente	Umbral de no soltar.
15 – 25	Minutos	Contracción de brazos y piernas. Dificultad de respiración. Aumento de la tensión arterial. Límite de tolerancia.
25 – 50	Segundos a minutos	Irregularidades cardíacas. Aumento de la tensión arterial. Fuerte efecto de tetanización. Inconsciencia. Inicio de fibrilación ventricular
50 – 200	Menos de un ciclo cardíaco	No se produce fibrilación ventricular. Fuertes contracciones musculares.
	Mas de un ciclo cardíaco	Fibrilación ventricular. Inconsciencia. Marcas visibles. Inicio de electrocución independiente de la fase de ciclo cardíaco.
200 – 1000	Menos de un ciclo cardíaco	Fibrilación ventricular. Inconsciencia. Marcas visibles. Inicio de electrocución independiente de la fase de ciclo cardíaco. Iniciación solo en fase sensitiva.
	Mas de un ciclo cardíaco	Paro cardíaco reversible. Inconsciencia: marcas visibles. Quemaduras. Alto riesgo e muerte
1000 - 5000	Independiente	Quemaduras muy graves. Parada cardíaca con elevada probabilidad de muerte.

Tabla 1. Efectos fisiológicos de la corriente alterna (50Hz-60Hz). [4]

#### CORRIENTES DE FUGA

El equipo eléctrico operando alrededor del paciente aun cuando trabaje perfectamente, puede ser peligroso. Esto es debido a que cada pieza de equipo eléctrico produce una corriente de fuga. La fuga consiste en cualquier corriente, incluyendo la corriente acoplada capacitivamente, que no es para aplicarse al paciente, pero la cual podría pasar desde partes metálicas expuestas de un aparato hacia tierra o hacia otra parte accesible de un aparato. Normalmente, esta corriente se deriva alrededor del paciente a través de un conductor de tierra en el cable de energía. Sin embargo, conforme esta corriente aumente puede llegar a ser riesgosa para el paciente y para el personal, ya que algunas veces se provocan incendios por explosiones causadas por la interacción de esta con la anestesia.

Las técnicas quirúrgicas por lo regular no consideran la resistencia del cuerpo del paciente y lo expone a la corriente eléctrica del equipo circundante. En vista del creciente uso de equipos, tales como monitores cardiacos, inyectores de tinte y catéter cardiaco aumenta la amenaza de electrocución cuando se usan dentro del sistema circulatorio (el choque puede darse de forma directa). El paciente más susceptible es el que está expuesto a conductores externos, el mayor riesgo es para los pacientes a los que se les practica cirugía dentro de la cavidad torácica.

El grado de susceptibilidad varía desde tener una sonda eléctrica o un catéter conectado al músculo del corazón, hasta el tener electrodos adheridos a la piel después de que se ha aplicado la pasta conductora. Los pacientes que son anestesiados o inmovilizados por una enfermedad, limitación o una terapia con medicamentos, también tienen un grado mayor de susceptibilidad eléctrica que los individuos normales. Tales pacientes no pueden por sí mismos evitar o apartarse de un riesgo eléctrico que podría ser relativamente menos dañino para una persona saludable. [5]

Los sistemas aislados se usan comúnmente para la protección de choques eléctricos en diversas áreas, dentro de las que principalmente se encuentran:

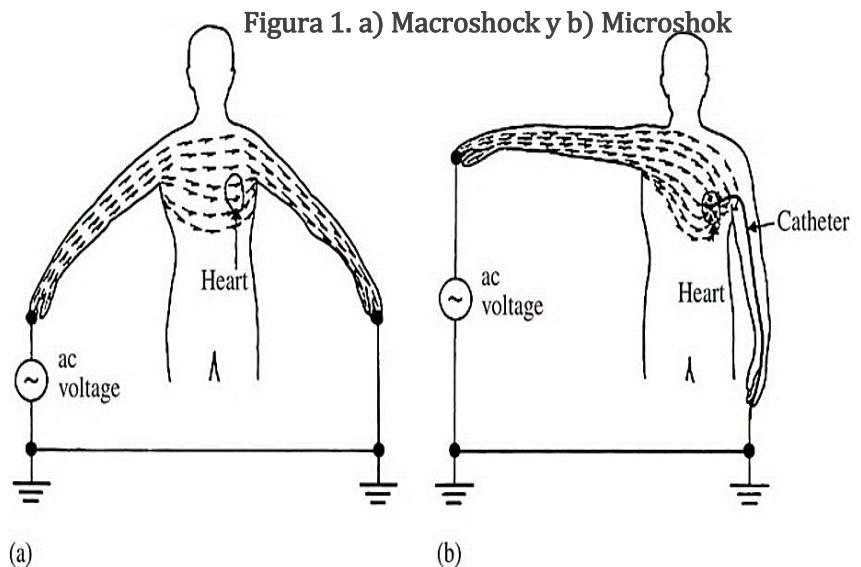
- Departamentos de emergencia.
- Laboratorios cardiovasculares.
- Lugares húmedos.
- Quirófano.
- Salas de procedimientos especiales.
- Unidades de diálisis.
- Unidades de cuidados intensivos (UCI).
- Unidades de cuidados de coronarias (UCC).

#### MACROSHOCK

Está relacionado con la circulación de corriente en la superficie corporal, donde sólo una fracción de la corriente pasa por el corazón, tiene lugar habitualmente por pérdida de aislamiento o fallas.

#### MICROSHOCK

Se refiere a aquellos casos en los que, al tener un catéter conectado al corazón, una pequeña corriente puede ocasionar grandes daños al paciente e incluso la muerte tiene lugar cuando existe una inadecuada equipotencialización, tiene lugar aunque las condiciones de aislamiento y funcionamiento sean las correctas.



Existe gran controversia acerca del nivel de peligro real para un paciente que tiene una conexión eléctrica directa a su corazón. Los niveles de riesgo mínimos que se mencionan parecen estar en  $10 \mu\text{A}$  con un nivel máximo dado de  $180 \mu\text{A}$ . Cualquiera que sea el nivel correcto entre  $10 \mu\text{A}$  y  $180 \mu\text{A}$ , éste es sólo una fracción del nivel que es riesgoso para los médicos y ayudantes que atienden al paciente. El límite de electrocución se ha fijado a  $30 \text{ mA}$  en condiciones normales, se ha reducido el voltaje máximo de contacto permitido en recintos médicos, ya que los pacientes pueden estar débiles o enfermos.

#### CONCLUSIÓN:

Como se puede apreciar, están latentes ciertos riesgos al brindar y/o recibir atención médica, a su vez estos involucran aleatorias consecuencias (graves en su mayoría), para evitar una situación de riesgo en condiciones normales, se deben utilizar artefactos eléctricos que garanticen una excelente conexión a tierra con valor de resistencia muy bajo, características que brindan los artefactos clasificados como "Grado Hospital", un ejemplo; los contactos de grado hospital que se identifican con un punto verde en su cara.

# 1 NORMATIVIDAD

---

Es bien sabido que las instalaciones eléctricas son las únicas que existen en prácticamente cualquier obra, sin embargo, la mayoría de las empresas de construcción las perciben solo como un requisito más con el que deben cumplir a pesar de que la ley Federal sobre Metrología Y Normalización junto con su reglamento constituyen el marco legal para su construcción, las normas que regulan las instalaciones eléctricas son:

## 1.1 LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS (NOM).

El objeto de las NOM es regular y establecer reglas, especificaciones, directrices y características aplicables a un producto, proceso o servicio de alta especificidad técnica para dar cumplimiento a las obligaciones establecidas en los reglamentos o en la ley. Su existencia práctica radica en que el presidente de la República no puede realizar personalmente todos los actos que permitan “proveer a la exacta observancia de las leyes en la esfera administrativa”, máxime cuando la regulación involucra cuestiones técnicas que pueden variar de manera constante y emergente. Esta dinámica requiere de una respuesta pronta que ni el poder Legislativo ni Ejecutivo pueden dar siguiendo los procesos comunes de creación de leyes y reglamentos. En pocas palabras son disposiciones generales de tipo técnico expedidas por dependencias de la administración pública federal.

### 1.1.1 NOM-001-SEDE-2012, INSTALACIONES ELÉCTRICAS (UTILIZACIÓN).

El objetivo de esta NOM es establecer las especificaciones y lineamientos de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica, a fin de que ofrezcan condiciones adecuadas de seguridad para las personas y sus propiedades, en lo referente a la protección contra:

- Descargas eléctricas
- Efectos térmicos
- Sobrecorrientes
- Corrientes de falla
- Sobretensiones

#### 1.1.1.1 ARTÍCULO 517-NOM-001-SEDE-2012 INSTALACIONES EN ESTABLECIMIENTOS DE ATENCIÓN DE LA SALUD.

Las disposiciones de este Artículo establecen criterios para la construcción e instalaciones eléctricas en establecimientos de atención de la salud de seres humanos.

### 1.1.2 NOM-007-ENER-2014, EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA SISTEMAS DE ALUMBRADO EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES.

Establece niveles de eficiencia energética en términos de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) que deben cumplir los sistemas de alumbrado de edificios no residenciales nuevos, ampliaciones y modificaciones de los ya existentes, con el propósito de que sean proyectados y construidos haciendo un uso eficiente de la energía eléctrica, mediante la optimización de diseños y la utilización de equipos y tecnologías que incrementen la eficiencia energética sin menoscabo de los niveles de iluminancia requeridos.

Establece el método de cálculo para la determinación de la Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) de los sistemas de alumbrado de edificios nuevos no residenciales, ampliaciones y modificaciones de los ya existentes con el fin de verificar el cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana.

### 1.1.3 NOM-025-STPS-2008, CONDICIONES DE ILUMINACIÓN EN LOS CENTROS DE TRABAJO.

Esta norma establece los requerimientos de iluminación en las áreas de los centros de trabajo, para que se cuente con la cantidad de iluminación requerida para cada actividad visual, a fin de proveer un ambiente seguro y saludable en la realización de las tareas que desarrollen los trabajadores.

1.1.4 NOM-005-SSA3-2016, QUE ESTABLECE LOS REQUISITOS MÍNIMOS DE INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO DE ESTABLECIMIENTOS PARA LA ATENCIÓN MÉDICA DE PACIENTES AMBULATORIOS.

Esta norma tiene por objeto establecer los requisitos mínimos de infraestructura y equipamiento que deben cumplir los establecimientos para la atención médica, que proporcionen servicios a pacientes ambulatorios.

1.1.5 NOM-197-SSA1-2000. QUE ESTABLECE LOS REQUISITOS MÍNIMOS DE INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO DE HOSPITALES Y CONSULTORIOS DE ATENCIÓN MÉDICA ESPECIALIZADA.

Esta Norma Oficial Mexicana tiene por objeto establecer los requisitos mínimos de infraestructura y de equipamiento para los hospitales y consultorios que presten atención médica especializada, es obligatoria para todos los hospitales de los sectores público, social y privado, cualquiera que sea su denominación, que realicen internamiento de enfermos para la ejecución de los procesos de diagnóstico, tratamiento médico o quirúrgico, o rehabilitación y para los consultorios que presten atención médica especializada.

*Las siguientes normas a pesar de ser de carácter internacional pueden tomarse como referencia para reforzar lo indicado en las NOM:*

## 1.2 NORMAS COMPLEMENTARIAS

Se cuenta con normas nacionales complementarias como las de la compañía que suministra la energía eléctrica COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD (CFE) las cuales exigen el cumplimiento de las disposiciones indicadas anteriormente para poder aprobar la conexión y las Normas Mexicanas (NMX) que sólo expresan una recomendación de parámetros o procedimientos.

Algunos equipos utilizados en aplicaciones hospitalarias también cuentan con sus propias normas de fabricación, por ejemplo: la norma de la International Electrotechnical Commission **IEC 60601-1**, que clasifica los tipos de aislamiento de acuerdo con el tipo de protección contra shocks eléctricos.

### 1.2.1 NORMA UL 544 STANDARD FOR SAFETY MEDICAL AND DENTAL EQUIPMENT.

Establece los requisitos que deben cubrir los equipos médicos y dentales eléctricos destinados al uso profesional por personal de hospitales, hogares de ancianos, centros de atención médica, oficinas médicas y dentales e instalaciones de atención médica similares, incluidos los aparatos destinados a ser utilizados con equipos que administran oxígeno. El equipo cubierto es para uso en sistemas de cableado interior de acuerdo con el Código Eléctrico Nacional. Estos requisitos cubren los equipos portátiles (conectados por cable) clasificados a 300 V o menos y los equipos conectados permanentemente con capacidad de 600 V o menos.

### 1.2.2 NFPA NO. 99 HEALTH CARE FACILITIES CODE.

Este reglamento publicado por la Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA-National Fire Protection Association), está incluido como una referencia en el Código Eléctrico Nacional, artículo 517, y en el artículo 517 de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999. La NFPA No. 99 se orienta hacia el incendio, explosión y seguridad eléctrica en hospitales. Consolida doce documentos o normas individuales de NFPA en un solo documento.

## CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO.

En este apartado hago mención de normas tanto nacionales como internacionales, pues lo conveniente es cumplir con la mayoría de los estándares posibles asegurando de esta manera la prioridad del resguardo de la seguridad, no obstante, nunca deben perderse de vista los requerimientos nacionales pues son el principal punto de partida ya que sin estos la instalación podría ser sancionada, clausurada e inclusive podría negársele el suministro eléctrico.

## 2 CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS, A PARTIR DE LAS CARACTERÍSTICAS EMPLEADAS ACORDE AL NIVEL DE ATENCIÓN MEDICA OFRECIDO POR EL SISTEMA NACIONAL DE SALUD.

---

### 2.1 CLASIFICACIÓN DE INSTITUCIONES DE SALUD EN MÉXICO.

Dentro del Sistema Nacional de Salud existen tres niveles de atención comprende lo que a grandes rasgos se define como Medicina Preventiva (nivel 1-Centros de Salud), Medicina General (nivel 2-Hospitales) y Medicina de Alta Especialidad (nivel 3-Unidades Médicas de Alta Especialidad). [1]

#### 2.1.1 PRIMER NIVEL DE ATENCIÓN.

Lo constituyen las Unidades de Medicina Familiar (IMSS), Centros de Salud (SSA) y Clínicas Familiares (ISSSTE), en donde se proporcionan los servicios de salud básicos. Son el principal escenario de la salud preventiva y es el nivel en donde se atiende y resuelve 80% de los padecimientos. En estos centros de atención se implementan las medidas preventivas de salud pública, y se detectan las enfermedades que son frecuentes y extendidas como los cánceres de mama y cervicouterino o de próstata, así como las enfermedades que se manifiestan en amplios grupos humanos, como diabetes, obesidad e hipertensión. El primer nivel es la puerta de entrada al Sistema Nacional de Salud. Desde el primer nivel se remite, a quien así lo requiera, al segundo o tercer nivel de atención. [1]

#### 2.1.2 SEGUNDO NIVEL DE ATENCIÓN.

Corresponde a los Hospitales Generales, Regionales, Integrales, Comunitarios; también a los Hospitales Pediátricos, de Gineco-Obstetricia o Materno-Infantiles, así como los Hospitales Federales de Referencia que se localizan en la Ciudad de México y que operan como concentradores para todo el territorio nacional. Se atiende a los pacientes remitidos por los servicios del primer nivel de atención que requieren de procedimientos diagnósticos, terapéuticos y de rehabilitación. Se aplican los métodos de diagnóstico: exámenes clínicos, estudios radiográficos, análisis de laboratorio, interconsultas con especialistas como cardiólogos, neurólogos, nefrólogos, gastroenterólogos, etcétera, de acuerdo con la necesidad de los pacientes. Cuando la enfermedad presenta manifestaciones físicas y se hacen evidentes los signos y síntomas se debe realizar el tratamiento oportuno para limitar el daño y recuperar la salud. Para ello se recurre, de ser necesario, a la internación, al tratamiento quirúrgico o clínico específico. [1]

#### 2.1.3 TERCER NIVEL DE ATENCIÓN.

Es la red de hospitales de alta especialidad con avanzada tecnología. Aquí es donde se tratan enfermedades de baja prevalencia, de alto riesgo y las enfermedades más complejas. En ellos se atiende a los pacientes que remiten los hospitales de segundo nivel. Son los Centros Médicos Nacionales (CMN), Unidades Médicas de Alta Especialidad (UMAES), los Institutos Nacionales de Salud, que se concentran en su mayoría en la Ciudad de México, y los Hospitales Regionales de Alta Especialidad, de los cuales existen actualmente seis en distintas regiones del país. [1]

### 2.2 ÁREAS DE ATENCIÓN DEL PACIENTE.

Son las áreas de las instalaciones en lugares de atención de la salud en las cuales se examina o se trata al paciente; se clasifican como áreas de atención general y áreas de atención crítica, pudiendo ser cualquiera de ellas clasificada como lugares con procedimientos húmedos o mojados. Oficinas, corredores, salones, salas de espera, salas de estar, no se clasifican como lugares de atención al paciente. [6]

- La designación de estas áreas es competencia del director del hospital o director médico o responsable del establecimiento para la atención médica o responsable sanitario en conjunto con el responsable de ingeniería biomédica.



### 2.2.1 ÁREAS DE ATENCIÓN GENERAL.

Al servicio que cuenta con camas censables para atender pacientes internos, proporcionar atención médica con el fin de realizar diagnósticos, aplicar tratamientos y cuidados continuos de enfermería. El paciente está en contacto con dispositivos ordinarios tales como el sistema de llamado a enfermeras, teléfonos y aparatos de entretenimiento. En esta área puede ser necesario que los pacientes estén conectados con equipo médico tales como electrocardiógrafos, aspiradores, monitores de signos vitales, otoscopios, oftalmoscopios, etc.

### 2.2.2 ÁREAS DE ATENCIÓN CRÍTICA.

Son los espacios de atención especial tales como: Terapia Intensiva (adulto, pediátrica y neonatal), Terapia Intermedia, Salas de Operaciones, Área de Recuperación, Cirugía de Corta Estancia, Urgencias, Tococirugía, Unidades de Cuidados Coronarios, Hemodiálisis y Diálisis Peritoneal, Área de Quemados, Salas de Angiografía, Salas de Tomografía Computarizada, Salas de Resonancia Magnética, Gabinete de Radioterapia, y/o áreas similares en las cuales los usuarios (pacientes) estén sujetos a procedimientos invasivos y conectados a equipos médicos de alta tecnología que estén energizados mediante contactos grado hospital. Para el caso de Laboratorios Clínicos, Laboratorios de Citología y/o áreas donde se almacenan reactivos, medicamentos, vacunas, sangre y hemoderivados serán también consideradas áreas de atención crítica. [6]

### 2.2.3 LUGARES CON PROCEDIMIENTOS HÚMEDOS O MOJADOS

Son los locales de atención a pacientes donde normalmente existen condiciones de humedad mientras está presente el paciente. Estas áreas incluyen depósitos con fluidos a nivel del piso o áreas de trabajo que rutinariamente estén húmedas o mojadas, siempre y cuando alguna de estas condiciones esté íntimamente relacionada con el uso de equipos médicos, los pacientes y con el personal. Los procedimientos de limpieza rutinarios y derrames accidentales de líquidos no definen un lugar con procedimientos húmedos o mojados.

## 2.3 ÁREAS DE ANESTÉSICOS INFLAMABLES.

Lugar diseñado para la aplicación por inhalación de cualquier anestésico inflamable, en el curso normal de un examen para diagnóstico o tratamiento al paciente.

### 2.3.1.1 CLASIFICACIÓN DE LUGARES CON ANESTESIA.

#### 2.3.1.2 ÁREAS PELIGROSAS (CLASIFICADAS).

1. Utilización del local. En locales donde se utilicen agentes anestésicos inhalatorios inflamables, el volumen hasta 1.52 metros por encima del piso terminado se debe clasificar como área peligrosa clasificada Clase 1, División 1. El volumen remanente hasta la estructura del techo se considera como un área encima de un área peligrosa (clasificada).

NOTA: Para mayor información consultar los documentos que se señalan en los Apéndices B y E de Nom-001.

2. Locales para almacenamiento. Cualquier cuarto o local en el cual se almacenen agentes anestésicos inhalatorios o agentes desinfectantes inflamables se debe considerar área Clase 1 División 1 todo el volumen de piso a techo. [6]

#### 2.3.1.3 ÁREAS DISTINTAS A LAS PELIGROSAS (CLASIFICADAS).

Cualquier local para aplicación de anestesia por inhalación, diseñado para el uso exclusivo de agentes anestésicos no inflamables, no se debe considerar como área peligrosa (clasificada).

Ambos tipos de lugares de anestesia se pueden clasificar como áreas "húmedas" o "no húmedas". Si se designan como un lugar húmedo se requiere protección eléctrica adicional. La protección aceptable es la misma que la definida por NFPA No. 99.

### ÁREAS DE ATENCIÓN LIMITADA.

Un edificio o parte de él que funciona las 24 horas del día para albergue de personas que sean incapaces de tomar una acción o valerse por sí mismos por vejez, por limitaciones físicas, debido a accidente o enfermedad o limitaciones mentales, tales como enfermedad mental y fármaco dependencia.

## 2.4 RECINTOS MÉDICOS.

A nivel internacional los espacios planeados con propósitos de diagnóstico, tratamiento (incluyendo tratamiento estético), monitorización y cuidado de pacientes se clasifican en 3 grupos (cero, uno y dos). Los recintos médicos miden lo riesgoso de los cuartos dependiendo del tratamiento médico implicado y su relación con el uso de equipo eléctrico, se describen de la siguiente forma:

Grupo 0: Recinto médico donde no está previsto el uso de partes aplicadas (no son necesarios más requisitos) ejemplo: consultorio del médico.

Grupo 1: Recinto médico donde está previsto usar partes aplicadas externamente o invasivamente a cualquier parte del cuerpo, se necesitan algunos requisitos suplementarios (conductores para conexión equipotencial) ejemplo: sala de partos.

Grupo 2: Recinto médico donde está previsto usar partes aplicadas en aplicaciones tales como procedimientos intracardiacos, salas de cirugía y cuidados intensivos donde un corte de la energía (falla) puede causar peligro a la vida (el principal riesgo es debido a pequeñas descargas de las partes aplicadas) ejemplo: quirófano. [7]

La mención de este subtema tiene lugar para hacer notar cierta equivalencia entre estas y las “áreas para atención”, cabe mencionar que no son iguales puesto que en México parece que los grupos 0 y 1 atienden el procedimiento del área de atención general mientras que el grupo dos atiende el área de atención crítica.

## 2.5 CONSULTORIOS DE ESPECIALIDAD

Disposiciones aplicables para consultorios de especialidad, desde el punto de vista de infraestructura se indican tres tipos de consultorios:

Tipo I.- El de medicina general que cuenta con área de interrogatorio y de exploración, conforme a lo establecido en la NOM-178-SSA1-1998.

Tipo II. - El que cuenta con sanitario.

Tipo III. - El que cuenta con anexo para las pruebas funcionales que requiere su especialidad.

## 2.6 CENTRAL DE ESTERILIZACIÓN Y EQUIPOS.

Al conjunto de espacios arquitectónicos con características de asepsia especiales, con áreas y equipos específicos donde se lavan, preparan, esterilizan, guardan momentáneamente y distribuyen equipo, materiales, ropa e instrumental utilizados en los procedimientos médicos quirúrgicos, tanto en la sala de operaciones como en diversos servicios del hospital.

## 2.7 EQUIPO DE SOPORTE DE VIDA.

Equipo necesario para mantener la vida del paciente que debe permanecer en operación continua y óptima. Se considera el siguiente listado de equipos médicos de forma enunciativa más no limitativa: Desfibrilador, Incubadora, Sistema de infusión rápida; Ventiladores para pacientes tales como: de alta frecuencia, volumétricos adultos, pediátrico y neonatal; Máquina de anestesia, Máquina de hemodiálisis, Lámparas quirúrgicas, Unidad de circulación extracorpórea, Microscopio quirúrgico, Torres de laparoscopia, etc. En esta definición se consideran también los equipos de Banco de Sangre para conservación de la sangre y hemoderivados tales como: refrigeradores y congeladores, equipos de laboratorio clínico: tales como: refrigeradores para reactivos, equipos para la conservación de vacunas y medicamentos.

## CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO.

En este apartado se describe la forma en que el sistema nacional de salud administra las instituciones de atención para la salud y las áreas con que cuentan, es necesaria esta información para que en caso de presentarse la oportunidad de diseñar una instalación en el sector privado la incertidumbre al momento de la designación de áreas sea menor recordando que se debe solicitar al personal médico a cargo de esta, la información necesaria para entender los procedimientos que se llevaran a cabo dentro de esta.

### 3 CONCEPTOS ELÉCTRICOS GENERALES

---

#### 3.1 POTENCIA INSTANTÁNEA (p).

Es la razón de cambio de la energía con respecto al tiempo en términos de voltaje y corriente (en la práctica se trabaja con valores eficaces de tensión, corriente y potencia). La potencia instantánea cambia con el tiempo, y por lo tanto es difícil de medir.

$$p(t) = v(t)i(t)$$

Donde:

p = Potencia en watts [W]

i = Corriente eléctrica en amperes [A]

v = Voltaje o tensión en volts [V]

#### 3.2 VALOR EFICAZ O RMS.

El valor eficaz de una corriente periódica es la corriente de CD que suministra la misma potencia promedio a una resistencia que la corriente periódica. El valor eficaz de una señal periódica es su valor medio cuadrático (rms).

$$V_{rms} = \frac{Vm}{\sqrt{2}}$$

Donde:

$V_{rms}$  = Voltaje en valor medio cuadrático

Vm = valor máximo de la señal periódica

#### 3.3 POTENCIA REAL (P).

Es la potencia promedio en watts suministrada a una carga, es la verdadera potencia disipada en la carga y es la única potencia útil.

$$P = V_{rms}I_{rms} \cos(\theta_v - \theta_i)$$

Donde:

P = Potencia activa en watts [W]

i = Corriente eléctrica en amperes [A]

v = Voltaje o tensión en volts [V]

$\theta_v - \theta_i$  = ángulo del factor de potencia

#### 3.4 POTENCIA REACTIVA (Q).

Es una medida del intercambio de energía dado que los elementos de almacenamiento de energía no disipan ni suministran potencia, sino que la intercambian sin pérdidas entre la fuente y la parte reactiva de la carga con el resto de la red. La unidad de Q es el volt-ampere reactivo (VAR), para distinguirla de la potencia real, cuya unidad es el watt.

$$Q = V_{rms}I_{rms} \sin(\theta_v - \theta_i)$$

Donde:

Q = Potencia reactiva en volt-ampere reactivo [VAR]

i = Corriente eléctrica en amperes [A]

v = Voltaje o tensión en volts [V]

$\theta_v - \theta_i$  = ángulo del factor de potencia

#### 3.5 FACTOR DE POTENCIA (FP).

Es el coseno de la diferencia de fase entre la tensión (voltaje) y la corriente. También es igual al coseno del ángulo de la impedancia de la carga (es adimensional), ya que es la proporción entre la potencia promedio y la potencia aparente. Un factor de potencia bajo en una instalación implica un consumo alto de corrientes reactivas y, por lo tanto, el riesgo de incurrir en pérdidas excesivas y sobrecargas en los equipos eléctricos y en las líneas de transmisión y distribución.

$$\text{Factor de potencia} = \frac{P}{S} = \cos(\theta_v - \theta_i)$$

#### 3.6 POTENCIA APARENTE (S).

La potencia aparente se llama así porque aparentemente debería ser el producto voltaje-corriente, por analogía con los circuitos resistivos de cd. Esta potencia se mide en volt-amperes o [VA] para distinguirla de la potencia promedio o real, la cual se mide en watts.

$$S = V_{rms} I_{rms}$$

Donde:  
 $S$  = Potencia aparente o promedio [VA]  
 $V_{rms}$  = Voltaje en valor medio cuadrático  
 $I_{rms}$  = Corriente en valor medio cuadrático

### 3.7 POTENCIA COMPLEJA (S)

Se emplean para hallar el efecto total de cargas en paralelo. La potencia compleja es importante en el análisis de potencia a causa de que contiene toda la información correspondiente a la potencia recibida por una carga dada. Cabe indicar acerca de la ecuación que la magnitud de la potencia compleja es la potencia aparente, y de ahí que la potencia compleja se mida en volt-amperes (VA). Como variable compleja, su parte real representa la potencia real P y su parte imaginaria la potencia reactiva Q. Así mismo, el ángulo de la potencia compleja es el ángulo del factor de potencia.

Es decir:

1.  $Q = 0$  en cargas resistivas (factor de potencia unitario).
2.  $Q < 0$  en cargas capacitivas (factor de potencia adelantado).
3.  $Q > 0$  en cargas inductivas (factor de potencia atrasado). [8]

### 3.8 RESUMEN DE FÓRMULAS:

$$\text{Potencia compleja} = S = P + jQ = \frac{1}{2} VI^* = V_{rms} I_{rms} / (\theta_v - \theta_i)$$

$$\text{Potencia aparente} = S = |S| = V_{rms} I_{rms} = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$\text{Potencia Real} = \text{Re}(S) = S \cos(\theta_v - \theta_i)$$

$$\text{Potencia reactiva} = Q = \text{Im}(s) = S \text{sen}(\theta_v - \theta_i)$$

$$\text{Factor de potencia} = \frac{P}{S} = \cos(\theta_v - \theta_i)$$

### 3.9 SOBRECORRIENTES.

Corrientes mayores a las que soportan los equipos y cables, producto del sobrecalentamiento debido al efecto Joule:

$$Q = I^2 R$$

Donde:  
 $Q$  = Pérdida de energía en forma de calor en el equipo o cable en watts  
 $I$  = Corriente que pasa por el equipo o cable en amperes  
 $R$  = Resistencia eléctrica del equipo o del cable en ohms

#### 3.9.1 SOBRECARGAS.

Son corrientes generalmente continuas, producidas por operar equipos o circuitos a valores más altos que su capacidad máxima de corriente.

#### 3.9.2 CORTOCIRCUITOS.

Es un contacto entre dos o más conductores de un circuito, resultando en un circuito de mucha menor resistencia, lo que produce que la corriente se eleve a valores muy altos, debido a la Ley de Ohm:

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

Donde:  
 $I$  = Corriente que circula por el circuito en amperes  
 $V$  = Tensión que proporciona la fuente al circuito en volts  
 $R$  = Resistencia del circuito corto en ohm

#### 3.9.3 FALLAS A TIERRA.

Son contactos que se producen entre un conductor en tensión eléctrica o vivo y una parte metálica de un equipo o de cualquier objeto, la cual no está diseñada para conducir corriente en condiciones normales. [9]

### 3.10 TUBERÍA CONDUIT.

Conductos cerrados de sección circular, cuyo objeto es alojar y proteger mecánicamente a los conductores eléctricos, limitar los efectos producidos por una falla eléctrica en los conductores y proporcionar, de ser posible, un blindaje a tierra.

Las tuberías Conduit deberán ser soportadas por elementos estructurales, por lo que ninguna tubería Conduit se aceptará soportada por otra tubería o elemento de otras instalaciones, como tuberías de plomería, ductos de aire acondicionado, estructuras de falsos plafones u otros elementos que puedan elevar la temperatura de los conductores y presenten poca estabilidad para la tubería.

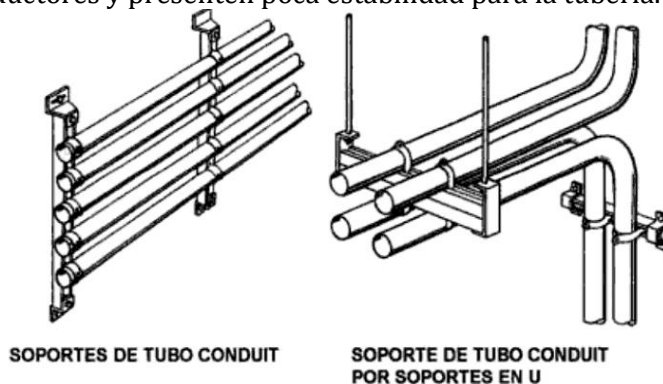


Figura 2. Ejemplo de soportes. [10]

- Salvo que el proyecto o el Instituto indiquen lo Contrario, la sujeción de las tuberías Conduit instaladas en forma aparente se deberá hacer mediante abrazaderas tipo "U", de "uña" o con la soportaría de diseño especial que se señale en proyecto.
- Las abrazaderas deberán quedar a una distancia no mayor de 1.50 m. entre sí. Para cada salida de alumbrado y junto a cada caja de conexión se deberá colocar una abrazadera:



Figura 3. Abrazaderas tipo "U". [10]

- En casa de máquinas principal, cuartos de equipo y lavanderías, en las cuales no exista falso plafón, las tuberías se instalarán visibles combinadas con cajas de aluminio fundido cuando se instalen separadamente o en cajas de registro de lámina al instalarse agrupadas.
- Las tuberías se instalarán en línea recta; cuando después de realizar la coordinación con otras instalaciones o cuando la estructura impida esta trayectoria, se podrán efectuar dobles o cambiar de dirección no se permitirán más de 4 curvas de noventa grados o su equivalente, entre dos registros consecutivos de tubería Conduit.

#### 3.10.1 LA TUBERÍA CONDUIT DE ACERO ROSCADO PARED GRUESA ESMALTADA.

Se utilizará para instalaciones empotradas en losa, complementadas con instalaciones empotradas en muros, en zonas con ambiente seco y no salino.

#### 3.10.2 TUBERÍA CONDUIT DE ASBESTO-CEMENTO.

Debe ser del tipo II de asbesto cemento, para ser utilizado de preferencia en Instalaciones subterráneas de alta resistencia a la corrosión inmune al ataque del suelo y agentes atmosféricos; dieléctrico, no combustible, no inductivo. Instalaciones enterradas en el piso, áreas interiores y exteriores. Puede ser enterrada directamente en el terreno o ahogada en concreto de 5 cm. de espesor, con el fin de absorber esfuerzos mecánicos como por ejemplo en zona de tráfico.

### 3.10.3 LA TUBERÍA CONDUIT PARED GRUESA GALVANIZADA DE ACERO ROSCADO (RMC).

Se utilizará en los siguientes casos:

- Instalaciones visibles
- Instalaciones con partes entre losa y falso plafón combinadas con partes empotradas en muros o piso
- En ambientes húmedos y salinos

### 3.10.4 TUBO CONDUIT EMT (LIVIANO).

A veces llamado Conduit de pared delgada sin rosca, puede ser instalada en interiores o al aire libre, expuesto u oculto, proporciona una protección mecánica a los conductores eléctricos en las instalaciones eléctricas.

### 3.10.5 TUBERÍA CONDUIT FLEXIBLE DE ACERO ENGARGOLADO (TIPO SAPA).

Instalaciones interiores visibles o por falso plafón; sirven para absorber movimientos o vibraciones, conexión de motores o máquinas en las juntas constructivas de los edificios, no es conveniente su empleo en instalaciones exteriores, empotradas en muros o pisos, ni en zonas húmedas. [11]

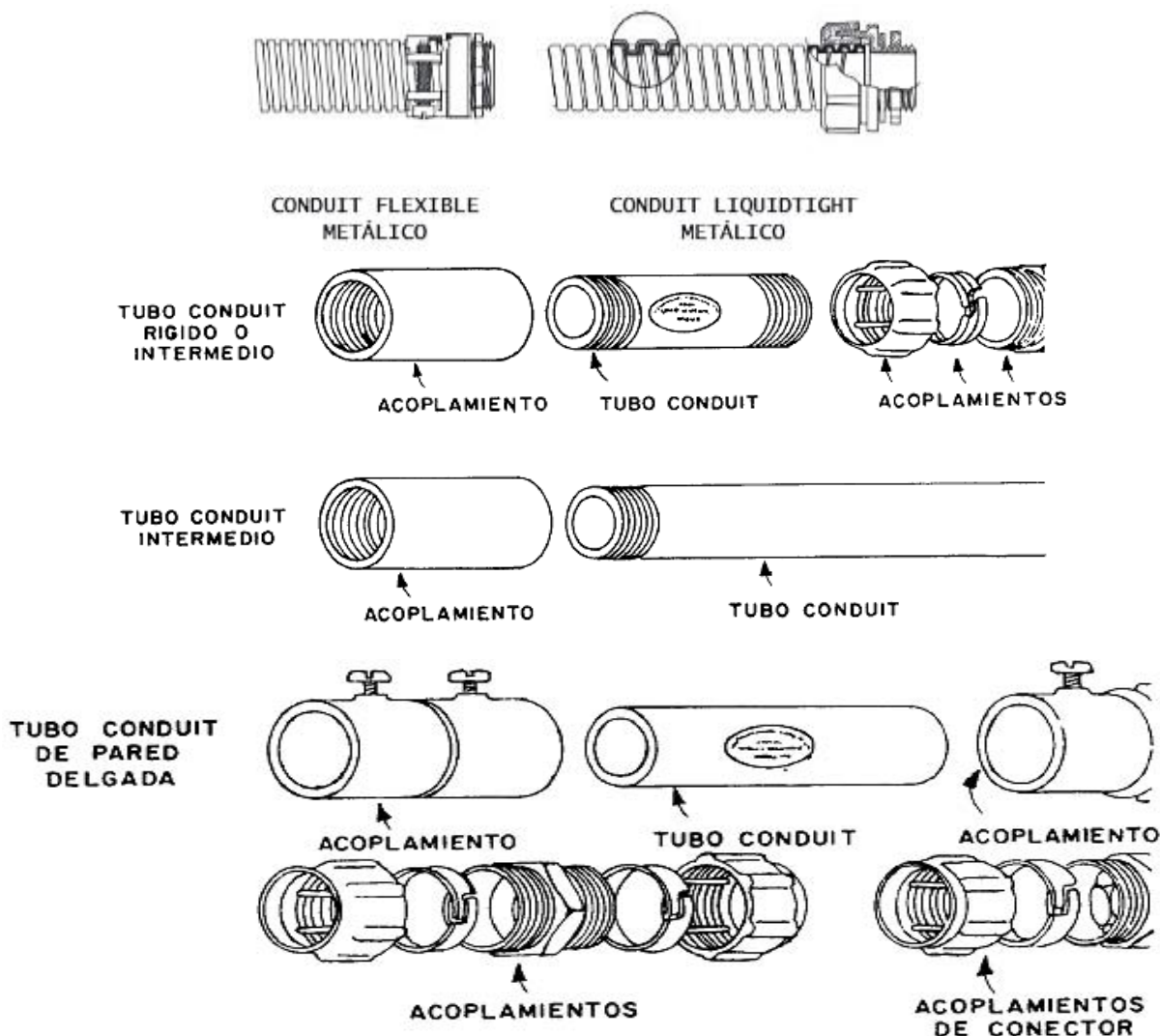


Figura 4. Algunos tipos de tuberías y conectores Conduit. [10]

### 3.11 CAJAS DE REGISTRO.

Recipientes o recintos metálicos o de PVC empleados en las Instalaciones eléctricas para empalmar, dar salida o poder sacar los conductores que estén dentro de tuberías Conduit, alojar Implementos o equipo eléctrico, con el fin de protegerlo y con el objeto de prevenir a las personas de contacto accidental.

Las cajas para usos eléctricos que el IMSS normalmente utiliza se clasifican como tipo A para tubos Conduit y se diferencian también por su forma y dimensiones, así como por la ubicación de las entradas o salidas, además de su uso que puede ser:

- Ordinario
- Especial (destinadas a proteger contactos de piso, a protección contra agua y contra lluvia)

Las cajas registros deberán cumplir con las dimensiones adecuadas a las tuberías y dimensiones que deban contener.

Las cajas redondas o cuadradas de PVC de diferentes dimensiones en instalaciones interiores tipo oculto, se usará únicamente cuando lo Indique el proyecto. Es recomendable en zonas húmedas o con ambientes agresivos. No deben emplearse en instalaciones visibles interiores ni exteriores.

#### 3.11.1 NÚMERO DE CONDUCTORES EN LAS CAJAS DE SALIDA, DE DISPOSITIVOS Y DE EMPALME.

Las cajas deben tener el tamaño suficiente para brindar espacio libre para todos los conductores instalados en ningún caso el volumen mínimo de la caja debe ser menor al volumen de ocupación.

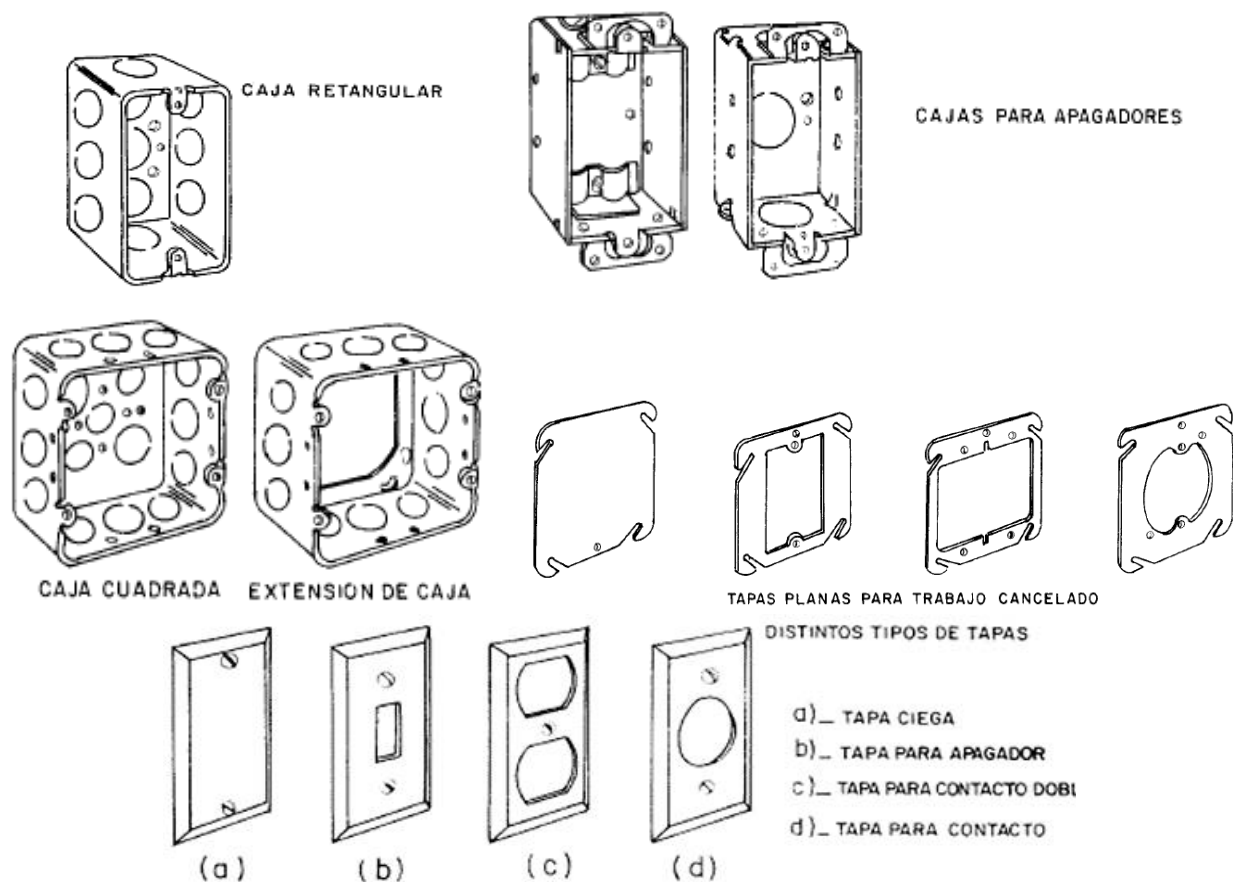


Figura 5. Algunos tipos de cajas y tapas. [10]

### 3.12 DUCTO CUADRADO EMBISAGRADO.

Elemento metálico usado para alojar y proteger mecánicamente los conductores eléctricos. Aplican en instalaciones interiores visibles. Limitándose su empleo a circuitos de alimentación gruesos o a concentraciones de interruptores y arrancadores para facilitar las interconexiones. Debe cumplir con la norma del factor de relleno de 40% máximo, y el cálculo de capacidad del conductor debe realizarse considerando el cable en ducto.

### 3.13 CONDUCTORES.

El flujo de electrones necesita un material, que permita por su medio un fácil desplazamiento de los electrones. Este material, el cual va a soportar el flujo de electrones, es llamado conductor.

#### 3.13.1 MATERIAL DE LOS CONDUCTORES.

Los conductores normalmente utilizados para transportar corriente deben ser de cobre, a no ser que, se indique otra cosa. Si no se especifica el material del conductor, el material y las secciones transversales que se indiquen se deben aplicar como si fueran conductores de cobre. Si se utilizan otros materiales como aluminio o aluminio recubierto de cobre, los tamaños deben cambiarse conforme a su equivalente en cobre.

#### 3.13.2 CONEXIONES ELÉCTRICAS.

Estas deberán hacerse precisamente en las cajas de registro colocados para tal objeto; por ningún motivo se admitirán conexiones eléctricas en el Interior de los tubos Conduit, aun en el caso en que éstas queden perfectamente aisladas.

Salvo que el proyecto Indique lo contrario y previa aprobación del Instituto, cuando la longitud y el número de conductores si lo requiera se usará como lubricante talco, grafito o algún material apropiado que no resulte perjudicial para el aislamiento de los conductores, no está permitido el uso de aceites, manteca vegetal o de animal ni de grasas o lubricantes para facilitar la colocación de los conductores en el tubo Conduit.

Para marcar los conductores se usarán letras y números, los cuales deberán conservarse aun después de hechas las conexiones finales en los tableros, motores, arrancadores, etc.

#### 3.13.3 LÍMITES DE TEMPERATURA DE LOS CONDUCTORES.

Ningún conductor se debe utilizar de modo que su temperatura de operación supere la temperatura del aislamiento para la cual se diseña el tipo de conductor aislado al que pertenezca.

En ningún caso se deben unir los conductores de modo que, con respecto al tipo de circuito, al método de alambrado aplicado o al número de conductores, se supere el límite de temperatura de alguno de los conductores.

Los principales determinantes de la temperatura de operación son:

- Temperatura ambiente. La temperatura ambiente puede variar a lo largo del conductor y con el tiempo.
- El calor generado interiormente en el conductor por el flujo de la corriente, incluidas las corrientes fundamentales y sus armónicos.
- El valor nominal de disipación del calor generado en el medio ambiente. El aislamiento térmico que cubre o rodea a los conductores afecta el valor nominal de disipación del calor.
- Los conductores adyacentes portadores de corriente. Los conductores adyacentes tienen el doble efecto de elevar la temperatura ambiente e impedir la disipación de calor.

El cable más accesible con bajas fugas ha sido el XLP, los conductores para interconexión de receptáculos a tablero deben ejecutarse con los tipos THHN/RHW o XHHW/RHW, por tener mayor resistencia a las fugas de energía, calibre mínimo para el conductor será no. 10 AWG. [11]



Para reconocimiento de los diferentes tipos de conductores de un circuito, como son los vivos o de fase, el conductor aterrizado o neutro, y el conductor de tierra, la NOM-001 establece el siguiente código de colores para el aislamiento:

- Conductor aterrizado o neutro: color blanco o gris claro.
- Conductor para conexión a tierra de los equipos o conductor de tierra: verde o verde con franjas amarillas, si está aislado; o puede ir sin aislamiento (desnudo).
- Conductores vivos o de fase: cualquier otro color diferente del blanco, gris claro o verde. Generalmente se emplean el negro y el rojo para identificarlos.

#### 3.13.4 CABLES PARA PARARRAYOS.

Conductor formado por varios hilos de cobre suave o aluminio dispuestos en pares y cableados entre sí.

Clase I. Para usarse en construcciones tipo ordinario y estructuras que no exceden los 23 metros de altura.

Clase II. Para usarse en construcciones y estructuras que excedan los 20 metros de altura y para construcciones de estructura de acero.

Clase III. Para usarse en chimeneas u otras construcciones donde puedan existir gases o emanaciones corrosivas. Los conductores de esta clase deberán ser de cobre.

Propiedades:

- Alta conductividad para dar fácil paso a cargas atmosféricas.
- Gran cantidad de aire en el espacio interno del cableado para permitir un rápido enfriamiento en caso de descargas.
- Pueden quedar permanentemente doblados en ángulos que permitan seguir el contorno de pretilas, aristas u otros puntos de deflexión.
- El cobre tiene mayor resistencia a la corrosión que el aluminio.

#### 3.14 ACCESORIOS (APAGADORES, CONTACTOS Y PLACAS).

Los apagadores y contactos son elementos de control o conexión para luminarios o equipos portátiles usados en las instalaciones eléctricas, con el fin de aprovechar óptimamente el consumo de energía eléctrica y proporcionarle flexibilidad.

Todos los equipos y dispositivos médicos utilizados para la atención de los pacientes, localizados dentro de una ubicación mojada o húmeda, se deben conectar a contactos o salidas con protecciones especiales para minimizar los riesgos y los efectos de los choques y accidentes eléctricos por alguno de los medios siguiente:

- Un sistema eléctrico aislado que inherentemente limite a un bajo valor la posible corriente originada al presentarse la primera falla a tierra, sin desconectar el suministro de energía a los equipos médicos.
- Un sistema eléctrico aislado puesto a tierra, en el cual se debe instalar un dispositivo para que desconecte los equipos médicos automáticamente en el caso de que la corriente de falla a tierra exceda un valor de 6 miliamperes.
- Las tapas o placas son accesorios que sirven para dar rigidez y presentación a los apagadores y contactos.
- Los accesorios y materiales necesarios para su instalación deberán cumplir con lo que especifique el proyecto en cada caso y con lo indicado por el Instituto de acuerdo con los requisitos establecidos.
- En general los contactos serán polarizados, a menos que el proyecto indique lo contrario.
- Los apagadores y los contactos de entrada plana, así como las placas, serán de color marfil.

Para cada uno de los aparatos siguientes; se deberá instalar contactos de media vuelta y suministrarse una clavija. Los contactos serán adecuados en cuanto a corriente (amperes), tensión (volts) y cantidad de polos, y habrá un polo para conexión a tierra (polarización). [11]

- Refrigeradores
- Incubadoras para prematuros
- Centrífugas de 5 amperes o mayores.
- Horno de secado
- Peladora de papas
- Molino de carne
- Fabricador de hielo
- Salidas especiales en cuarto de revelado de placas de rayos X
- Carros termo
- Lavadora de loza
- Triturador de desperdicios
- Fluoroscopio
- Electrocardiógrafo
- Tina Hubbard
- Tanque remolino
- Baño parafina

#### 3.14.1 CONTACTO GRADO HOSPITAL.

Dispositivo polarizado que debe contar con conectores para instalarle o fijarle los conductores de un circuito eléctrico, incluyendo el conductor con aislamiento de puesta a tierra para los equipos médicos, que debe servir para que se le enchufe una clavija que debe hacer una conexión efectiva por contacto mecánico y eléctrico de sus espigas con las mordazas del contacto. Además, debe estar identificado visiblemente en su parte frontal por un punto imborrable color verde, a este dispositivo deberán enchufarse sólo clavijas también identificadas grado hospital e igualmente polarizadas, con igual número de espigas y conectores para asegurar flujo de corriente eléctrica con un efectivo contacto con las mordazas del contacto, para minimizar la caída de tensión y asegurar la puesta a tierra de los equipos médicos. Los contactos grado hospital deben instalarse solamente dentro de la vecindad del paciente en las áreas de atención general y áreas críticas de pacientes. [6]

#### 3.15 TABLEROS ELÉCTRICOS.

Equipos necesarios para la conexión, desconexión, protección y control en instalaciones eléctricas tanto en su distribución como en sus elementos de arranque y paro.

- Los equipos de control y protección, así como los materiales necesarios para su instalación deberán cumplir con lo que especifique el proyecto y con lo indicado por el Instituto de acuerdo con las Guías Técnicas de Construcción
- Solamente que en el proyecto o la institución indiquen lo contrario, la ubicación de los equipos de control y protección deberá localizarse donde éstos no estén expuestos a daños mecánicos y no queden dentro de locales utilizados como almacén ni junto a locales donde se almacene material inflamable.
- Los conductores y barras alimentadoras de tablero de distribución deberán quedar sujetos rígidamente e instalados en tal forma que estén a salvo de daños mecánicos.

##### 3.15.1 TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN.

Los tableros de distribución se utilizarán para la protección de circuitos de alumbrado y contactos, así como pequeñas cargas de fuerzas y hornos.

- Sus componentes principales serán los Interruptores general y derivados de 1, 2 ó 3 polos, tipo termomagnético en caja moldeada.
- Los tableros de distribución tendrán un uso de cortocircuito en corriente alterna mínimo de 7500 amperes y serán de 3 fases, 4 hilos.
- El gabinete será construido con lámina de acero estirada en frío, con puerta embisagrada, cerradura y llave formando un frente muerto; se podrá montar sobrepuesto o empotrado en la pared.
- La barra neutra de cobre electrolítico deberá venir alojada en el gabinete.

### 3.15.2 TABLEROS SUBGENERALES.

Los tableros subgenerales se utilizan principalmente para seccionar y proteger la alimentación a los tableros de distribución para alumbrado y contactos.

- Sus componentes principales serán los interruptores generales y derivados de 1, 2 ó 3 polos, tipo termomagnético en caja moldeada.

Los tableros generales podrán requerirse para los siguientes usos.

- 3 fases, 4 hilos para servicio a 220/127 V.
- 3 fases, 4 hilos para servicio a 380/220 V.
- Con interruptores de capacidad interruptiva desde 7500 amperes simétricos de corto circuito.

Los interruptores derivados termomagnéticos en caja moldeada autorizados para instalarse en los tableros subgenerales son:

- De 1, 2 ó 3 polos según indique el proyecto
- Atornillables
- Capacidad nominal, la que indique el proyecto
- Capacidad interruptiva mínima de 18 000 amperes simétricos a 240 volts ó 14 000 amperes simétricos a 480 volts
- El gabinete será construido con lámina de acero estirada en frío, con puerta embisagrada, cerradura y llave formando un frente muerto. Se podrá montar sobrepuesto o empotrado en la pared.
- La lámina del gabinete será bonderizada con acabado en esmalte color gris perla.
- La capacidad de los interruptores derivados será desde 15 hasta 1000 amperes a capacidad máxima de interruptor general de 1200 amperes y zapatas principales de 1200 amperes.
- Para capacidades superiores a 1200 amperes de interruptor general, el tablero subgeneral debe ser del tipo autosoportado. [11]

### 3.15.3 TABLERO DE AISLAMIENTO PARA ALUMBRADO Y CONTACTOS.

El tablero de aislamiento es un "sistema de distribución aislado" y su principal función será la de proporcionar la máxima seguridad a los pacientes y al cuerpo médico contra descargas eléctricas debidas a fallas en el aislamiento del sistema de distribución o de los equipos médicos operados por electricidad.

El sistema de distribución aislado se utilizará en donde indique el proyecto o institución, la ubicación de:

- Salas de cirugía.
- Salas de cuidado coronario.
- Salas de terapia intensiva.
- Equipos portátiles de rayos X.
- El tablero de aislamiento está integrado en gabinete de lámina de acero rolando en frío con cubierta frontal inoxidable.
- El tablero de aislamiento deberá instalarse lo más cercano posible a la sala de operaciones o de cuidado intensivo.

Como partes separadas, el proveedor del tablero de aislamiento proporcionará, de acuerdo con las especificaciones de proyectos, lo siguiente:

- Módulos con receptáculos de fuerza de media vuelta de 20 amperes y 125 volts, 1 fase, 3 hilos y receptáculos de tierra de media vuelta.
- Clavijas de media vuelta de 20 amperes 125 volts, una fase, 3 hilos.
- Cordones uso rudo color verde extra flexible de 3 mts. de largo para conectar muebles metálicos y equipo a tierra.
- Indicador remoto.

### 3.16 PROTECCIÓN ELÉCTRICA.

El objetivo es evitar o limitar las consecuencias destructivas o peligrosas de las corrientes excesivas (cortocircuito) o causadas por sobrecargas y defectos de aislamiento, así como separar el circuito defectuoso del resto de la instalación.

La protección eléctrica asegura la:

- Protección de los elementos de los circuitos contra las tensiones térmicas y mecánicas de las corrientes de cortocircuito.
- Protección de las personas en caso de producirse un defecto de aislamiento.
- Protección de los dispositivos y aparatos suministrados (p. ej., motores).

#### 3.16.1 FUSIBLES.

Los fusibles limitadores de corriente y de alta capacidad interruptiva son empleados para la protección contra corrientes de cortocircuito. Su importancia radica en el efecto limitador de corriente, que es la capacidad de los fusibles para interrumpir la corriente de corto-circuito antes de que alcance su valor pico máximo, al limitar el valor de la corriente de paso  $I_D$  al valor de la corriente de ruptura o corriente de fusión  $I_S$  que es considerablemente menor que la corriente de corto-circuito no limitada (corriente prospectiva)  $I_K$  mostrada en la figura 6 con línea punteada y que corresponde a la corriente de cortocircuito disponible en el punto donde ocurre la falla.

Principio de operación: Al ocurrir una condición de cortocircuito en una red eléctrica, se producen efectos térmicos y dinámicos severos a causa de las elevadas magnitudes que alcanza la corriente. La interrupción de estas corrientes en el menor tiempo posible es de suma importancia para evitar o cuando menos minimizan los daños ocasionados por el sobrecalentamiento de partes conductoras y por los esfuerzos dinámicos generados.

La figura 6 muestra el comportamiento de la corriente y la tensión durante un cortocircuito y el proceso de interrupción.

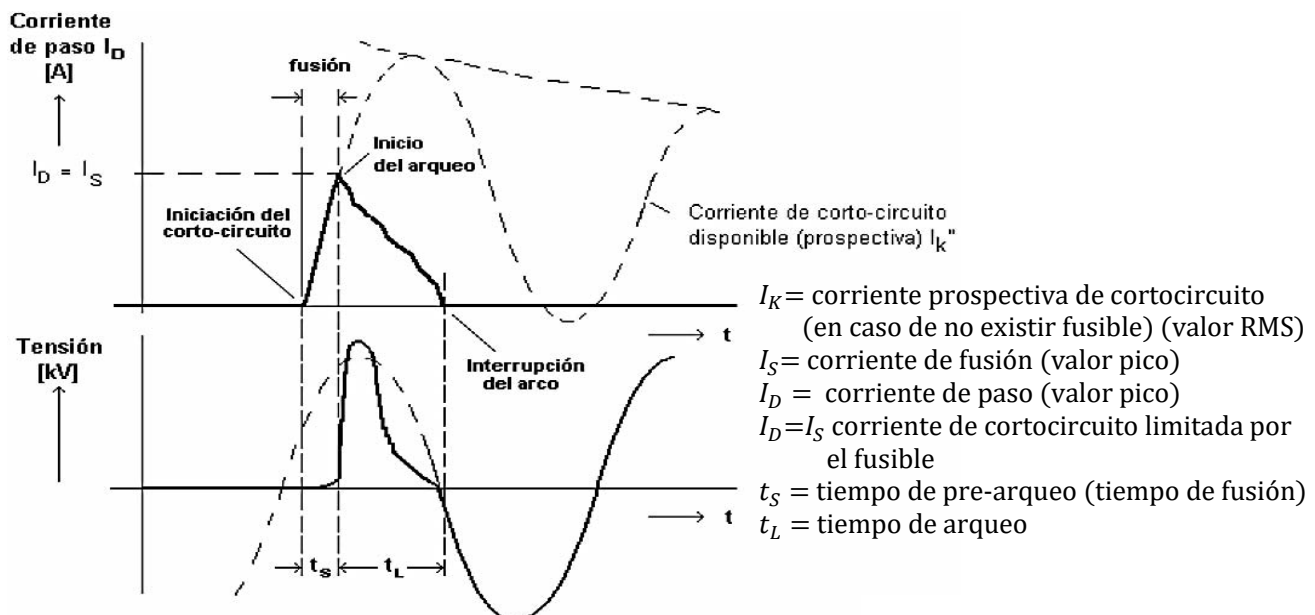


Figura 6. Proceso de interrupción de la corriente de cortocircuito en un fusible limitador de corriente. [12]

La figura 7 muestra la característica de limitación de corriente de los fusibles DRIWISA\_ indicando el valor máximo de la corriente de paso  $I_D$  igual a la corriente de fusión  $I_S$  respecto al valor eficaz (RMS) de la corriente de cortocircuito prospectiva ( $I_K$ ) para fusibles desde 6 hasta 500 A. La línea A-A' representa la corriente pico asimétrica máxima que se presentaría en el circuito en caso de no existir fusible.

El valor de  $1.8 \times \sqrt{2}$  corresponde al valor máximo de asimetría y representa la condición mas critica posible en la red. Las líneas inclinadas correspondientes a cada valor de corriente nominal de los fusibles marcan la corriente de paso  $I_D$  máxima (correspondiente a la corriente de fusión  $I_S$ ) en función de la corriente de cortocircuito prospectiva  $I_k$ .

Por ejemplo, para una corriente prospectiva de cortocircuito  $I_k'' = 20$  kA (RMS) en caso de no existir un fusible limitador, se alcanzaría una corriente de paso  $I_D = 1.8 \times \sqrt{2} \times 20$  kA = 50.9 kA pico. Con un fusible de 32 A se limita este valor a sólo  $I_D = I_S = 4$  kA pico, con un tiempo de operación menor a 10 milisegundos.

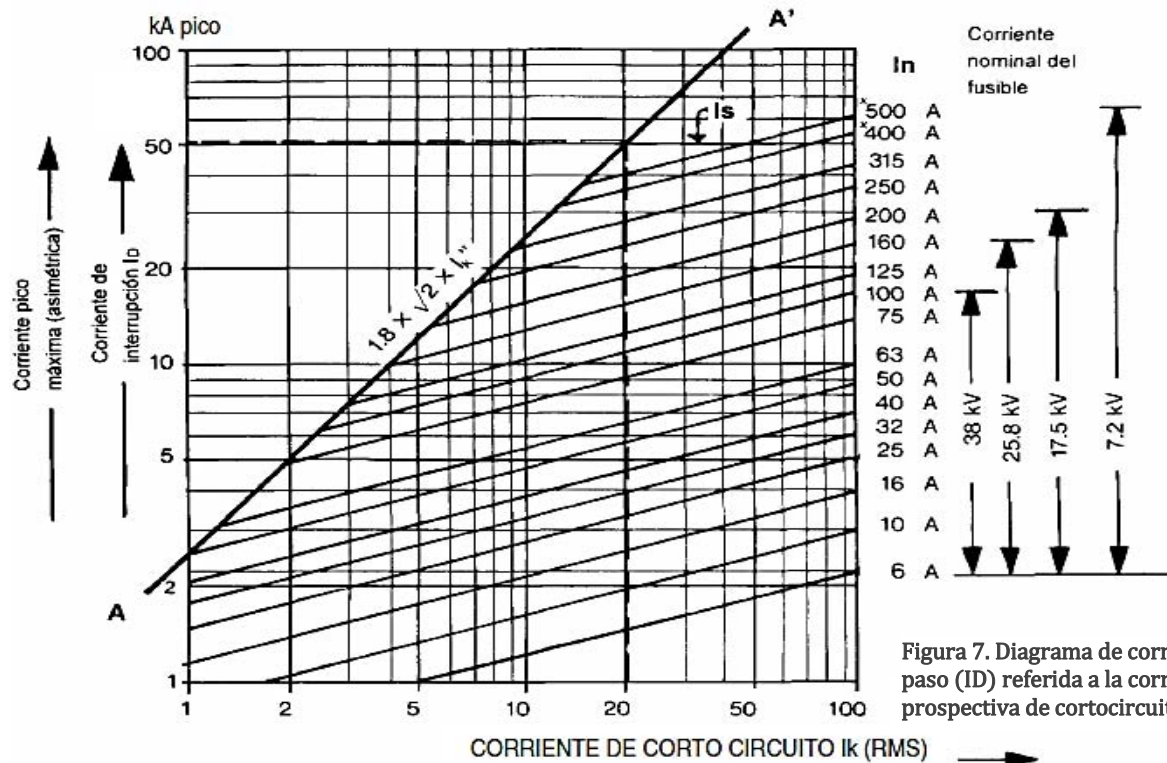


Figura 7. Diagrama de corriente máxima de paso ( $I_D$ ) referida a la corriente prospectiva de cortocircuito ( $I_k$ ).

Es importante considerar que, para corrientes bajas, (para las cuales el tiempo de fusión es largo incluso de más de un ciclo), el fusible no actúa como limitador de corriente. Los fusibles presentarán la característica de limitación de corriente a partir de un valor de corriente circulante tal que  $I_D$  pico sea igual a  $I_S$ . A partir de este nivel de corriente de umbral, el fusible operará como limitador (a la derecha de la línea AA' de la figura 7).

El punto donde se une la línea correspondiente a  $I_S$  de cada fusible con la recta AA' define sobre el eje de las abscisas (eje X) el valor de corriente de cortocircuito a partir del cual el fusible operará como limitador de corriente. Si la corriente de cortocircuito es menor, el fusible no operará como limitador. Por ejemplo, un fusible de 75 A, operará como limitador a partir de aproximadamente 2000 A de cortocircuito.

### 3.16.1.1 CORRIENTE NOMINAL ( $I_n$ ).

La corriente nominal de un fusible corresponde al valor máximo de corriente que el fusible puede conducir por tiempo indefinido sin llegar a la fusión y que genera una cantidad de calor tal que el fusible puede disipar satisfactoriamente.

### 3.16.1.2 SELECCIÓN DE LA CORRIENTE NOMINAL ( $I_n$ ):

Para evitar la operación del fusible en el rango de sobrecarga, se selecciona la corriente nominal  $I_n$  del fusible con un factor de sobredimensionamiento acorde al equipo a proteger, que, por ejemplo, en el caso de transformadores es de 1.6 a 2 veces la corriente nominal en el circuito. Así el fusible podrá soportar las corrientes de magnetización (inrush) y operar aun cuando el transformador trabaje en régimen de sobrecarga sin que el fusible se vea sometido a tal régimen, debido a que la capacidad térmica del transformador es mucho mayor que la del fusible.

Aplicando este factor se podrá coordinar la protección con otros dispositivos tales como relevadores de protección de sobrecorriente, falla de fase, etc. Y elementos de protección en el lado de baja tensión, por ejemplo, fusibles, interruptores termomagnéticos y otras protecciones. Cualquier corriente superior a  $I_3$ , será interrumpida en un tiempo no mayor al de 10 a 100 seg.,

### 3.16.1.3 CAPACIDAD INTERRUPTIVA ( $I_1$ ) (CORRIENTE MÁXIMA DE INTERRUPCIÓN).

La capacidad interruptiva (corriente máxima de interrupción)  $I_1$  corresponde a la máxima intensidad de corriente de cortocircuito que un fusible es capaz de interrumpir con seguridad.

### 3.16.1.4 CORRIENTE MÍNIMA DE INTERRUPCIÓN ( $I_3$ ).

Para corrientes por encima de la corriente nominal  $I_n$  los tiempos de fusión son muy largos, y menores a medida que las corrientes son mayores (figura 8). En este rango ( $I_n$  e  $I_3$ ) la capacidad de disipación de calor del fusible es menor que la cantidad de calor generado en el interior, por lo que se presentan esfuerzos térmicos severos que pueden dañar al fusible.

A medida que la corriente es mayor, los tiempos de fusión son más reducidos hasta un punto tal que la fusión ocurre en un lapso relativamente corto (milisegundos), antes de que se presenten los esfuerzos térmicos y daños al fusible.

A este valor de corriente se le define como la corriente mínima de interrupción  $I_3$  y corresponde por lo tanto al límite inferior de la gama de corrientes que el fusible puede interrumpir satisfactoriamente.

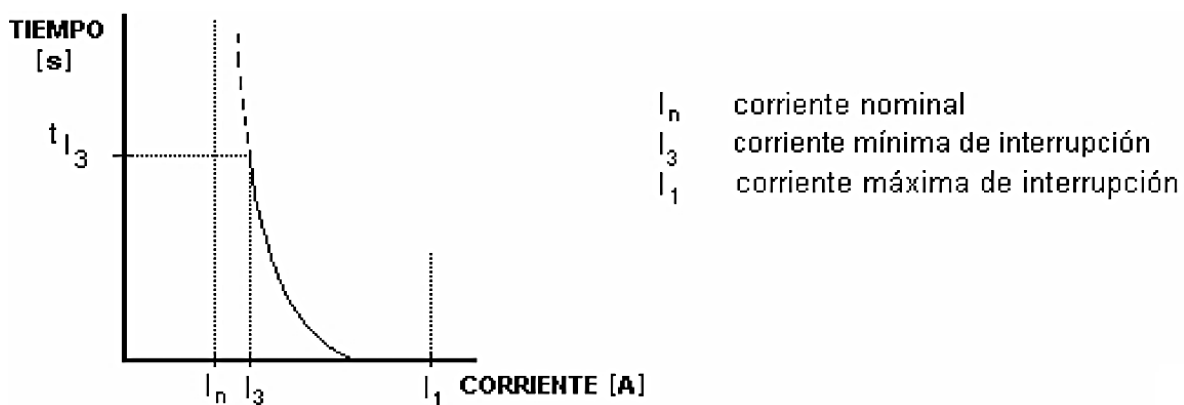


Figura 8. Curva característica corriente-tiempo de un fusible limitador de corriente. [12]

Considerando lo anterior, en las curvas corriente-tiempo se define para cada tipo de fusible un valor de corriente mínima de interrupción ( $I_3$ ) por debajo del cual no es recomendable la operación durante lapsos prolongados, puesto que la corriente (sobrecorriente) no tiene una magnitud suficientemente para producir la fusión en forma franca y definida, pero produce un excesivo calentamiento que modifica las características de los elementos fusible y produce daños que disminuyen su capacidad de interrupción para un evento futuro.

Por lo tanto, los fusibles limitadores de corriente NO deben operar durante tiempos prolongados en el rango de corrientes superiores a la nominal ( $I_n$ ) e inferiores a la corriente mínima de interrupción ( $I_3$ ) por los motivos expuestos. En el caso de corrientes superiores a la mínima de interrupción  $I_3$  la operación del fusible es rápida, segura y definida.

### 3.16.2 INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS.

Es un dispositivo de protección de circuitos eléctricos que actúa ante eventos del tipo térmicos y magnéticos, la parte térmica actúa ante una sobrecarga del circuito y la parte magnética lo hace ante un cortocircuito a diferencia de los fusibles, la reconexión se efectúa activando nuevamente el interruptor, lo cual evita mayor costo y tiempo de espera.

Los interruptores termomagnéticos en la caja moldeada serán utilizados como componentes básicos de equipos, como tableros de distribución, tableros subgenerales (centros de carga), centros de control de motores, o como partes independientes en su caja metálica Individual o en combinaciones Interruptor-arrancador para eliminar al máximo la utilización de fusibles en las edificaciones del Instituto.

Las características principales que se tomarán en cuenta para la correcta selección del interruptor termomagnético en la caja moldeada son:

- Tensión del sistema (volts).
- Capacidad del Interruptor en amperes.
- Capacidad Interruptiva en amperes.

Los interruptores derivados de los tableros de distribución para alumbrado y contactos deben ser del tipo termomagnético en la caja moldeada y deben llenar las siguientes características:

- De 1, 2 ó 3 polos según indique el proyecto.
- Atornillables.
- Capacidad nominal mínima de 15 A.
- Capacidad interruptiva mínima de 10 000 amperes simétricos a 120/240 volts.

Los interruptores derivados de los tableros subgenerales deberán ser del tipo termomagnético en caja moldeada y deben cubrir las siguientes características:

- De 2 ó 3 polos según indique el proyecto.
- Atornillables.
- Capacidad nominal, la que indique el proyecto
- Capacidad interruptiva mínima de 18 000 amperes simétricos a 240 volts.
- Capacidad interruptiva mínima de 14 000 amperes simétricos a 440 volts.

### 3.17 PRINCIPALES ESQUEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE BAJA TENSIÓN.

En una instalación típica de baja tensión los circuitos de distribución se originan en un cuadro general de baja tensión desde el que los conductores alimentan cargas a través de cuadros de distribución secundaria y/o cuadros terminales.

### 3.18 NIVELES DE DISTRIBUCIÓN DE BAJA TENSIÓN.

En las instalaciones medianas y grandes se utilizan por lo general tres niveles de distribución para suministrar alimentación de baja tensión a todas las cargas:

- Distribución secundaria utilizada para distribuir la electricidad en cada zona
- Distribución terminal, utilizada para suministrar las diversas cargas.
- Distribución desde el cuadro general de baja tensión (CGBT), la alimentación de uno o más transformadores de media/baja tensión conectados a la red de media tensión de la compañía eléctrica se distribuye a diferentes áreas de la instalación: talleres de una fábrica, zonas de producción homogéneas de instalaciones industriales, plantas de edificios de oficinas, etc. Cargas centralizadas de gran potencia como compresores de aire y unidades de refrigeración por agua en procesos industriales o sistemas de aire acondicionado y ascensores de edificios de oficinas.

Todos los esquemas de distribución son combinaciones de dos topologías básicas:

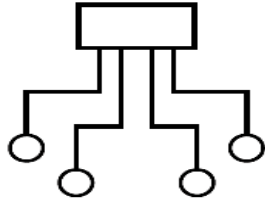


Figura 9. Topología de estrella. [13]  
Distribución radial (o centralizada).

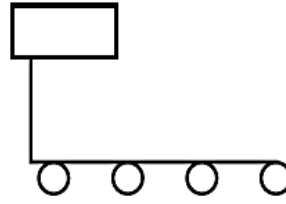


Figura 10. Topología de bus. [13]  
Distribución mediante canalizaciones eléctricas (también se denominan sistemas de canalización eléctrica).

Estas a su vez son seleccionadas de acuerdo con una serie de criterios que incluyen:

- Requisitos de disponibilidad de energía.
- Tamaño de la instalación (superficie y alimentación total que debe distribuirse).
- Disposición de las cargas (equipos y densidad de la alimentación).
- Requisitos de flexibilidad de la instalación.
- Requisitos de disponibilidad de energía.

La creación de circuitos independientes para diferentes partes de una instalación permite:

- Limitar las consecuencias de un defecto en el circuito en cuestión.
- Simplificar la localización de defectos.
- Llevar a cabo trabajo de mantenimiento o extensiones de los circuitos sin interrumpir el suministro de alimentación a toda la instalación.

Por lo general se necesitan los siguientes grupos de circuitos:

- Circuitos de iluminación (en los que se produce la mayoría de los defectos de aislamiento).
- Circuitos de tomas de corriente.
- Circuitos de calefacción, ventilación y aire acondicionado.
- Circuitos para la fuerza motriz.
- Circuitos de suministro eléctrico para servicios auxiliares (indicación y control).
- Circuitos para sistemas de seguridad (iluminación de emergencia, sistemas de protección contra incendios y circuitos de fuentes de alimentación sin interrupción (UPS) para sistemas informáticos, etc.), cuya instalación está sujeta normalmente a normativas y códigos profesionales estrictos.

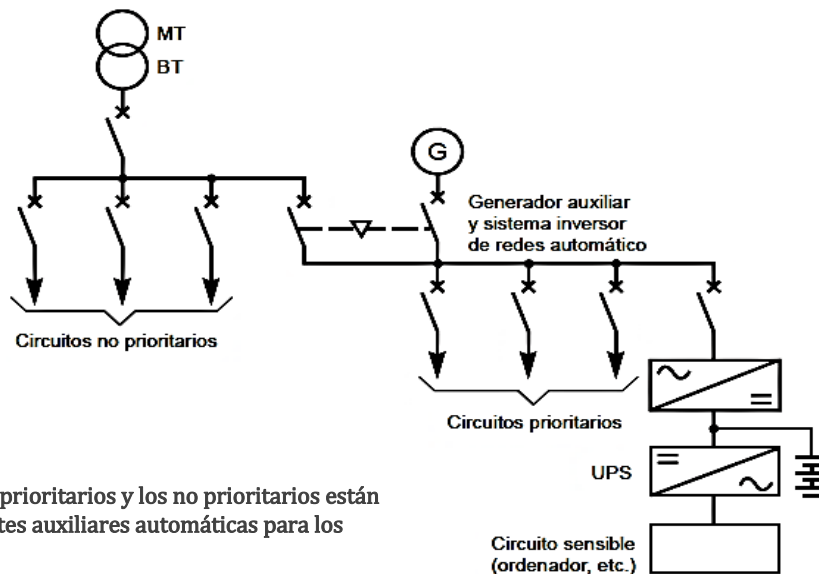


Figura 11. Los circuitos prioritarios y los no prioritarios están separados y existen fuentes auxiliares automáticas para los circuitos prioritarios.



### 3.19 SISTEMAS ELÉCTRICOS ESENCIALES.

Los sistemas eléctricos esenciales de las áreas de atención limitada deben constar de dos circuitos derivados capaces de suministrar una cantidad limitada de servicios de alumbrado y fuerza, los cuales sean considerados esenciales para la seguridad de la vida y la operación efectiva del área durante el tiempo que se interrumpa el servicio eléctrico normal por cualquier causa, estos dos circuitos derivados independientes deben ser el de seguridad de vida y el crítico.

#### 3.19.1 CIRCUITO DERIVADO DE SEGURIDAD PARA LA VIDA.

El circuito derivado de seguridad para la vida del sistema de emergencia debe alimentar las lámparas de alumbrado, contactos y equipos indicados para preservar la vida, no debe conectarse ninguna otra función diferente a las siguientes:

- Iluminación de las rutas de evacuación, tales como: corredores, pasillos, escaleras y descansos en las puertas de salida o de acceso a zonas seguras y en general a todas las vías necesarias que conduzcan a las mismas.
- Señalización de salidas y flechas que indiquen las rutas de evacuación hasta las áreas seguras.
- Sistemas de alarma y alerta:
  - Alarmas contra incendio.
  - Alarmas para los sistemas utilizados en tuberías de gases para uso médico no inflamables.
  - Se permitirá conectar al circuito derivado de seguridad de vida, los accesorios mecánicos, de control y otros accesorios exigidos para la operación efectiva de los sistemas de seguridad de vida.
- Sistemas de comunicación, donde se usan para transmitir instrucciones durante condiciones de emergencia.
- Local del grupo generador y desconectores de transferencia, alumbrado del área de maniobras de las baterías de la planta de emergencia y del cargador del banco de baterías y contactos seleccionados y los desconectores de transferencia esenciales.
- Los accesorios del grupo generador, según se exija para el desempeño del generador.
- Elevadores. Los sistemas de alumbrado, control, señalización y comunicación de las cabinas.
- Puertas operadas automáticamente utilizadas para la evacuación de edificios. [6]

#### 3.19.2 CIRCUITO DERIVADO CRÍTICO.

El circuito derivado crítico del sistema de emergencia debe abastecer energía para el alumbrado del lugar de trabajo y para equipo fijo y circuitos especiales de alimentación y contactos seleccionados que sirvan a las siguientes áreas y tengan funciones relacionadas con la atención de pacientes:

- Iluminación de las áreas de trabajo de atención crítica al paciente donde se utilicen agentes anestésicos inhalatorios, contactos seleccionados y equipo fijo.
- Los sistemas eléctricos aislados requeridos e instalados en salas de operaciones y áreas de atención crítica.
- Áreas de atención del paciente, iluminación del lugar de trabajo y contactos seleccionados en:
  - Pediatría.
  - Preparación de medicamentos.
  - Farmacias.
  - Terapia intensiva.
  - Camas de psiquiatría (omitir los contactos).
  - Salas de tratamientos.
  - Centrales de Enfermeras
- Alumbrado y contactos adicionales en lugares de atención especializada de pacientes, donde se necesite.
- Sistema de llamadas y comunicaciones de enfermeras.
- Banco de sangre, de huesos y de tejidos.
- Salas y armarios para equipo de telefonía. [6]

- Alumbrado de áreas de trabajo, contactos y circuitos seleccionados en los siguientes casos:
  - Áreas o salas de hemodiálisis.
  - Áreas de tratamientos en salas de urgencias (seleccionados).
  - Camas de atención general (al menos un contacto doble por cada cama de pacientes)
  - Laboratorios clínicos.
  - Salas de angiografía.
  - Salas para cateterismo cardíaco.
  - Unidad de cuidados coronarios.
  - Unidad de terapia intensiva.
  - Salas de recuperación postoperatoria (seleccionados).
- Alumbrado de lugares de trabajo, contactos y circuitos seleccionados adicionales, necesarios para la operación efectiva del hospital. Se permite que los motores fraccionarios monofásicos estén conectados del circuito derivado crítico.

### 3.19.3 CIRCUITOS DERIVADOS DENTRO DE LA UBICACIÓN DE LAS CAMAS DE PACIENTES.

#### 3.19.3.1 ÁREAS DE ATENCIÓN GENERAL.

A cada ubicación de la cama de paciente, se le debe suministrar cuando menos dos circuitos derivados, uno del sistema de emergencia y otro del sistema eléctrico normal, todos los circuitos derivados del sistema normal deben originarse en el mismo tablero de alumbrado y control.

#### 3.19.3.2 ÁREAS DE ATENCIÓN CRÍTICA.

Cada cama de paciente debe tener cuando menos dos circuitos derivados, uno o más del sistema de emergencia y uno o más del sistema normal; cuando menos un circuito de emergencia debe alimentar a contactos en esta ubicación de la cama. Todos los circuitos del sistema normal deben originarse en el mismo tablero de alumbrado y control. Los contactos del sistema de emergencia deben estar identificados y también deben indicar el tablero de alumbrado y el número del circuito derivado al que están conectados. Los circuitos derivados que alimentan a la ubicación de la cama del paciente no deben formar parte de un circuito multiconductor. [6]

### 3.19.4 SEPARACIÓN DE OTROS CIRCUITOS.

El circuito derivado de seguridad para la vida y el circuito derivado crítico del sistema de emergencia deben estar completamente independientes de cualquier otro alambrado y equipos y no deben ocupar las mismas canalizaciones, cajas, o gabinetes con otros alambrados.

## 3.20 ESQUEMAS DE CONEXIÓN A TIERRA NORMALIZADOS.

Los diferentes esquemas de conexión a tierra descritos a continuación caracterizan el método de conexión a tierra de la instalación aguas abajo del devanado secundario del transformador de alta tensión/baja tensión y el medio utilizado para conectar a tierra las partes conductoras accesibles de la instalación de baja tensión a la que suministra alimentación.

El esquema de conexión a tierra debe cumplir los criterios de tres opciones, originalmente independientes, elegidas por el proyectista de un esquema de distribución eléctrica o una instalación:

- El tipo de conexión del sistema eléctrico (por lo general, del conductor neutro) las partes accesibles que llegan a los electrodos de tierra.
- Un conductor de protección independiente o un conductor de protección y un conductor neutro como un único conductor.
- El uso de una protección contra defectos a tierra de la aparamenta con protección contra sobrecorrientes, que elimine únicamente corrientes de defecto relativamente elevadas, o el uso de relés adicionales capaces de detectar y eliminar a tierra pequeñas corrientes de defecto de aislamiento. [13]

### 3.20.1 ESQUEMA TT (CONDUCTOR NEUTRO CONECTADO A TIERRA).

Un punto de la fuente de alimentación se conecta directamente a tierra. Todas las partes conductoras accesibles y extrañas se conectan a una toma de tierra independiente de la instalación. Este electrodo puede o no ser eléctricamente independiente del electrodo de la fuente. Ambas zonas de influencia pueden solaparse sin que se vea afectado el funcionamiento de los dispositivos de protección.

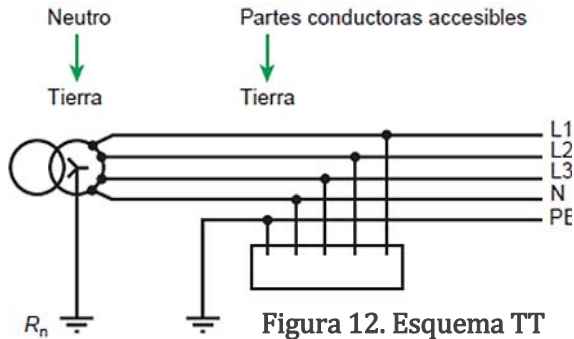


Figura 12. Esquema TT

Técnica para la protección de personas:

- Las partes conductoras accesibles se conectan a tierra y se utilizan dispositivos de corriente diferencial residual (DDR).

Técnica de funcionamiento:

- interrupción en caso de primer defecto de aislamiento.

### 3.20.2 ESQUEMAS TN (PARTES CONDUCTORAS ACCESIBLES CONECTADAS AL CONDUCTOR NEUTRO).

La fuente se conecta a tierra de la misma manera que con el esquema TT descrito anteriormente. En la instalación, todas las partes conductoras accesibles y extrañas se conectan al conductor neutro.

El conductor neutro también se utiliza como un conductor de protección y se denomina conductor PEN (neutro y puesta a tierra de protección). [13]

Técnica para la protección de personas:

- Es obligatorio interconectar y conectar a tierra las partes conductoras accesibles y el conductor neutro.
- Interrupción en caso de primer defecto, utilizando protección contra sobrecorrientes (interruptor automático o fusibles).

Técnica de funcionamiento:

- Interrupción en caso de primer defecto de aislamiento

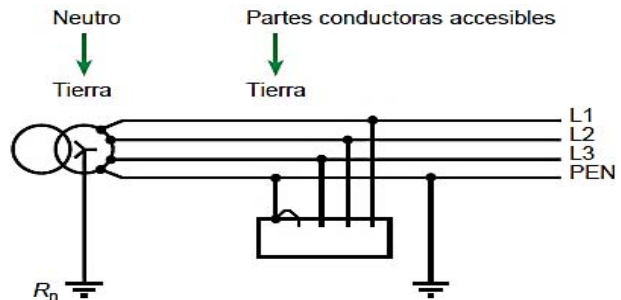


Figura 13. Esquema TN-C

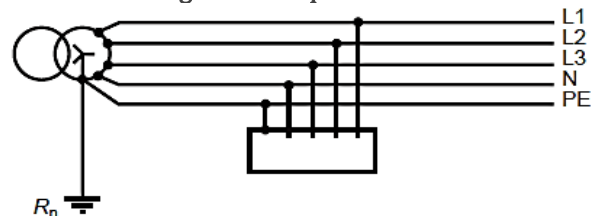


Figura 14. Esquema TN-S

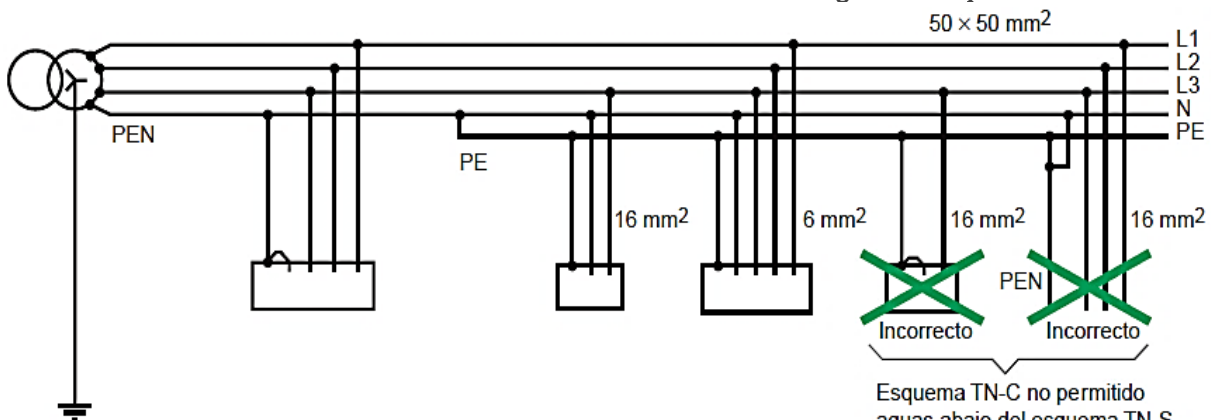


Figura 15. Esquema TN-C-S

### 3.20.3 ESQUEMA IT (NEUTRO AISLADO O NEUTRO IMPEDANTE).

La característica del esquema IT es que no tienen ningún punto de la alimentación directamente conectado a tierra, pero las masas de la instalación receptoras están puestas directamente a tierra. La intensidad de defecto fase-masa tienen un valor lo suficientemente reducido como para no provocar tensiones peligrosas. [13]

Técnica de protección:

- Interconexión y conexión a tierra de las partes conductoras accesibles.
- Indicación de primer defecto mediante un controlador permanente de aislamiento (CPI).
- Interrupción en caso de segundo defecto, utilizando protección contra sobrecorrientes (interruptores automáticos o fusibles).

Técnica de funcionamiento:

- Supervisión del primer defecto de aislamiento.
- Es obligatorio localizar y subsanar el defecto.
- Interrupción en caso de dos defectos de aislamiento simultáneos.

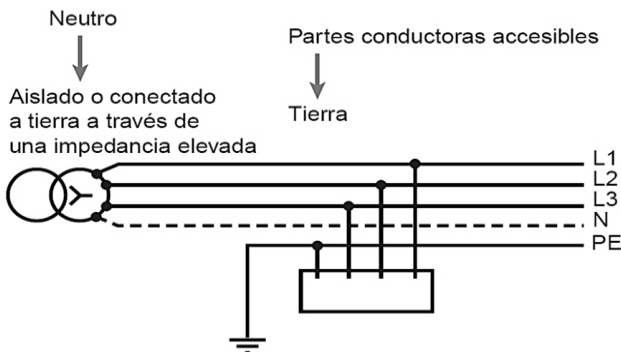


Figura 16. Esquema IT (neutro aislado)

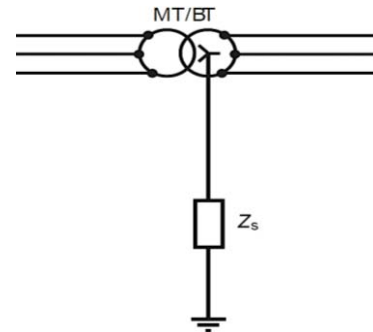


Figura 17. Esquema IT (neutro impedante: neutro con conexión a tierra de impedancia)

### 3.21 ELECCIÓN DE LA APARAMENTA A TIERRA.

Cuando las consideraciones relativas a la continuidad de suministro son primordiales, p. ej. en la fabricación por procesos continuos, en quirófanos de hospitales, etc., por lo general se adopta el esquema de conexión a tierra IT. Este esquema permite que continúe el funcionamiento normal (y seguro) del sistema en caso de producirse un defecto inicial de conexión a tierra (con mucho, el tipo más habitual de defecto de aislamiento). [13]

Las funciones principales de la aparamenta son:

- Protección eléctrica {
  - Corrientes de sobrecarga
  - Corrientes de cortocircuito
  - Defectos de aislamiento
- Aislamiento eléctrico de las secciones de una instalación {
  - indicados mecánicamente (indicador)
  - separación o barreras aislante visible
- Conmutación local o remota {
  - Conmutación funcional
  - Conmutación de emergencia
  - Paro de emergencia
  - Apagado para mantenimiento

### 3.22 DIVISIÓN DE LA FUENTE.

Esta técnica utiliza varios transformadores, en lugar de una unidad de intensidades superiores. Así, una carga que sea una fuente de perturbaciones en la red (motores grandes, hornos, etc.) podrá recibir el suministro de su propio transformador. Se mejora así tanto la calidad como la continuidad de suministro a toda la instalación.

Se reduce el coste de la aparamenta (el nivel de la corriente de cortocircuito es más bajo).

La rentabilidad del uso de transformadores independientes debe determinarse en cada caso.

#### 3.22.1 ISLAS EN LA RED.

La creación de “islas” separadas galvánicamente por medio de transformadores de baja tensión/baja tensión permite optimizar la selección de métodos de conexión a tierra para atender necesidades específicas. [13]

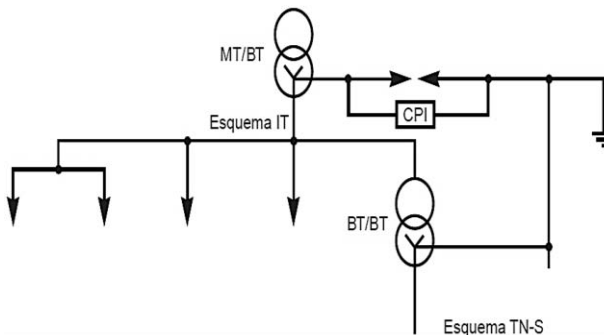


Figura 18. Islas IT en un esquema TN-S.

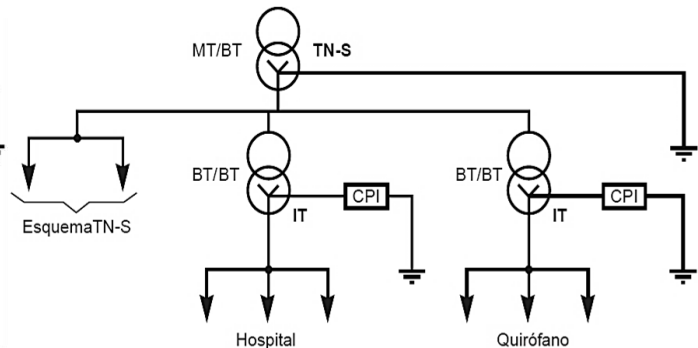


Figura 19. Isla TN-S en un esquema IT.

### 3.23 SISTEMAS ELÉCTRICOS AISLADOS.

Cada circuito eléctrico aislado debe controlarse por un desconectador o por un interruptor automático que tenga un polo para la desconexión de cada conductor vivo del circuito aislado, con el fin de interrumpir simultáneamente los conductores vivos y toda la energía del circuito. El aislamiento puede lograrse por medio de uno o más transformadores, por medio de conjuntos motor generador o por medio de un sistema aislado de baterías. Los conductores de los circuitos eléctricos aislados no deben instalarse en cables, canalizaciones u otras envolventes conteniendo conductores de otros sistemas eléctricos.

Identificación de los conductores, los conductores de los circuitos aislados deben identificarse como sigue:

- Conductor aislado 1: Color naranja con al menos una raya o banda continua de color distinto al verde, blanco o gris en toda la longitud del conductor.
- Conductor aislado 2: Color café con al menos una raya o banda continua de color distinto al verde, blanco o gris en toda la longitud del conductor.
- Para sistemas eléctricos aislados trifásicos, el tercer conductor aislado deberá identificarse en color amarillo con al menos una raya o banda continua de color distinto al verde, blanco o gris en toda la longitud del conductor. Cuando los circuitos aislados se conecten a contactos de 120 volts de una fase de 15 y 20 amperes, el conductor naranja con raya o banda continua debe conectarse a las terminales de los contactos, identificadas de acuerdo con 200-10 (b) de la NOM 001 para la conexión del conductor puesto a tierra del circuito.

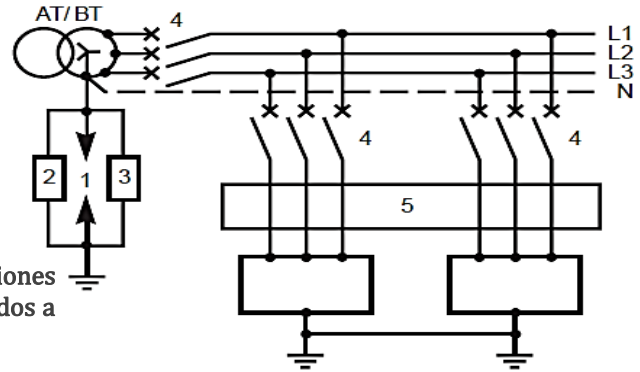
El sistema estará formado por:

- Transformador de aislamiento monofásico de tipo toroidal relación 230/115V.
- Monitor de aislamiento de línea.
- Indicador de peligro con carátula.
- Interruptores termomagnéticos en caja moldeada de 2 polos en el lado secundario.

- Receptáculos y clavijas de 3 polos (2 líneas y tierra).
- Sistema de tierras para referencia total.
- Conductores que enlacen en tubería PVC.

La tabla 2, describe la posición de los diferentes dispositivos, así como sus funciones en la figura 20.

Figura 20. Posiciones de las funciones esenciales en sistemas trifásicos conectados a tierra IT de 3 cables.



Funciones mínimas necesarias	Componentes y dispositivos	Ejemplos
Protección contra las sobretensiones a la frecuencia de potencia	(1) Limitador de tensión	Cardew C
Resistencia de conexión a tierra neutra (para la variación de conexión a tierra de impedancia)	(2) Resistencia	Impedancia $Z_x$
Monitor de defecto a tierra general con alarma para la primera condición de defecto	(3) Monitor de aislamiento permanente PIM con función de alarma	Vigilohm TR22A o XM 200
Eliminación del segundo defecto y protección del conductor neutro contra las sobreintensidades	(4) Interruptores automáticos de 4 polos (si el neutro está distribuido) los 4 polos	Interruptor automático Compact o DDR-MS
Ubicación del primer defecto	(5) Con un dispositivo para la ubicación del defecto o mediante apertura sucesiva de los circuitos	Sistema Vigilohm

Tabla 2. Funciones esenciales en los ejemplos y esquemas IT con productos Merlin Gerin. [13]

### 3.23.1 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO AISLADO.

- Se debe limitar el tamaño del transformador de aislamiento a 10 kVA máximo, en general se utilizan de 5kVA y la corriente de fuga máxima admisible es de 0,100 mA para el transformador. Potencias menores no generan valores de cortocircuito mínimas para el accionamiento de las protecciones magnéticas y potencias mayores poseen valores de fuga inaceptables para este tipo de equipos.
- Se deben utilizar conductores con aislamiento de baja corriente eléctrica de fuga, para que una vez instalados y conectados todos los circuitos, la impedancia resistiva y capacitivo total sea mayor a 200 000 ohms.
- Se debe minimizar la longitud de los conductores de los circuitos derivados y se deben utilizar conductores con aislamiento que tengan una constante dieléctrica menor que 3.5 y una constante de aislamiento mayor a 6100 megaohm-metro (a 16 °C), con el objetivo de reducir la corriente eléctrica de fuga de cada línea a tierra de toda la instalación terminada, hay que tener especial cuidado de colocar los transformadores lo más cerca posible de los consumos para disminuir la capacidad parásita de los conductores que alimentan los tomas. reduciendo con esto la corriente peligrosa.

### 3.23.2 MONITOR DE AISLAMIENTO DE LÍNEA (MAL).

El MAL es un dispositivo predictivo que usa una alarma sonora para indicar que se podría producir una corriente de cinco miliamperes desde un conductor del sistema aislado hacia tierra, si se presenta una trayectoria para esa corriente. Este dispositivo requiere que esté presente en el sistema una segunda falla eléctrica antes de que se presente una condición real de peligro.

Además de los dispositivos de control y de protección por sobrecorriente normalmente utilizados, cada sistema eléctrico aislado debe incluir un monitor de aislamiento de línea (MAL) que opere continuamente, para monitorear la corriente de fuga o fallas de corriente eléctrica de cada conductor aislado de tierra e indique la corriente peligrosa total.

Éste debe responder audible y visiblemente cuando la impedancia del sistema se degrada al nivel en el que fluyan cinco miliamperes de corriente a través de cualquier conductor del sistema hacia tierra, en una falla de impedancia cero.

También debe indicar el nivel de aislamiento de cada circuito controlado, y se comprueban dos niveles: el primer nivel advierte de una resistencia al aislamiento inusualmente baja para que puedan tomarse medidas preventivas, mientras que el segundo nivel indica una condición de defecto y activa una alarma. Puntos que considerar:

- La condición de alarma no significa que exista un peligro inminente para el paciente o alguien más. Esta alarma simplemente indica que el sistema se ha convertido en un sistema aterrizado o parcialmente aterrizado, el cual es el mismo sistema que existe en el resto del hospital. Corregir el problema tan pronto sea posible, sin interrumpir procedimientos que se están llevando a cabo cuando suene la alarma.
- El MAL no interrumpe el servicio eléctrico. La pérdida de integridad de un sistema no puesto a tierra no afecta la operación de los dispositivos de apoyo a la vida.
- Una alarma activada no significa que está fluyendo una corriente peligrosa.

### 3.23.3 CONTACTOS DENTRO DE LA UBICACIÓN DE LAS CAMAS DE PACIENTES.

Cada ubicación de la cama del paciente debe estar provista como mínimo de cuatro contactos, deben ser de los tipos sencillo, dúplex y cuádruplex o una combinación de estos tipos. Todos los contactos deben ser grado hospital y deben estar así identificados; cada contacto debe contar con una conexión a un punto de puesta a tierra dentro de la vecindad del paciente, por medio de un conductor de cobre con aislamiento de puesta a tierra de equipo.

En instalaciones existentes con contactos que no sean grado hospital, no es necesario su reemplazo inmediato por contactos grado hospital, pero cada vez que sea necesario reemplazar alguno se debe preparar dicho reemplazo e instalar contactos grado hospital. Igualmente se deberán instalar contactos grado hospital cuando se remodele, se adapte o se ejecuten obras para ampliar o modificar cualquier área de atención general.

#### 3.23.3.1 CANTIDAD MÍNIMA Y SU ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA.

Cada ubicación de la cama para el paciente debe estar provista como mínimo de seis contactos, cuando menos uno debe ser conectado como sigue:

- Al circuito derivado del sistema normal
- A un circuito derivado del sistema de emergencia alimentado por un desconectador de transferencia diferente del de los otros contactos de la misma área.

Los interruptores automáticos de falla a tierra y los contactos grado hospital, con este tipo de protección, deben probarse para que operen a valores menores de 6 miliamperes, el siguiente cuadro denota la cantidad mínima de contactos y altura a nivel del piso, sugeridas por el IMSS, IEEE, y la Joint Commission on accreditation of hospitals [14];

SERVICIO	IMSS	IEEE	OTROS
CUBÍCULO DE URGENCIAS	2 contactos dúplex a emergencia a 1.6 m.	3 contactos dúplex a 40 cm. 2 de ellos a emergencia y un contacto de 220, para el equipo portátil de Rx., cada dos cubículos.	
QUIRÓFANO DE CIRUGÍA GENERAL	2 contactos dúplex a emergencia a 1.6 m y un contacto de 220 v para el equipo portátil de Rx.	4 contactos dúplex a 1.2 m y 4 dúplex a 40 cm, todos a emergencia y un contacto de 220 v para equipo de Rx. portátil.	3 contactos dúplex a emergencia y un contacto de 220v.
SALA DE RECUPERACIÓN POST-OPERACIÓN	1 contacto dúplex a emergencia a 1.6 m por cama.	2 contactos dúplex a 1.2 m a emergencia por cama.	
CUBÍCULO DE TERAPIA INTENSIVA	2 contactos dúplex a 1.6m a emergencia.	2 contactos dúplex a 1.2 m y 2 dúplex a 40 cm, uno de cada uno a emergencia y un contacto de 220 v por cada dos cubículos	
SALA DE HEMODIÁLISIS			2 contactos dúplex a 1.2 m uno de ellos a emergencia por cada máquina.
HOSPITALIZACIÓN COLECTIVOS	1 dúplex a emergencia a 1.6 m por cama	2 dúplex a 40 cm, y uno a 1.2 m, este último a emergencia por cama.	4 dúplex por cama.
PRIVADOS	1 dúplex a emergencia a 1.6 m.	2 dúplex a 40 cm, y 2 a 1.2 m, uno de estos a emergencia por cama.	4 dúplex por cama.

### 3.24 DESCONECTADORES DE TRANSFERENCIA.

La capacidad o tamaño de cada desconectador de transferencia, debe determinarse de acuerdo con el tipo de las cargas a conectar y estar de acuerdo con los cálculos basados en las características o datos de los equipos de utilización a alimentar y a las consideraciones especiales de las cargas.

Cada circuito derivado del sistema de emergencia y cada circuito del sistema de equipos, deben alimentarse por un desconectador de transferencia individual como se muestra en los diagramas de las Figuras 21 y 22, se permite que este desconectador de transferencia individual alimente dos o más circuitos derivados de los sistemas de emergencia y de equipos en una instalación, con una demanda máxima en el sistema eléctrico esencial de 150 kVA.



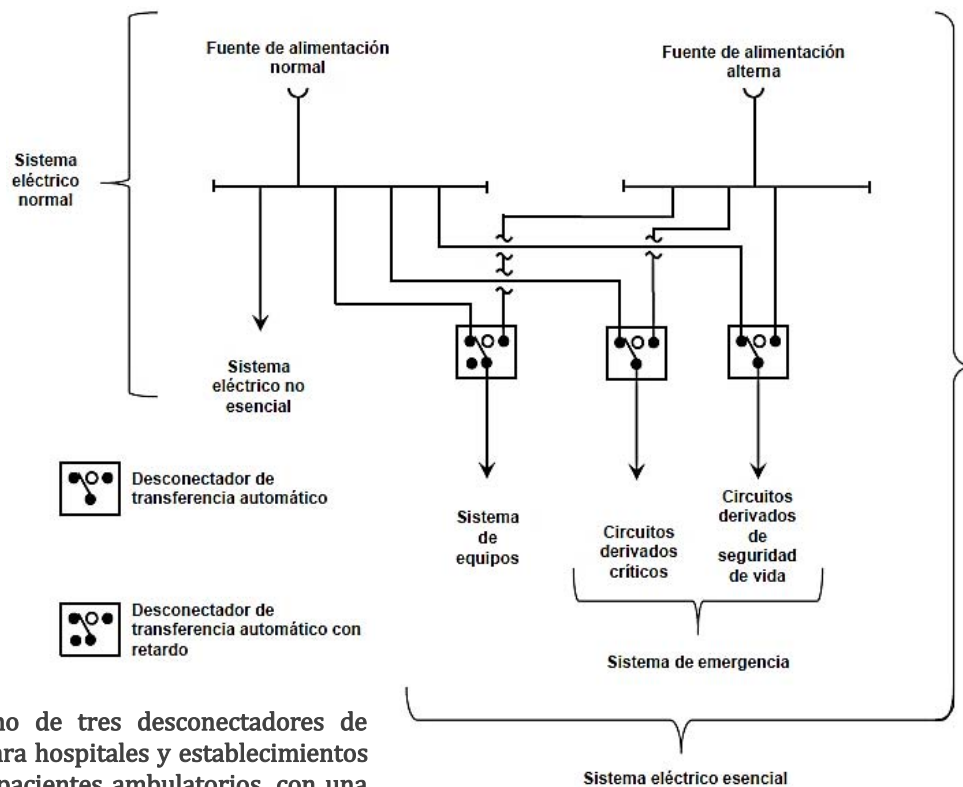


Figura 21. Requisito mínimo de tres desconectores de transferencia automática para hospitales y establecimientos para la atención médica de pacientes ambulatorios, con una demanda máxima superior a 150 kVA de la carga conectada a los dos sistemas el de emergencia y el de equipos.

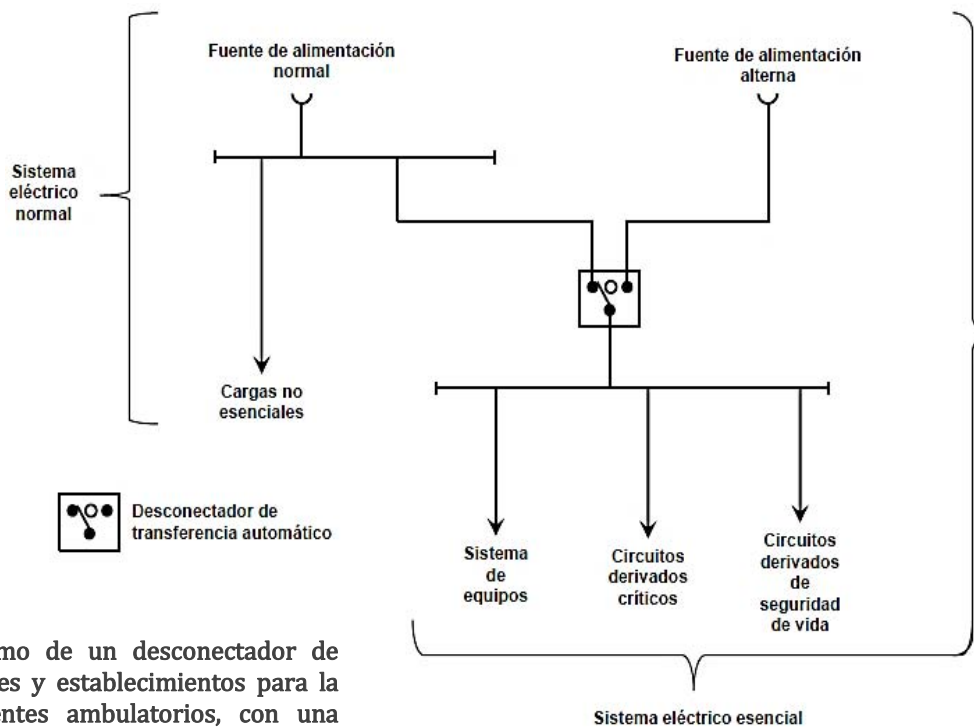


Figura 22. Requisito mínimo de un desconector de transferencia para hospitales y establecimientos para la atención médica de pacientes ambulatorios, con una demanda máxima de hasta 150 kVA de la carga conectada al sistema eléctrico esencial.

### 3.25 SELECTIVIDAD.

El objetivo principal de cualquier esquema de protección automática contra defectos de aislamiento, sobrecargas, etc., es disparar el interruptor automático o fundir el fusible o los fusibles que controlan el circuito defectuoso únicamente, sin que se vean afectados los demás interruptores automáticos y fusibles. Por “selectividad” se entiende que ninguno de los dispositivos de protección aguas arriba a través de los cuales pasa la corriente de defecto (o sobrecarga) funcionará antes de que entre en acción el dispositivo de protección que controla el circuito defectuoso.

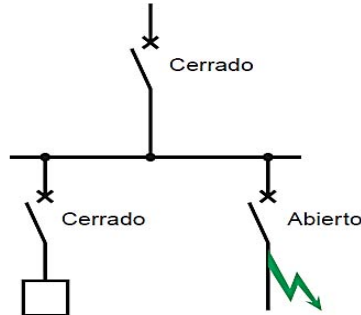
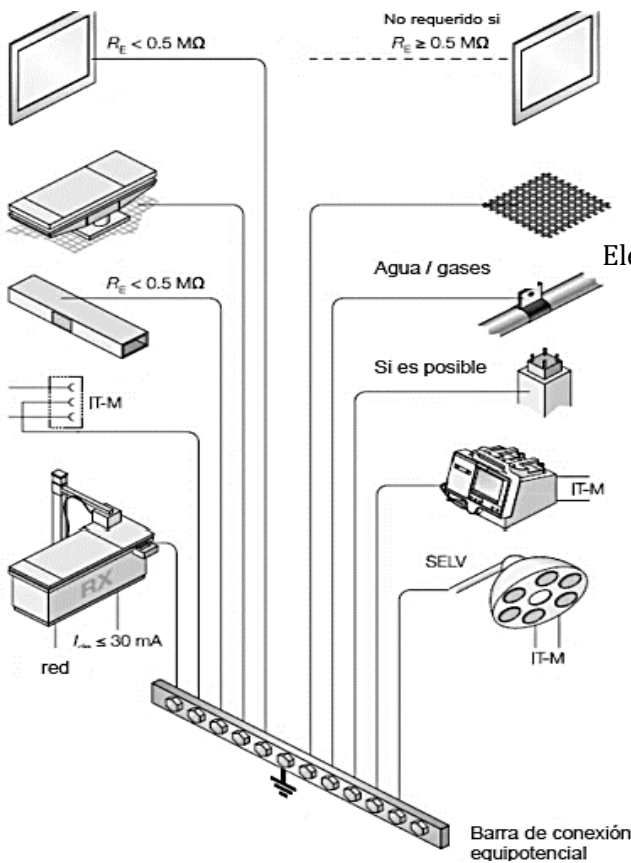


Figura 23. Principio de selectividad.

### 3.26 CONEXIONES DE PUESTA A TIERRA DE CONTACTOS Y EQUIPO ELÉCTRICO FIJO EN LAS ÁREAS DE CUIDADO DE PACIENTES.

#### 3.26.1 EL SISTEMA PRINCIPAL DE CONEXIÓN EQUIPOTENCIAL.

La conexión se lleva a cabo mediante conductores de protección y el objetivo consiste en asegurar que, en caso de que un conductor extraño entrante (como una tubería de gas, etc.) desarrolle un potencial debido a un defecto externo al edificio, no pueda ocurrir una diferencia de potencial entre las partes conductoras extrañas en la instalación, la conexión se debe realizar lo más cerca posible de los puntos de entrada al edificio y conectarse al terminal principal de conexión a tierra. Sin embargo, las conexiones a tierra de las cubiertas metálicas de los cables de comunicaciones requieren la autorización de los propietarios de tales cables. [15]



El nodo puede ser implementado con una barra de terminales o una barra de cobre con múltiples agujeros (uno para cada conductor conectado) y localizado en un muro dentro o justo afuera del sitio.

Elementos a ser conectados al PE:

- Partes conductoras y externas
- Lámparas
- Conductores de protección
- Los contactos de tierra de todas las tomas IT-M
- Los componentes de hierro de todo el hormigón armado del sitio.
- Pantalla de metal ubicada entre los devanados del transformador de aislamiento.
- Pantallas de metal, redes conductoras ubicadas bajo el suelo, mesas de cirugía...

Figura 24. Elementos conectados a barra equipotencial.

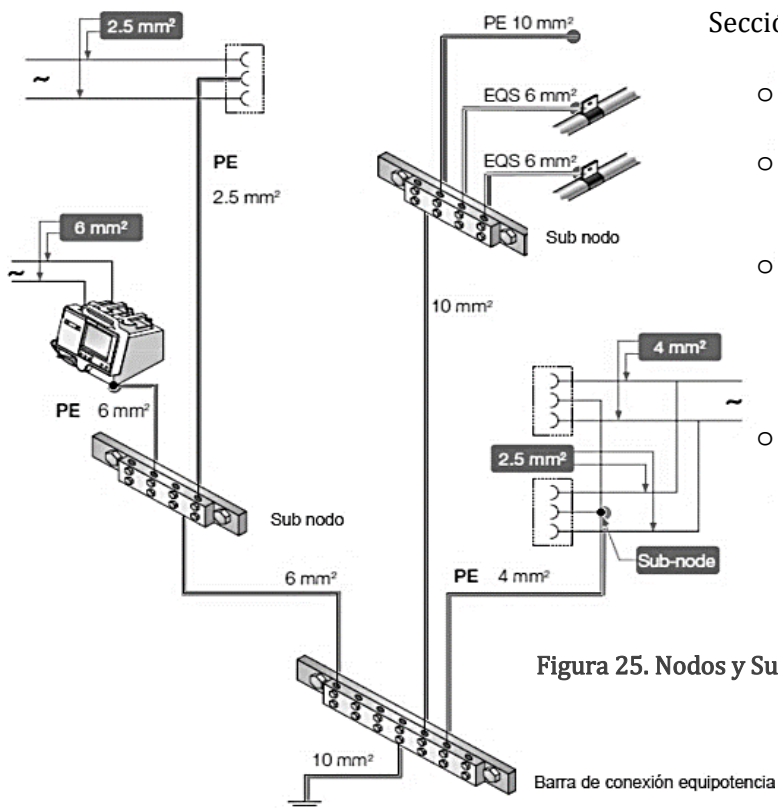


Figura 25. Nodos y Sub-nodos.

Sección transversal de los sub-nodos:

- En conductores equipotenciales  $\geq 6 \text{ mm}^2$
- Conductores de Protección (PE) deben ser al menos iguales a los conductores de fase.
- En el conductor que conecta un sub-nodo a la barra de conexión equipotencial, debe ser al menos igual a aquella del conductor con la sección más grande conectado al sub-nodo.
- En el conductor de protección principal debe ser igual al menos a la más grande de los conductores aguas arriba.

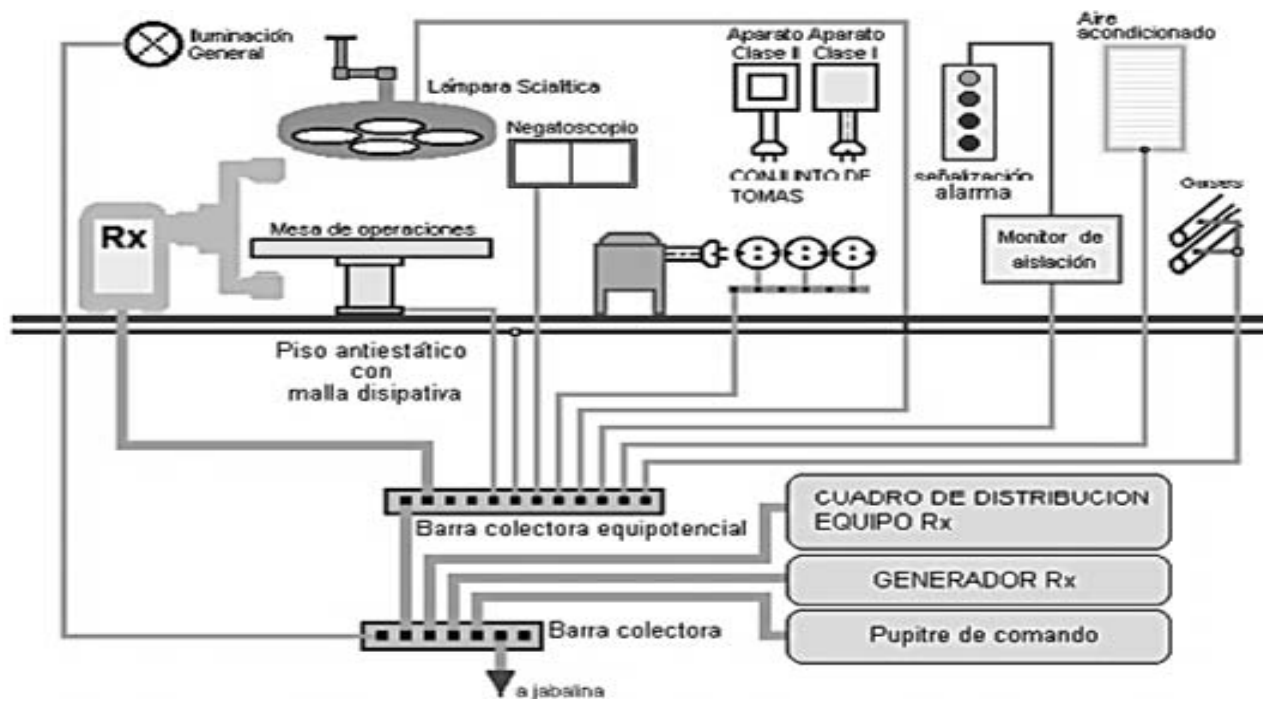


Figura 26. Equipotencialización de un quirófano.

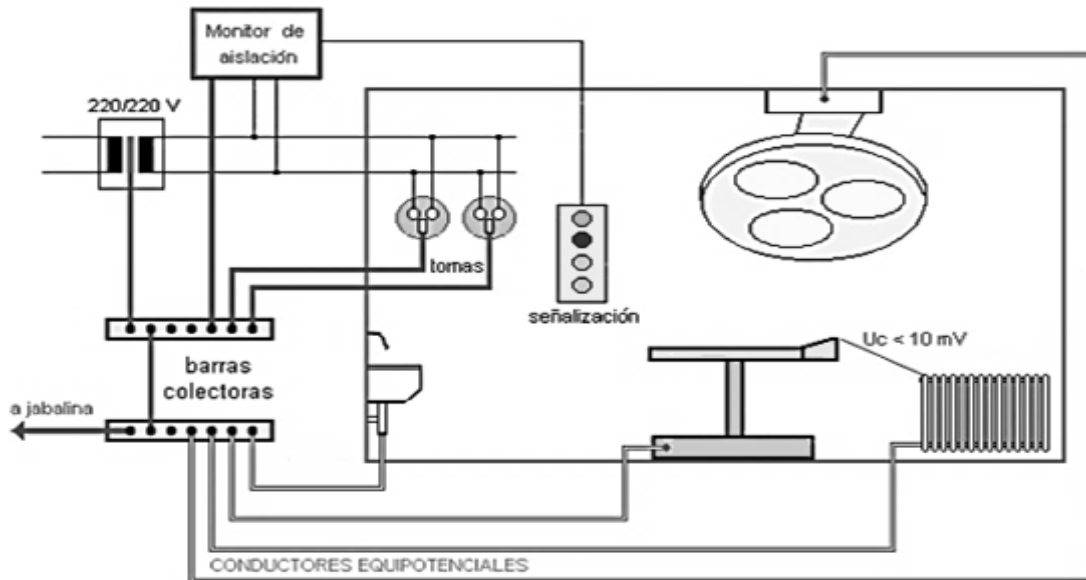


Figura 27. Esquema equipotencial simplificado de quirófano

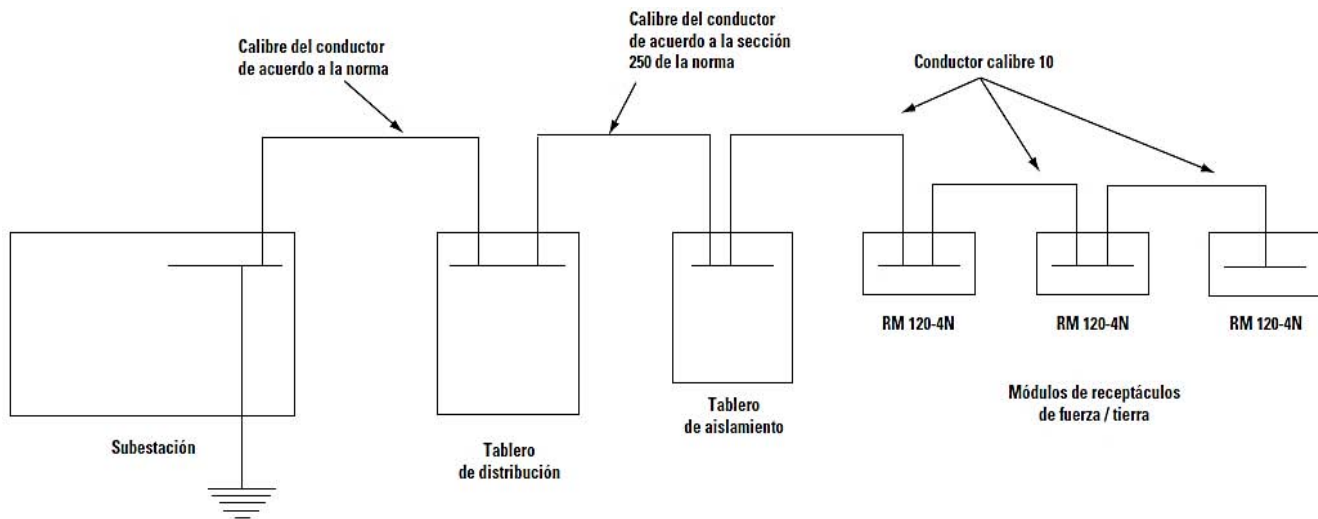


Figura 28. Sistema de puesta a tierra típico de las salas de operación.

### 3.26.2 CONEXIONES EQUIPOTENCIALES SUPLEMENTARIAS.

Estas conexiones tienen como finalidad conectar todas las partes conductoras accesibles y todas las partes conductoras extrañas que sean accesibles simultáneamente, cuando no se cumplen las condiciones de protección adecuadas, es decir, cuando los conductores de conexión originales presentan una resistencia inaceptablemente alta.

### 3.26.3 MÉTODOS DE ALAMBRADO.

Todos los circuitos derivados que alimenten a las áreas de atención de pacientes deben proveerse de una trayectoria efectiva de puesta a tierra de equipos para conducir la corriente eléctrica de falla a tierra, esta trayectoria debe establecerse a través de un sistema de canalización metálica o cable armado. El sistema de canalización metálica o cable armado con cubierta metálica ensamblado en fábrica, deben calificarse como conductores eficientes de puesta a tierra. [6]

#### 3.26.4 CONDUCTOR CON AISLAMIENTO DE PUESTA A TIERRA DE EQUIPOS.

En las áreas de atención a pacientes, se debe de utilizar un conductor de cobre con aislamiento de puesta a tierra de equipos instalado con los conductores del circuito derivado, todos los conductores del circuito derivado deben instalarse de acuerdo con los métodos de alambrado.

El conductor de cobre con aislamiento de puesta a tierra de equipos debe conectarse a las terminales o conectores para la puesta a tierra de los equipos y dispositivos médicos como sigue:

- Al conector color verde que conecta la terminal a tierra de los contactos.
- A los conectores para puesta a tierra de las cajas metálicas, de paso, para dispositivos y de conexiones, así como a los conectores o barras de los envoltentes metálicos que alojan a los contactos y dispositivos de desconexión.
- A las superficies expuestas de los equipos fijos y dispositivos médicos que funcionen a más de 100 volts, que puedan quedar energizadas y estén sujetas al probable contacto con pacientes o personas.

#### 3.26.5 CONEXIÓN DE LAS PARTES CONDUCTORAS ACCESIBLES A LOS ELECTRODOS DE TIERRA.

La conexión se lleva a cabo por medio de conductores de protección con el fin de proporcionar una ruta de baja resistencia para las corrientes de fuga que fluyen a tierra.

#### 3.27 SISTEMA DE TIERRAS.

Es una red de conductores eléctricos, usada para establecer una unión que garantice la continuidad eléctrica ente las partes metálicas no conductoras de una instalación eléctrica y el terreno sobre o cercano al lugar donde se encuentran. Tratando de lograr un potencial uniforme alrededor de dicha instalación.

Es también un medio para proteger de una descarga eléctrica a las personas que operan, utilizan o circulan cerca de estas instalaciones, protegiendo también los elementos que forman la propia instalación. Se busca obtener también los siguientes objetivos parciales:

- Limitar las sobretensiones debidas a descargas atmosféricas, a fenómenos transitorios del propio circuito y a contactos accidentales con líneas de mayor tensión, drenando estas corrientes de falla al terreno para su eliminación.
- Una conexión adecuada a tierra facilita la operación de los dispositivos de protección de sobrecorriente principalmente en el caso de falla a tierra.
- En los sistemas polifásicos de corriente alterna (3, 4, 6 ó más fases) la conexión adecuada del neutro a tierra estabiliza las tensiones del sistema en su ángulo de desfaseamiento y en su magnitud, evitando variaciones de tensión cuando existen cargas desbalanceadas en las fases.

La red de tierras debe estar conectada desde los puntos de utilización, principalmente los tomacorrientes o contactos. El hilo de tierra deberá instalarse en la misma tubería de la alimentación, conectarse a la barra de tierra del tablero de piso;

En esta barra se deben conectar todos los hilos de tierra de los servicios que alimente dicho tablero, y de esta barra se conectará un hilo de tierra calibre adecuado que se instalará junto con la alimentación y que unirá a la barra de tierra del tablero subgeneral. Nuevamente de la barra de tierra del tablero subgeneral se enviará un hilo de tierra de calibre adecuado junto con los hilos de alimentación y en el mismo tubo a la barra de tierra del tablero general. Este tablero estará en el punto de acometida eléctrica, ya sea en baja tensión o bien por medio de una subestación recibiendo en alta tensión.

Esta barra deberá conectarse con cable desnudo de calibre adecuado formando una red, la cual se conectará a los electrodos de tierra, los cuales deberán enterrarse.

Los apartarrayos de la subestación deben conectarse a un electrodo individual que no se interconectará con ningún otro elemento de la red de tierras.

#### 3.27.1 CONDUCTOR DE TIERRA PARA CONTACTOS POLARIZADOS.

Todos los contactos polarizados que están alimentados por una tubería y pertenecen al mismo tablero, serán interconectados en sus terminales de tierra por un conductor de cobre desnudo del no. 12, el cual se conectará a la barra de tierra del tablero de piso, en el caso de que el proyecto no nos especifique el calibre del conductor descrito se seleccionará de acuerdo con lo indicado en la tabla 14.

#### 3.27.2 RED DE TIERRA DE LA SUBESTACIÓN.

Cada elemento del sistema de tierra (incluyendo la malla, conectores y electrodos) deberá cumplir con lo siguiente:

- Tener un punto de fusión suficientemente alto para no sufrir deterioro bajo las más severas condiciones de las magnitudes de corriente de falla y duración de las mismas.
- Tener resistencia mecánica suficiente y ser resistente a la corrosión.
- Tener suficiente conductividad, de manera que dichos elementos no contribuyen sustancialmente a originar diferencias de potencial peligrosas.

Debido a la necesidad de un punto de fusión alto no se permite soldadura de estaño en ninguna de sus conexiones o uniones. Estas uniones o conexiones deberán realizarse de preferencia por medio de moldes especiales para que sean fundidas, pueden usarse también conectores mecánicos ya sea atornillables o a compresión; como última solución pueden realizarse soldaduras con autógena cuidando de no dañar los conductores de cobre.

#### 3.27.3 ELECTRODO DE TIERRA.

El objetivo de los electrodos de tierra es proporcionar un camino de baja resistencia eléctrica entre la red de tierra y el terreno propiamente dicho, así todos los electrodos de tierra deben tener la superficie limpia, sin pintura ni barniz que aumente su resistencia eléctrica.

Siempre que las condiciones del caso lo permitan, los electrodos deben enterrarse hasta sobrepasar el nivel de la humedad permanente. Cuando se encuentre un lecho de roca pueden enterrarse a la mayor profundidad que permita éste.

##### 3.27.3.1 ELECTRODOS DE PLACA.

Cada electrodo de placa debe tener por lo menos 2000 centímetros cuadrados de superficie en contacto con la tierra. Los electrodos de placa de fierro o acero deben tener un espesor no menor de 6 milímetros y los de metal no ferroso, no menor de 2 milímetros.

##### 3.27.3.2 ELECTRODOS DE TUBO.

Los electrodos de tubo deben tener por lo menos 19 milímetros de diámetro exterior y, si son de fierro o acero, deben estar galvanizados.

##### 3.27.3.3 ELECTRODOS DE BARRA.

Los electrodos de barra de acero o de fierro deben tener por lo menos 1.6 centímetros de diámetro (2.0 centímetros cuadrados de sección transversal). Las barras de materiales no ferrosos deben tener un diámetro no menor de 1.27 centímetros (126 centímetros cuadrados de sección transversal). Los electrodos de tubo o barra, mencionados en los incisos c y d, deben tener una longitud de 2.40 m como mínimo.

#### 3.28 TIERRA O TERRENO.

La conexión a tierra es una de las partes más importantes del sistema de tierra. Esta es también la parte más difícil de obtener. La perfecta conexión a tierra deberá tener una resistencia con valor cero, pero ésta es imposible de obtener. La NEC (National Electrical Code 1978) recomienda que la resistencia máxima no deberá exceder de 25 Ohms.

Tomando en cuenta que al tener mayor humedad se obtiene menor resistencia, las tres varillas o electrodos deben instalarse en un jardín adjunto o un espacio libre que pueda regarse y esté cubierto con grava de 19 mm (3/4").

Se empleará varilla copperweld, tomando en cuenta lo siguiente:

- Las varillas copperweld deberán ser de 3.10 m de largo y 19 mm de diámetro, limpias, sin pintura, grasa o barniz que aumente su resistencia respecto a tierra.
- La red de tierras deberá complementarse con las varillas copperweld, en caso de que el terreno sea húmedo, (jardines, terrenos con aguas freáticas superficiales, etc.), o mediante varillas copperweld y elementos químicos enterrados en terrenos secos.
- Los electrodos artificiales podrán ser tubos de cobre no menores de 19 mm de diámetro exterior y de 3.0 m de longitud o placas de cobre de 6 mm de espesor con un área no menor de 20 decímetros cuadrados de superficie (10 cm X 20 cm de 40 cm X 50 cm, etc.) Puede lograrse esta superficie conectando varias placas en paralelo.

### 3.29 CONEXIÓN DE TANQUES Y RECIPIENTES A LA RED DE TIERRA.

- El extremo superior del cable de tierra se deberá conectar directamente al cuerpo del tanque o soporte del recipiente mediante una conexión soldable (cable-placa) o mecánica, en la inteligencia de que previamente al empleo de la conexión soldable, será necesario conocer el contenido del recipiente y tomar las precauciones necesarias en la ejecución de la conexión.
- El cable se tenderá por la base o porte del recipiente, sujetándolo con el tipo de abrazaderas que señale el proyecto o indique el instituto.
- El cable se deberá proteger con tubo galvanizado en el espesor del piso terminado.

### 3.30 CONEXIÓN A TIERRA DE MOTORES Y EQUIPO ELÉCTRICO.

Los motores y el equipo eléctrico en general se conectarán a tierra mediante el cable de cobre desnudo que se señale en el proyecto; un extremo del éste se conectará al motor o equipo en su carcasa o estructura mediante un tornillo específico a la red de tierra, previa protección con un tramo de tubo galvanizado.

### 3.31 PLANTA DE EMERGENCIA AUTOMÁTICA.

Es un equipo, que partiendo de combustibles primarios (diésel, gasolina o gas), genera energía eléctrica, como fuente alternativa, cuando falta la energía suministrada por la compañía de servicio público, entrando a operar automáticamente.

Tiene como objetivo proporcionar la continuidad del servicio eléctrico en los lugares donde la falta de este provoca problemas de seguridad y continuidad del trabajo económico. Dentro de los hospitales, las áreas principales que requieren emergencia son: quirófanos, recuperación, cuidados intensivos, elevadores, casa de máquinas, pasillos parcialmente, centrales de enfermeras, encarnados, etc.

Las plantas serán de combustible Diesel, y sólo en el caso de potencias menores a 10 Kw se emplean motores de gasolina. Indistintamente las plantas podrán tener aspiración natural o turbo cargadas, siempre y cuando garanticen que de acuerdo con el catálogo del fabricante se obtenga la potencia requerida en el lugar de la instalación y que ésta se compruebe con las pruebas de control de calidad.

La planta deberá tener un acondicionador de temperatura (precalentador de agua), Asimismo, deberá tener orificios para:

- La purga de aceite quemado.
- La purga de agua de enfriamiento.
- El aceite del gobernador.
- El llenado de aceite del motor.
- Verificador del nivel de aceite.
- El llenado de agua al radiado

Integrada a los generadores síncronos de las plantas eléctricas, estará la unidad de excitación que suministra corriente continua a las bobinas del campo rotatorio y separadamente un regulador automático de voltaje que mantiene la tensión de salida del generador dentro del rango permisible, independientemente de los cambios de la corriente de carga.

El interruptor de protección del generador puede ser termomagnético hasta 1000 amps., o electromagnético, para mayores de 1000 A.; si el interruptor es termomagnético se instalará directamente en la caja de salida del generador, y su capacidad será de acuerdo con la capacidad en Kw del generador y la tensión a la que va a operar. Estos datos están contemplados en el proyecto y en las especificaciones que presenta la división de proyectos.

### 3.31.1 SISTEMA DE BATERÍAS PARA ARRANQUE Y CONTROL.

La batería o baterías deberán ser colocadas en un banco metálico y lo más cerca posible al motor de arranque de la máquina e interconectarse con cable multifilamento calibre no. 2 con conectores de ponchar de ojillo y terminales para batería.

- La tensión del sistema de arranque y control puede ser de 12 volts CD a 24 volts CD.
- Para poder apreciar si la planta de energía está trabajando en condiciones normales se enlistan los valores que deben presentar los registradores de la planta:
  - Temperatura del agua 160 a 200°F
  - Presión del aceite 40 a 60 Lbs/pulg.2 7.14 a 10.7 Kg/cm2.
  - Voltaje 220 a 440 Volts.
  - Frecuencia 58 a 62 Hz.
  - Corriente de cargador de baterías 0.8 a 3 Amps.

### 3.31.2 SISTEMA DE PROTECCIÓN, CONTROL DE ARRANQUE Y PARO.

La planta de emergencia deberá contar con un sistema electromecánico, que efectúe el arranque del motor de combustión interna cuando se requiere la energía de emergencia, y desconecte cuando retorne la energía de la compañía suministradora. Así mismo deberá supervisar que dicho motor funcione correctamente; vigilando: la presión del aceite, la temperatura del agua y la velocidad del motor. Cuando cualquiera de estos parámetros presente comportamientos que pueden dañar el motor, el control debe proceder a parar la máquina indicando en el tablero el motivo de dicho paro.

Estas fallas pueden ser:

- Falta de presión en el aceite.
- Alta temperatura de agua.
- Sobrevelocidad

### 3.31.3 SISTEMA DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA.

El equipo transferencia tendrá elementos necesarios para mantener conectada la energía de la compañía suministradora (normal) a la carga (salida) mientras se tiene este suministro; en cuanto falta esta energía, detecta la falta de tensión, envía una señal al control del motor de combustión interna, para que funcione y empiece a generar. Una vez que esto sucede cambiará la conexión desconectando el suministro normal y conectando el alimentador de emergencia cuando se restablece la energía normal, se repiten los mismos pasos, pero en forma inversa. Las dos secuencias serán totalmente automáticas.

Este equipo estará constituido por:

- Interruptor de transferencia.
- Circuito de control transferencial.
- Descripción del sistema de transferencia automática.



### 3.32 TRANSFORMADOR.

Un transformador es un dispositivo que cambia la potencia eléctrica alterna con un nivel de voltaje a potencia eléctrica alterna con otro nivel de voltaje mediante la acción de un campo magnético. El devanado del transformador que se conecta a la fuente de potencia se llama devanado primario o devanado de entrada, y el devanado que se conecta a la carga se llama devanado secundario o devanado de salida.

Dependiendo del uso que se le dé en el sistema de potencia los transformadores se pueden clasificar de la siguiente manera;

Para potencia:

- Unidad (para más de 110KV).
- Subestación (2.3 a 34.5 KV).
- Distribución (110, 208, 220 V).

Para propósitos especiales:

- Autotransformador.
- Instrumentación {Potencial.  
Corriente.

#### 3.32.1 TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS.

Los transformadores para los circuitos trifásicos se pueden fabricar de dos maneras. Una de ellas consiste simplemente en tomar tres transformadores monofásicos y conectarlos en un banco trifásico. Otra alternativa es construir transformadores trifásicos con tres grupos de devanados enrollados en un núcleo común. El transformador trifásico como tal es más ligero, pequeño, barato y un poco más eficiente, pero el uso de tres transformadores monofásicos por separado tiene la ventaja de que cualquier unidad del banco puede ser reemplazada individualmente si se presenta alguna falla. A fin de potencialmente ahorrar dinero, una instalación sólo podría necesitar tener un transformador monofásico separado sencillo para respaldar todos los trifásicos.

#### 3.32.2 CONEXIONES DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS.

Un transformador trifásico consta de tres transformadores, ya sea separados o combinados sobre un solo núcleo. Los primarios y secundarios de cualquier transformador trifásico se pueden conectar independientemente en ye (Y) o en delta (D) [16].

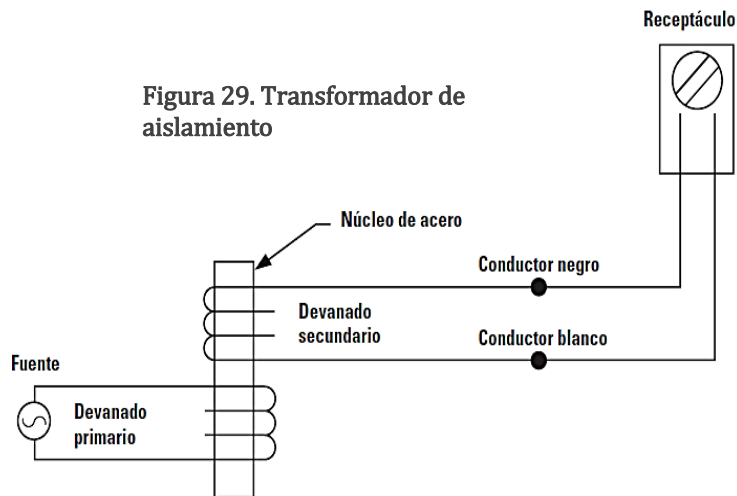
Esto nos da un total de cuatro conexiones posibles en el banco de un transformador trifásico:

- Ye-ye (Y-Y)
- Ye-delta (Y-D)
- Delta-ye (D-Y).
- Delta-delta (D-D).

#### 3.32.3 TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO.

Los transformadores de aislamiento son de relación 1;1 la energía eléctrica puesta a tierra disponible energiza una bobina del transformador de aislamiento; esta bobina se denomina devanado primario. Esto induce una corriente en el devanado secundario, el cual está completamente aislado del devanado primario por medio de inducción electromagnética.

Cuando los dispositivos eléctricos se conectan a través de dos conductores del transformador, trabajan como si estuvieran conectados directamente a un sistema puesto a tierra. La conclusión que se puede obtener es que el transformador de aislamiento proporciona la misma energía eléctrica útil que la que proporciona un circuito de energía puesto a tierra, sin embargo, la corriente no fluye desde ninguno de los conductores del sistema aislado hacia tierra. En términos poco más técnicos, no existe un potencial peligroso a tierra desde cualquiera de los conductores de un sistema eléctrico aislado [15].



### 3.33 SUBESTACIÓN.

Es un conjunto de equipos (interruptores automáticos, desconectores, barras principales y transformadores, cuchillas de paso, apartarrayos, fusibles, capacitores, y reactores) bajo el control de personas calificadas, a través del cual, la energía eléctrica circula con el propósito de modificar sus características o conectar y desconectar.

Las subestaciones se clasifican de acuerdo con su nivel de tensión, de acuerdo con su configuración y de acuerdo con su función.

Instalaciones eléctricas:

- Instalaciones para fuerza que alimenta en forma individual o en grupo a cargas de fuerzas (motores, resistencias, rectificadores, hornos, etc.)
- Instalaciones para iluminación que alimentan a los equipos de alumbrado y las cargas eléctricas, constituidas por aparatos y máquinas pequeñas, a través de contactos, que se consideran circuitos derivados de fuerza mayor.

#### 3.33.1 ACOMETIDAS.

Estas se clasifican en aéreas o subterráneas.

- Las acometidas aéreas son para servicios de baja tensión hasta con demandas de 20 kw.
- Las acometidas subterráneas para servicios en baja tensión con demandas superiores a 30 kw.
- Las acometidas en alta tensión para subestaciones tipo compacta deben ser subterráneas.

Tipos:

- Subestaciones abiertas tipo rural
- Subestaciones compactas tipo interior autosportadas
- Subestaciones compactas tipo intemperie autosportadas

### 3.34 GENERADORES LOCALES.

En determinadas instalaciones se necesita una fuente de alimentación que sea independiente del servicio público normal. En estos casos se utiliza un generador local (normalmente impulsado por un motor diésel) asociado con un sistema UPS. En esta situación, el tiempo de reserva de las baterías del sistema UPS debe ser suficiente para cubrir el tiempo necesario para arrancar el motor diésel y conectar el generador a la carga. El tiempo necesario para realizar el cambio de una fuente a la otra dependerá de las características de la instalación concreta, como la secuencia de arranque del motor, el posible deslastrado de cargas no esenciales, etc. La conexión se suele llevar a cabo en el cuadro de distribución general de baja tensión por medio de un sistema de cambio automático de fuente. [13]

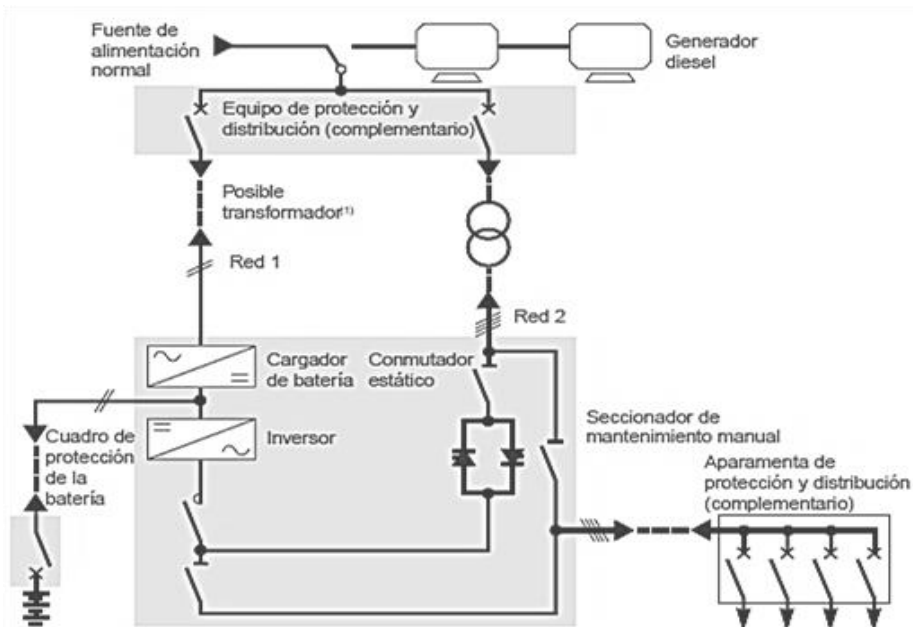


Figura 30. Ejemplo: caso para correspondencia de tensiones.

El generador y el motor estarán acoplados directamente sobre base de acero formando unidad compacta, completa y de alineamiento permanente. El generador será trifásico de corriente alterna constituido y aprobado por normas NEMA y ASA, con aislamiento clase F, apropiado para un mínimo de mantenimiento, sin anillos colectores, ni conmutador de gas, ni escobillas, siendo su regulación totalmente estática, sin piezas sujetas a fricción.

### 3.35 CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.

Las redes de suministro eléctrico públicas y privadas están sometidas a diversas perturbaciones cuyo nivel y frecuencia deben controlarse y mantenerse dentro de límites aceptables. Entre las más graves cabe mencionar las siguientes:

- Curvas de tensión o picos y caídas repentinos
- Sobretensiones.
- Armónicos, especialmente los impares (3º, 5º, etc.).
- Fenómenos de alta frecuencia.

Para asegurar el suministro de aplicaciones que son especialmente sensibles a las perturbaciones de la alimentación eléctrica (p. ej. los ordenadores), se puede instalar un circuito de distribución de alimentación de alta calidad en el esquema de distribución de baja tensión normal. [13]

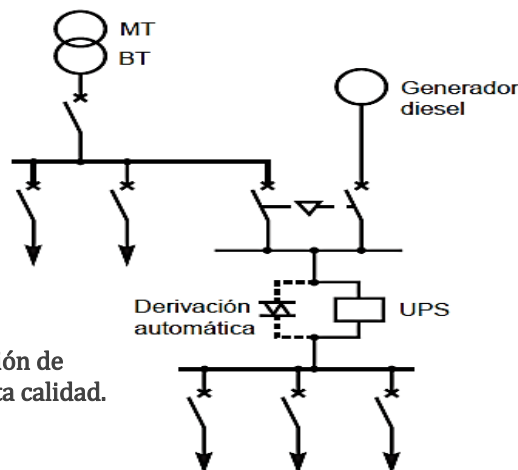


Figura 31. Instalación de alimentación de alta calidad.

### 3.36 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE MÉXICO.

A partir del año 2009 el sistema eléctrico se vio modificado por el cambio de compañía suministradora de energía eléctrica (luz y fuerza del centro, por comisión federal de electricidad), quedando de la siguiente manera:

Longitud de líneas para conducir la electricidad generada, se cuenta con una red de transmisión conformada por los niveles de tensión de 400, 230 y 161 kV, la cual se incrementó en 2009 en 245 km, con lo que alcanzó los 49 250 km.

En subtransmisión, donde los niveles de tensión son de 138, 115, 85 y 69 kV, se presentó un decremento de 434 km, con lo cual se llegó a los 46 849 km. En 2009, con la integración de 8 771 km adicionales a la red de distribución, ésta llegó a los 641 783 km en tensiones de 34.5; 23; 13.8; 6.6; 4.16 y 2.4 kV y baja tensión de 220 y 127 volts (en su mayoría, corresponde a los usuarios con tarifas residencial y comercial). Con todo esto, la longitud total de la red eléctrica alcanzó los 737 882 km, 1.18 por ciento más que en 2008. [17]

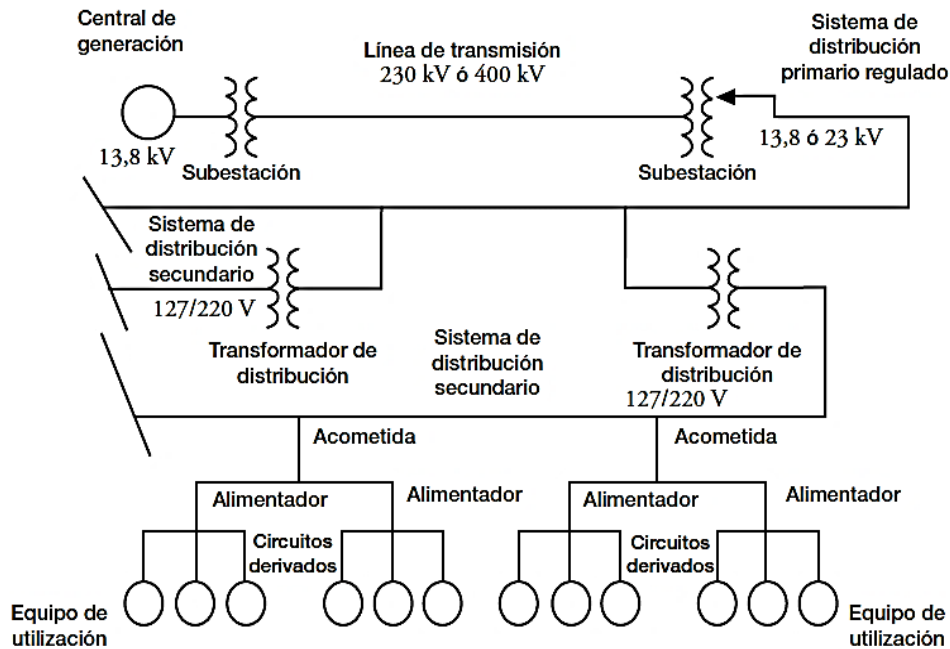
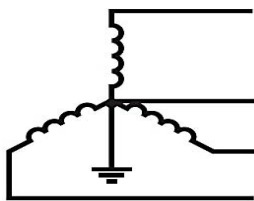
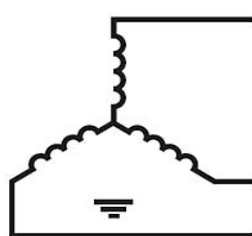


Figura 32. Sistema eléctrico típico para la generación, transmisión, distribución y utilización de energía eléctrica. [9]

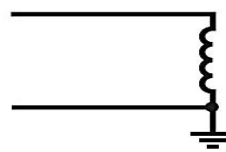
Tensión de la red local BT México	Frecuencia y tolerancia (Hz y %)	Doméstico (V)	Comercial (V)	Industrial (V)
	$60 \pm 2$	127/220 (a) 220 (k) 120 (l)	127/220 (a) 220 (k) 120 (l)	13.8 K (mas común) 13.2 K 277/480 (a) 127/220 (b)



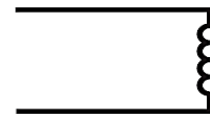
(a) Estrella trifásico: Cuatro conductores Neutro conectado a tierra



(b) Estrella trifásico: Trifásico



(k) Una fase: Dos conductores Punto final conectado a tierra



(l) Una fase: Dos conductores Sin conectar a tierra

Figura 33. Diagramas de circuito. [13]

### 3.37 SIMBOLOGÍA

La norma mexicana que establece las abreviaturas y símbolos gráficos los cuales se utilizan en diagramas, planos y equipos eléctricos es NMX-J-136-ANCE-2007 (norma de carácter opcional) entre sus líneas menciona que no se deben combinar los símbolos usados en México con los símbolos internacionales (normas como la IEC 60617, IEC 60417, ANSI Y32.9-1972, ANSI/IEEE Std. 315A-1986-1986) sin embargo no existe norma que defina como hacer un plano eléctrico, los símbolos más comunes de esta norma son:

Titulo	Símbolo	Titulo	Símbolo
Circuito (canalización) confinado por techo o pared.  *Línea gruesa para identificar acometidas, alimentadores, y derivados.  *Para tubo se indica diámetro y núm. De conductores.		Tubo o ducto por techo o muro	<u>D - K - C</u>
Circuito conductor o tubo.  *líneas inclinadas indican el número de conductores.		Cajas de registro	
Circuito (canalización) confinado por piso o enterrado.		Acometida	
Arrancador (con protección contra sobrecarga).		Receptáculo sencillo	
Interruptor de seguridad		Receptáculo *El numero muestra la cantidad de polos	
Fusible		Interruptor sencillo	
Salida de lampara incandescente		Interruptor escalera	
Motor		Transformador dos devanados	
Transformador dos devanados		Interruptor de seguridad (desconectador de seguridad)	
Tubería sube		Tubería baja	
Tablero de distribución general		Tablero de distribución general iluminación	

Tabla 3.Simbología NMX-J-136-ANCE-2007 más comúnmente usada. [18]

### 3.38 SOFTWARE CAD

El diseño (o edición) asistido por computadora, también conocido como CAD (Computer Aided Design), es una herramienta de diseño que utiliza computadoras para crear dibujos y modelos de productos mientras se encuentran en el proceso de creación. CAD fue creado a principios de los 60 y hoy se utiliza para diseñar casi todos los productos en el mercado mundial. Existen muchos tipos de CAD para diferentes aplicaciones, y cualquiera que esté interesado en cómo se diseñan los productos, puede querer saber más. [19]

#### 3.38.1 CAD 2D

El CAD bidimensional, o 2D, se utiliza para crear dibujos planos de productos o estructuras. Los objetos creados en CAD 2D son hechos de líneas, círculos, óvalos, muescas y curvas. Los programas CAD 2D usualmente incluyen una biblioteca de imágenes geométricas; la habilidad de crear curvas de Bézier, splines y polilíneas; la habilidad de definir patrones de eclosión; y la habilidad de proveer una lista de generación de materiales. Entre los programas más populares de CAD 2D se encuentran AutoCAD, CADkey, CADD5, CATIA v4 y Medusa.

#### 3.38.2 CAD 2.5D

Entre el CAD 2D y el 3D se encuentra el 2.5. Los modelos creados en este tipo de CAD son prismáticos, es decir que representan la profundidad de los objetos. Como el CAD 2D, estos objetos están hechos de formas geométricas.

#### 3.38.3 CAD 3D

Los programas CAD tridimensionales (3D) vienen en una amplia variedad de tipos, destinados a diferentes aplicaciones y niveles de detalle. En conjunto, los programas CAD 3D crean un modelo realista del objeto de diseño, permitiendo a los diseñadores resolver problemas potenciales más temprano y con menores costos de producción. Algunos programas CAD 3D incluyen a Autodesk Inventor, CoCreate Solid Designer, Pro/Engineer SolidEdge, SolidWorks, Unigraphics NX y VX CAD.

#### 3.38.4 MODELOS DE ALAMBRE Y SUPERFICIE EN 3D

Los programas CAD que cuentan con modelado tridimensional de alambre y superficie crean una estructura interna tipo esqueleto del objeto que está siendo modelado. Estos tipos de modelos CAD son difíciles de trasladar a otro programa y por lo tanto son raramente usados.

#### 3.38.5 MODELADO DE SÓLIDOS

El modelado de sólidos en general es útil porque el programa a menudo es capaz de calcular las dimensiones del objeto que está creando. Existen muchos de estos subtipos. El CAD CSG (Constructive Solid Geometry - Geometría Constructiva de Sólidos) utiliza objetos geométricos sólidos preparados para crear un objeto. Sin embargo, estos tipos de software CAD a menudo no pueden ser ajustados una vez que han sido creados. El modelado de sólidos Brep (Boundary Representation - Representación de Límites) toma las imágenes CSG y las enlaza. Los sistemas híbridos mezclan CSG y Brep para conseguir los diseños deseados.

#### 3.38.6 DWG

Estos softwares utilizan mayormente el formato de archivo ".dwg", este formato contiene toda información que el usuario introduce en un dibujo CAD como lo son diseños, datos geométricos, mapas y fotos, así mismo DWG puede referirse también a un entorno de tecnología la cual ofrece la capacidad para moldear, renderizar, dibujar, anotar y medir.

### **CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO.**

En este capítulo se han descrito los conceptos básicos que servirán como base al planificar el diseño de instalaciones dentro de las diferentes instituciones para la salud, se debe ser muy cuidadoso a la hora de llevar a cabo su aplicación pues el objetivo primordial siempre debe ser: el mantener la instalación segura tanto para el personal como para el equipo, cada concepto debe ser ahondado pues prácticamente aquí solo hago una mención general y en el caso de los quirófanos y laboratorios se debe ser muy delicado con los gases porque son explosivos.

## 4 MÉTODOS DE CÁLCULO

Los cálculos simplificados y las normas prácticas que se indican a continuación, proporcionan resultados con la precisión suficiente, en la mayoría de los casos, a efectos del diseño.

### 4.1 CÁLCULO DE ALUMBRADO POR EL MÉTODO DE LÚMENES.

La finalidad de este método es calcular el valor medio en servicio de la iluminancia en un local iluminado con alumbrado general. [20]

#### 4.1.1 ILUMINANCIA/ILUMINACIÓN.

Es la relación de flujo luminoso incidente en una superficie por unidad de área, expresada en luxes. Su símbolo es E y su unidad el lux (lx) que es un lm/m<sup>2</sup>.


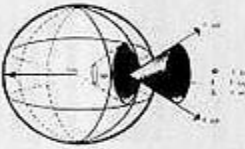
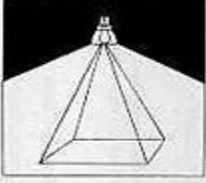

MAGNITUD	SÍMBOLO	UNIDAD	DEFINICIÓN DE LA UNIDAD	REPRESENTACION GRAFICA	RELACIONES
FLUJO	$\Phi$	LUMEN (lm)	Flujo luminoso de la radiación monocromática de frecuencia $540 \times 10^{12}$ Hertz y un flujo de energía radiante de 1/683 vatios.		$\Phi = I \times \omega$
INTENSIDAD LUMINOSA	I	CANDELA (cd)	Intensidad luminosa de una fuente puntual que emite un flujo luminoso de un lumen en un ángulo sólido de un estereoradian.		$I = \frac{\Phi}{\omega}$
NIVEL DE ILUMINACION (ILUMINANCIA)	E	LUX (lx)	Flujo luminoso de un lumen que recibe una superficie de 1 m <sup>2</sup> .		$E = \frac{\Phi}{S}$
LUMINANCIA	L	CANDELA por m <sup>2</sup> (cd/m <sup>2</sup> ) CANDELA por cm <sup>2</sup> (cd/cm <sup>2</sup> )	Intensidad luminosa de una candela por unidad de superficie.		$L = \frac{I}{S}$

Tabla 4. Resumen de las magnitudes y unidades luminosas fundamentales.

#### 4.1.2 CÁLCULO DEL FLUJO LUMINOSO TOTAL NECESARIO.

Para ello aplicaremos la fórmula:

$$\Phi_T = \frac{E * S}{\eta * f_m}$$

Donde:

$\Phi_T$  = es el flujo luminoso total

E = es la iluminancia media deseada

S = es la superficie del plano de trabajo

$\eta$  = es el factor de utilización

$f_m$  = es el factor de mantenimiento

Cálculo del número de luminarias.

$$N = \frac{\Phi_T}{n * \phi_L}$$

Donde:

N = es el número de luminarias

$\Phi_T$  = es el flujo luminoso total

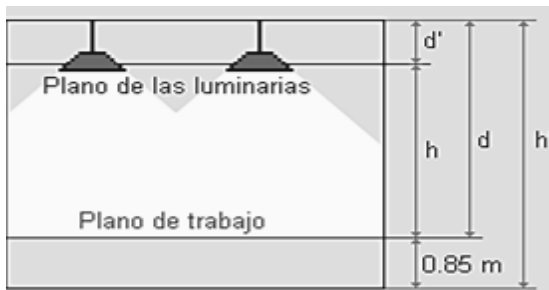
$\phi_L$  = es el flujo luminoso de una lámpara

n = es el número de lámparas por luminarias

#### 4.1.3 LA INTENSIDAD DE ILUMINACIÓN O EL NIVEL DE ILUMINANCIA MEDIA ( $E$ ).

Depende enteramente de las características del lugar a iluminar y de las actividades que se realizarán en el mismo, es por esto mismo que es un punto al cual debemos prestar atención, porque con una mala iluminación en una oficina el rendimiento de las personas que trabajen ahí es menor que con una iluminación adecuada, debido a la fatiga visual. Al momento de comenzar a diseñar nuestro proyecto de iluminación debemos considerar lo siguiente:

- Determinar el nivel medio de iluminación (tabla 18), y en base a eso determinar qué tipo de lámpara queremos.
- Escoger el tipo de lámpara adecuada de acuerdo con el tipo de actividad que vamos a realizar y elegir el sistema de iluminación que mejor se adapte a nuestras necesidades.
- Determinar la altura de suspensión de las luminarias según el sistema de iluminación elegido.



h= altura entre el plano de trabajo y las luminarias  
 h'= altura del local  
 d= altura del plano de trabajo al techo  
 d'= altura entre el plano de trabajo y las luminarias

Figura 34. Alturas según el sistema de iluminación elegido. [20]

#### 4.1.4 SISTEMAS DE ILUMINACIÓN.

Cuando una lámpara se enciende, el flujo emitido puede llegar a los objetos de la sala directamente o indirectamente por reflexión en paredes y techo. La cantidad de luz que llega directa o indirectamente determina los diferentes sistemas de iluminación con sus ventajas e inconvenientes.

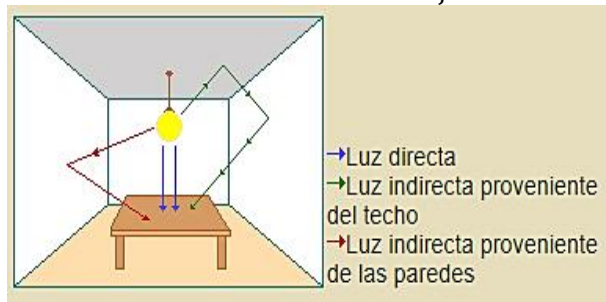
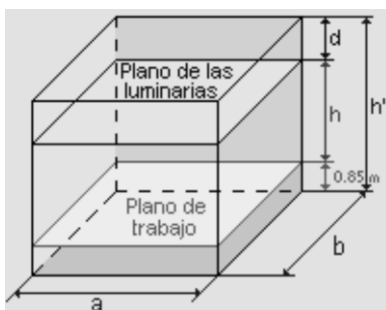


Figura 35. Rebote de luz diferentes superficies.

#### 4.1.5 ÍNDICE DEL LOCAL (K).

Se calcula a partir de la geometría de este, en este caso (áreas cuadradas) se calcula como:



Sistema de iluminación	Índice del local
Iluminación directa, semidirecta, directa-indirecta y general difuso	$k = \frac{a * b}{h * (a + b)}$
Iluminación indirecta y semidirecta	$k = \frac{3 * a * b}{2 (h + 0.85) (a + b)}$

Figura 36. Geometría del local (cuadrada o rectangular).



#### 4.1.6 FACTOR DE REFLEXIÓN (Kf).

Es el porcentaje estándar de la luz indirecta proveniente de paredes, suelo y techo un lugar con paredes oscuras absorbe la luz y en ese caso se requiere una mayor intensidad en nuestro sistema de iluminación.

	Color	Factor de reflexión ( $\rho$ )
Techo	Blanco o muy claro	0.7
	Claro	0.5
	Medio	0.3
Paredes	Claro	0.5
	Medio	0.3
	Oscuro	0.1
Suelo	Claro	0.3
	Oscuro	0.1

Nota: Se considera que existe deslumbramiento en el área y puesto de trabajo, cuando el valor de la reflexión (Kf) supere los valores establecidos en Paredes 60% y Plano de trabajo 50%.

#### 4.1.7 DETERMINAR EL COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN ( $\eta, CU$ ).

Define el comportamiento que tendrá una luminaria en un local dado y su valor estará íntimamente relacionado con el índice del local, también dependerá en gran medida del color y la textura de las paredes, sobre todo en locales pequeños (actualmente es suministrado por el fabricante).

Una vez que hemos calculado el número mínimo de lámparas y luminarias (seleccionadas) procederemos a distribuir las sobre la planta del local (en los locales de planta rectangular las luminarias se reparten de forma uniforme en filas paralelas a los ejes de simetría del local).

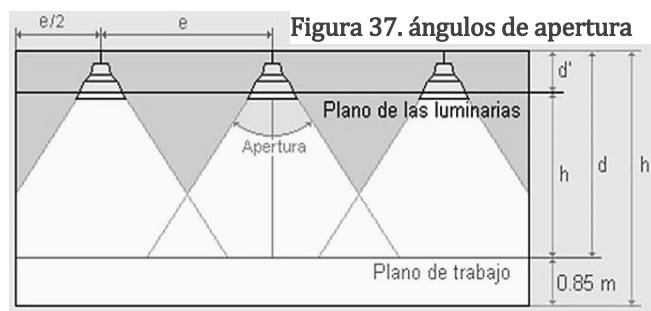
#### 4.1.8 DETERMINAR EL FACTOR DE MANTENIMIENTO (FM) O CONSERVACIÓN DE LA INSTALACIÓN.

Este coeficiente dependerá del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de la limpieza del local.

Ambiente	Factor de mantenimiento (fm)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

#### 4.1.9 DISTANCIA MÁXIMA DE SEPARACIÓN ENTRE LAS LUMINARIAS.

Esta dependerá del ángulo de apertura del haz de luz y de la altura de las luminarias sobre el plano de trabajo.



Tipo de luminaria	Altura del local	Distancia máxima entre luminarias
Intensiva	> 10 m	$e \leq 1.2 h$
Extensiva	6 - 10 m	$e \leq 1.5 h$
Semiextensiva	4 - 6 m	
Extensiva	$\leq 4$ m	$e \leq 1.6 h$

distancia pared-luminaria:  $e/2$

Mientras más abierto sea el haz y mayor la altura de la luminaria más superficie iluminará, aunque será menor el nivel de iluminancia que llegará al plano de trabajo, de la misma manera, vemos que las luminarias próximas a la pared necesitan estar más cerca para iluminarla (normalmente la mitad de la distancia). Si después de calcular la posición de las luminarias nos encontramos que la distancia de separación es mayor que la distancia máxima admitida quiere decir que la distribución luminosa elegida sea excesiva. En estos casos conviene rehacer los cálculos probando a usar lámparas menos potentes, más luminarias o emplear luminarias con menos lámparas.

#### 4.1.10 DISTRIBUCIÓN DE LAS LUMINARIAS.

En los locales de planta rectangular las luminarias se reparten de forma uniforme en filas paralelas a los ejes de simetría del local según las fórmulas de la figura:

$$N_{largo} = N_{ancho} \times \left( \frac{largo}{ancho} \right) \quad N_{ancho} = \sqrt{\frac{N_{total}}{largo}} \times ancho$$

Donde:  $N$  = número de luminarias

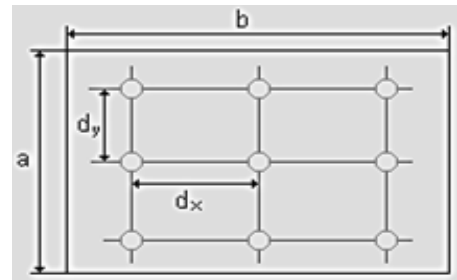


Figura 38. Distribución

#### 4.2 CURVAS DE DISTRIBUCIÓN DE LUZ.

Especifican en qué dirección y con qué intensidad una luminaria emite luz. El valor de intensidad luminosa en candela [cd] para una luminaria determinada se obtiene multiplicando el valor leído del diagrama en cd/klm por el flujo luminoso total en kilolumenes [klm] de las lámparas utilizadas en la luminaria. Las curvas de distribución de luz generalmente se presentan en un sistema de coordenadas polares.

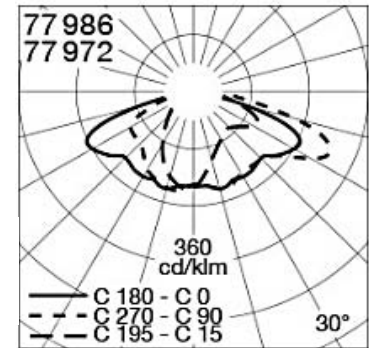


Figura 39. Curva de distribución de luz. [21]

Con los reflectores, especificamos la distribución de la luz usando coordenadas cartesianas. En los diagramas, también se muestran los ángulos de la mitad de la viga:

- línea continua, C 180 - C 0  $\beta = 25^\circ$
- línea punteada, C 270 - C 90  $\beta = 72^\circ$

Los valores de intensidad luminosa se dan en el eje vertical y el ángulo de iluminación en el eje horizontal. En una representación polar, el diagrama especifica qué secciones a través de la luminaria (niveles C) se refieren a las curvas.

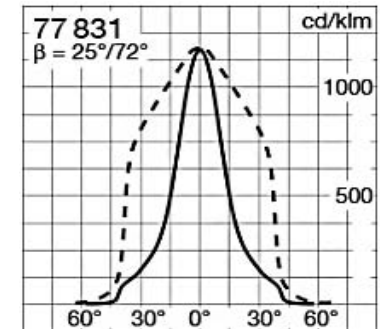


Figura 40. Coordenadas cartesianas. [21]

#### 4.3 DIAGRAMAS DE ILUMINACIÓN.

Para los reflectores (figura 41) especifique las dimensiones del área limitada por los dos ángulos de la mitad de la viga (figura 42) y el grado promedio de iluminancia dependiendo de la distancia desde esta área. Usando los parámetros "reflectores - área - eje horizontal" es posible leer:

- la altura (línea continua, C 0 - C 180  $\beta = 28^\circ$ ) y el ancho (línea de puntos, C 270 - C 90  $\beta = 92^\circ$ ) de la zona limitada en el eje vertical a la derecha
- el grado promedio de iluminancia (parábola) en lx en el eje vertical a la izquierda

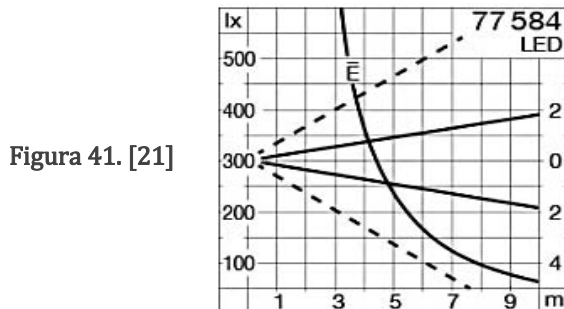


Figura 41. [21]

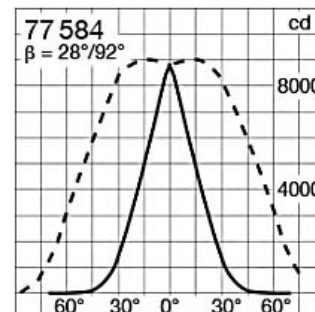


Figura 42. [21]

#### 4.4 DIAGRAMAS ISOLUX.

La figura 43 especifica la distribución de la iluminancia sobre una superficie visible. Los puntos con la misma iluminancia se conectan entre sí por medio de curvas (líneas isolux). La luminaria se encuentra verticalmente por encima de la capa de dibujo a la altura de montaje (h) sobre el origen de la coordenada. Dependiendo del tipo de luminaria, se especifica la altura de montaje (h) o la altura apropiada del poste (H). El intervalo del punto de luz es aproximadamente el doble de la distancia a la que la línea isolux corresponde a la mitad del valor de la mínima luminancia deseada.

Ejemplo: En el diagrama isolux que se muestra aquí, la línea 0.5 lx se extiende lateralmente a una distancia de 15 m desde el origen de coordenadas. Si un camino debe iluminarse -  $E_{min} \geq 1 \text{ lx}$  - luego espaciado del punto de luz de aprox. 30 m deben ser seleccionados. Con luminarias con distribución de luz rotacionalmente simétrica, las líneas isolux resultantes son círculos concéntricos.

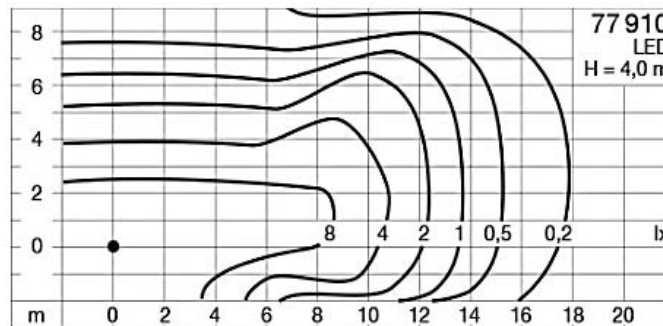


Figura 43. [21]

#### 4.5 CARGAS EN CIRCUITOS.

##### 4.5.1 CÁLCULO DE CONDUCTORES POR CAÍDA DE TENSIÓN.

Las normas para instalaciones eléctricas denotan que la máxima caída del voltaje no debe exceder el 5% de voltaje (desde el alimentador a la carga).

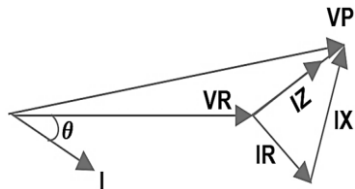
- 2% para el alimentador
- 3% para circuitos derivados

La tabla 5 resume las fórmulas básicas y más comunes que se aplican a los diferentes sistemas eléctricos:

Sistemas monofásicos		Donde:
Corriente:	Porcentaje de caída de voltaje:	
$I = \frac{W}{V_n \cos\theta}$	$e\% = \frac{4LI}{SV_n}$	I = corriente en amperes por conductor L = longitud del conductor en metros S = sección del conductor de $\text{mm}^2$ $V_n$ = voltaje de línea a neutro $V_f$ = voltaje entre fases e = caída de voltaje W = Carga en watts $\cos\theta$ = factor de potencia
Sistemas trifásicos a tres hilos (alimentación delta)		
Corriente:	Porcentaje de caída de voltaje:	
$I = \frac{W}{\sqrt{3}V_f \cos\theta}$	$e\% = \frac{2\sqrt{3}LI}{SV_f}$	
Sistemas trifásicos a cuatro hilos (alimentación estrella con neutro)		
Corriente:	Porcentaje de caída de voltaje:	
$I = \frac{W}{3V_n \cos\theta'}$	$e\% = \frac{2LI}{SV_n}$	
$I = \frac{W}{\sqrt{3}V_f \cos\theta}$	$e\% = \frac{2\sqrt{3}LI}{SV_f}$	

Tabla 5. Sistemas de alimentación más comunes, fórmulas básicas. [22]

Las fórmulas ya mencionadas hacen alusión a cargas puramente resistivas, sin embargo, localizar estas caídas de voltaje entre los distintos sistemas de conductores que tiene una instalación y la influencia de la reactancia inductiva en los conductores viene dada de la siguiente manera:  
[10]



Donde:  
 VR = voltaje en la recepción (carga)  
 VP = voltaje al principio de la alimentación  
 I = corriente que circula por el conductor  
 R = resistencia por fase [ohms]  
 X = reactancia inductiva por fase [ohms]  
 $\theta$  = alguno correspondientes al FP ( $\cos \theta$ )

$$V_s = \sqrt{(VR \cos \theta + IR)^2 + (VR \sin \theta IX)^2}$$

Caída voltaje por fase:

$$V_n = I(R \cos \theta + X \sin \theta) \text{ [volts]}$$

Caída de voltaje de fase a fase:

$$V_f = \sqrt{3} * V_n$$

Caída de voltaje fase a neutro:

$$V_n = I Z_{eq}$$

Impedancia equivalente:

$$Z_{eq} = R \cos \theta + X \sin \theta$$

La caída de voltaje y se expresa normalmente en porcentaje como:

$$V\% = \frac{V}{V_n} * 100$$

#### 4.5.2 CÁLCULO POR AMPACIDAD.

La ampacidad se resume como; la máxima cantidad de corriente que puede conducir un conductor para un calibre dado. El número de conductores dentro de un tubo Conduit se limita para permitir el alojamiento de aire necesario para disipar el calor, la siguiente fórmula describe la relación entre el área de la tubería Conduit y el área de los conductores que albergara [10]:

$$F = \frac{a}{A}$$

Donde:

F=factor de relleno

A=área interior del tubo Conduit  $mm^2$

a=área de los conductores  $mm^2$

factor (F):

53% para un solo conductor

31% para dos conductores

43% tres conductores

40% a partir de cuatro conductores o más

#### 4.5.3 FACTORES DE CORRECCIÓN DE TEMPERATURA AMBIENTE.

Las ampacidades para temperaturas ambientes diferentes a las mostradas se deberán corregir de acuerdo con la Tabla 10 y 11 del anexo, se permitirá que sean calculadas usando la siguiente ecuación [6]:

$$I' = I \sqrt{\frac{T_c - T'_a}{T_c - T_a}}$$

Donde:

$I'$  = Ampacidad corregida por temperatura ambiente

$I$  = Ampacidad en tabla (depende del fabricante)

$T_c$  = Temperatura del conductor en [°C]

$T'_a$  = Temperatura ambiente nueva [°C]

$T_a$  = Temperatura ambiente usadas en tabla (fabricante) [°C]

#### 4.6 CIRCUITOS DERIVADOS.

Los circuitos derivados para cargas diversas indefinidas se clasifican de acuerdo con su protección contra sobrecorriente, como: 15, 20, 30 y 50 A. Una vez conocida la carga a conectar podrán usarse circuitos de capacidad que correspondan a esa carga, las cargas individuales mayores de 50 A deberán alimentarse por circuitos derivados individuales, es recomendable instalar circuitos derivados separados para las cargas de alumbrado, contactos y aparatos eléctricos (el diseño de circuitos derivados es independiente del tipo de servicio requerido).

El número de circuitos derivados que se requieren para alimentar una carga dada, esta se determina de la siguiente manera:

$$\text{No. circuitos} = \frac{\text{Carga total en watts}}{\text{Capacidad de cada circuito en watts}}$$

#### 4.6.1 FACTOR DE DEMANDA PARA CARGA DE APARATOS ELÉCTRICOS.

Relación entre la demanda máxima y la carga total conectada de un sistema eléctrico; Continuo (uso por más de tres horas continuas), no continuo (uso ocasional).

El número de salidas permitidas por circuito derivado se obtiene con:

$$\text{No. Salidas} = \frac{\text{capacidad del dispositivo de protección [A]}}{\text{corriente por salida [A]} * F_c}$$

Donde:

F<sub>c</sub>= factor de continuidad

No continuo: 1

Continuo: 1.25

#### 4.6.2 DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN DEL CIRCUITO.

Donde:

$$I_{sc} = 1.25 * I_N$$

$I_{sc}$  = corriente del dispositivo de sobrecorriente  
 $I_N$  = corriente nominal

#### 4.6.3 CARGAS DE ALUMBRADO PARA LUGARES ESPECÍFICOS.

La carga mínima de alumbrado por cada metro cuadrado de superficie del piso debe ser mayor o igual que la especificada en la Tabla 220-12 (NOM-001-SEDE-2012) para los lugares específicos indicados en la misma. El área del piso de cada planta debe calcularse a partir de las dimensiones exteriores del edificio, unidad de vivienda u otras áreas involucradas, para el caso de hospitales indica que la carga unitaria es de 22 VA/m<sup>2</sup> [6].

#### 4.6.4 APARATOS O CARGAS ESPECÍFICAS.

Una salida para un aparato específico se debe calcular con base en la corriente del aparato o carga conectada.

#### 4.6.5 FACTOR DE DEMANDA DE CARGAS DE ALUMBRADO.

Relación entre la demanda máxima y la carga total conectada de un sistema eléctrico, para hospitales se aplica un factor de demanda de **40% para los primeros 50 000 VA** y **20% a partir de estos**.

Nota:

\* Los factores de demanda no se deben aplicar a la carga calculada de los alimentadores que dan suministro a las zonas de hospitales en las que es posible que se deba utilizar todo el alumbrado al mismo tiempo, como salas de operaciones, comedores y salas de baile.

#### 4.7 MOTORES.

La intensidad absorbida proporcionada al motor viene dada por las fórmulas siguientes:

Motor Trifásico

$$I_a = \frac{P_n * 1000}{\sqrt{3} * U * \eta * \cos\phi}$$

Donde:

$I_a$ = intensidad absorbida (en amperios).

$P_n$  = potencia nominal (en kW de potencia activa).

U = tensión entre fases para el motor trifásico y tensión entre las terminales de los motores monofásicos (en V). Un motor monofásico puede estar conectado fase a neutro o fase a fase.

$\eta$  = rendimiento del motor. kW de salida/kW de entrada.

$\cos \phi$ =factor de potencia. kW de entrada/kVA de entrada.

Motor monofásico

$$I_a = \frac{P_n * 1000}{U * \eta * \cos\phi}$$

La potencia nominal en kW ( $P_n$ ) de un motor indica su potencia mecánica equivalente.

La potencia aparente en kVA ( $S_n$ ) proporcionada al motor es una función de la salida, del rendimiento del motor y del factor de potencia.

$$S_n = \frac{P_n}{\eta * \cos\phi}$$

#### 4.7.1 CALIBRE DE CONDUCTOR DE ALIMENTADOR SE CALCULA PARA UNA CORRIENTE:

$$I = 1.25 * I_{(motor\ mayor)} + \sum I_{(otros\ motores)}$$

\*I = corrientes a plena carga.

#### 4.7.2 CALIBRE DE CONDUCTOR MOTORES DE ELEVACIÓN Y TRANSPORTE.

Potencia x 1.3 (para cada motor)

Motores funcionando en altitudes por encima de 1 000 m. presentan problemas de calentamiento causado por la rarefacción del aire y, consecuentemente, disminución de su poder de refrigeración (enfriamiento). [10]

El intercambio insuficiente de calor entre el motor y el aire circundante lleva a la exigencia de reducción de pérdidas, lo que significa también la reducción de la potencia. Los motores tienen calentamiento directamente proporcional a las pérdidas y éstas varían, aproximadamente, en una razón cuadrática con la potencia. Existen algunas alternativas de aplicaciones a ser evaluadas:

- La instalación de un motor en altitudes por encima de 1 000 metros puede ser realizada usándose material aislante de clase superior
- Según la norma IEC 60034-1, la reducción necesaria en la temperatura ambiente debe ser de 1% de los límites de elevación de temperatura para cada 100 m de altitud por encima de 1.000 m. Esta regla es válida para altitudes hasta 4.000 m.

#### 4.7.3 PROTECCIÓN DEL ALIMENTADOR PARA EL MOTOR.

Donde:

$$I_{sc} = 2.5 * I_N$$

$I_{sc}$  = corriente del dispositivo de sobrecorriente.  
 $I_N$  = corriente nominal (corriente a plena carga).

#### 4.7.4 PARA INTERRUPTOR DE CAJA MOLDEADA:

$$I_{sc} = 1.75 I_{N(motor\ mayor)} + \sum I_{(otros\ motores)}$$

(se selecciona el valor estándar inmediato superior).

Los interruptores automáticos, los contactores y los relés térmicos están diseñados para resistir arranques de motor con una corriente subtransitoria muy alta (el valor punta subtransitorio puede ser hasta de 19 veces el valor eficaz nominal ( $I_n$ )).

#### 4.7.5 PARA FUSIBLE CON RETARDO DE TIEMPO:

$$I_{sc} = 1.25 * I_N$$

\*El valor punta de la corriente subtransitoria puede ser muy alto; el valor típico está entre 12 y 15 veces el valor eficaz nominal  $I_N$ , a veces este valor puede alcanzar 25 veces  $I_n$ .

#### 4.7.6 DESCONECTADOR DEL MOTOR.

$$I_{sc} = 2.5 * I_N$$

## 4.8 NÚMERO DE CONDUCTORES EN LAS CAJAS DE SALIDA, DE DISPOSITIVOS Y DE EMPALME.

### 4.8.1 CÁLCULOS DEL VOLUMEN DE LA CAJA.

El volumen de una caja de alambrado debe ser el volumen total de todas las secciones ensambladas cuando se utilice el volumen de anillos sencillos, extensiones para cajas, etcétera, que estén marcados con el volumen en centímetros cúbicos o que se fabriquen con cajas cuyas dimensiones estén listadas en la Tabla 16.

### 4.8.2 CÁLCULOS DE LA OCUPACIÓN DE LA CAJA.

Se deben sumar los volúmenes de los conductores (tabla 15) según aplique. No se exigirá que se asignen volúmenes a accesorios pequeños tales como pasacables o contratueras.

## 4.9 TRANSFORMADOR.

La potencia instalada es la suma de las potencias nominales de todos los dispositivos eléctricos de la instalación (esta no es en la práctica la potencia absorbida realmente). La demanda de potencia (kW) es necesaria para seleccionar la potencia nominal de un grupo electrógeno o batería. Para una alimentación de una red de alimentación pública de baja tensión o a través de un transformador de alta/baja tensión, la cantidad significativa es la potencia aparente en kVA.

Para diseñar una instalación se debe evaluar la demanda máxima de potencia que se puede solicitar al sistema ya que un diseño que simplemente se base en la suma aritmética de todas las cargas existentes en la instalación sería extremadamente caro y poco práctico desde el punto de vista de la ingeniería.

### 4.9.1 FACTOR DE SIMULTANEIDAD (KS).

Es una práctica común que el funcionamiento simultáneo de todas las cargas instaladas de una instalación determinada nunca se produzca en la práctica. Es decir, siempre hay cierto grado de variabilidad y este hecho se tiene en cuenta a nivel de estimación mediante el uso del factor de simultaneidad (ks).

Función del circuito	Factor de simultaneidad (ks)	
Alumbrado	1	* En algunos casos, principalmente en instalaciones industriales, este factor puede ser superior.
Calefacción y aire acondicionado	1	
Tomas de corriente	De 0.1 a 0.2*	
Ascensores Y montacargas**	Para el motor más potente 1 Para el segundo motos más potentes 0.75 Para todos los motores .60	** La corriente que hay que tomar en consideración es igual a la corriente nominal del motor aumentada en un tercio de su corriente de arranque.

Tabla 6. Factor de simultaneidad según el circuito.

Número de circuitos	Factor de simultaneidad (ks)
Montajes comprobados completamente 2 y 3	0.9
4 y 5	0.8
De 6 a 9	0.7
10 y más	0.6
Montajes probados parcialmente; seleccione en cada caso	1.0

Tabla 7. Factor de simultaneidad para cuadros de distribución (IEC 60439).

4.9.2 CORRIENTE EN LOS TERMINALES DE UN TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN AT/BT.  
 La corriente nominal de carga completa  $I_n$  en la parte de baja tensión de un transformador trifásico viene determinada por:

Transformador trifásico      Donde:  

$$I_n = \frac{S(\text{kVA}) * 10^3}{\sqrt{3} * U\phi}$$
 $S$  = potencia kVA del transformador.  
 $U$  = tensión fase-fase en vacío en voltios (237 V o 410 V).  
 $I_n$  = corriente nominal

Transformador monofásico      Donde:  

$$I_n = \frac{S * 10^3}{V}$$
 $V$  = tensión entre los bornes de baja tensión en vacío (en voltios).

4.9.3 CÁLCULO DE CORRIENTE MÁXIMA DE CORTOCIRCUITO.

Donde:  

$$I_{CCmax} = \frac{1}{Z_{pu}} I_n$$
 $I_n$  = corriente nominal  
 $I_{CCmax}$  = corriente máxima de corto circuito  
 $Z_{pu}$  = Impedancia en por unidad  
 $Z\%$  = Impedancia en porcentaje  

$$Z_{pu} = \frac{Z\%}{100}$$

4.9.4 CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO POR MVA'S.

1- Convertir impedancias en potencias MVAcc:

$$MVAcc = \frac{MVA_{equipo} * 100}{\%Z_{equipo}} \quad \text{ó} \quad MVAcc = \frac{MVA_{equipo}}{Z_{pu, equipo}}$$

2- Elaborar diagrama MVA'S y dibujar dentro de rectángulos o círculos todos los MVA de cortocircuito de equipos y alimentadores siguiendo el mismo arreglo que éstos tienen en el diagrama unifilar.

3- Cambiar los valores (reducir el diagrama) de MVAcc del sistema hasta encontrar un valor equivalente en el punto de falla, considerando que los valores se combinan como si fueran resistencias:

MVA'S serie: se reduce en paralelo      MVA'S paralelo: se reduce en serie

4- Calculo Icc:

$$I_{cc} = \frac{MVAcc * 1000}{\sqrt{3} * kU\phi}$$

Cabe mencionar que, este método solo se aplica a una falla trifásica, ya que para una monofásica el procedimiento se complica demasiado. [13]

4.9.5 DESBALANCE ENTRE CARGAS.

Cuando se alimentan varias cargas de diferentes fases, posiblemente aparezcan corrientes de retorno poniendo en riesgo el equipo, el máximo desequilibrio entre estas debe ser menor de 5%, se obtiene de la siguiente manera:

$$\frac{\text{Carga mayor} - \text{Carga menor}}{\text{Carga mayor}} * 100$$



#### 4.9.6 PROTECCIÓN.

Para seleccionar la protección del transformador se usa la siguiente tabla en base a la impedancia nominal del transformador:

Limitaciones sobre el lugar	Impedancia nominal del transformador	Protección del secundario (ver la Nota 2)				
		Protección del primario, más de 600 volts		Más de 600 volts		600 volts o menos
		Interruptor automático (ver la Nota 4)	Valor nominal del fusible	Interruptor automático (ver la Nota 4)	Valor nominal del fusible	Valor nominal del interruptor automático o fusible
Cualquier lugar	No más del 6%	600% (ver Nota 1)	300% (ver Nota 1)	300% (ver Nota 1)	250% (ver Nota 1)	125% (ver Nota 1)
	Más del 6%, pero máximo el 10%	400% (ver Nota 1)	300% (ver Nota 1)	250% (ver Nota 1)	225% (ver Nota 1)	125% (ver Nota 1)
Lugares supervisados únicamente (ver Nota 3).	Cualquiera	300% (ver Nota 1)	250% (ver Nota 1)	No se exige	No se exige	No se exige
	No más del 6%	600%	300%	300% (ver Nota 5)	250% (ver Nota 5)	250% (ver Nota 5)
	Más del 6% pero máximo el 10%	400%	300%	250% (ver Nota 5)	250% (ver Nota 5)	250% (ver Nota 5)

Tabla 8. Valor Nominal o ajuste de la máxima protección contra sobrecorriente para transformadores de más de 600v (como porcentaje de la corriente nominal del transformador). [6]

Nota 1.- Valor Nominal o ajuste de la máxima protección contra sobrecorriente para transformadores de más de 600v (como porcentaje de la corriente nominal del transformador).

Nota 2.- Cuando se exija protección contra sobrecorriente del secundario, se permitirá que el dispositivo de protección contra sobrecorriente esté compuesto por un máximo de seis interruptores automáticos o seis grupos de fusibles agrupados en un lugar (el total de los valores nominales de los dispositivos no debe exceder el valor permitido para un solo dispositivo de protección).

Nota 3.- Un lugar supervisado es aquel en que las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguren que solamente personal calificado supervisará y prestará servicio a la instalación de transformadores.

Nota 4.- Los fusibles accionados electrónicamente que se puedan ajustar para abrir a una corriente específica se deben ajustar de acuerdo con los ajustes para interruptores automáticos.

Nota 5.- Se permitirá que un transformador equipado por el fabricante con protección térmica coordinada contra sobrecarga no tenga protección independiente del secundario.

#### 4.10 DIMENSIONADO DE PLANTA DE EMERGENCIA.

El tamaño de un grupo generado por una planta de emergencia se determina basándose en los “kW de operación” o “kW de rotor bloqueado”, los kW de operación representan una cantidad de potencia que un generador puede suministrar a la carga, los kW de rotor bloqueado, cantidad de potencia que el generador puede suministrar a los equipos o cargas que tienen una alta corriente de inserción cuando arrancan, para calcular los KV de rotor bloqueado se suma la corriente total de inserción de todas las cargas cuando se conectan las potencias. [10]

El grupo generador puede ser dimensionado también incrementando las cargas un porcentaje (circuitos derivados críticos):

- Motor más grande arranca antes que otras cargas, KW de ese motor \*125
- Segundo motor más grandes kW\*125
- Las cargas de alumbrado calculan al 100% del valor de cada carga y se suman a las demás cargas.

## 5 ANÁLISIS DE PROYECTO; UNIDAD DE MEDICINA FAMILIAR (UMF) 22, GUADALAJARA JALISCO

El siguiente ejercicio se ha llevado a cabo con la finalidad de ilustrar la aplicación de la metodología y conceptos descritos anteriormente, esto mediante un procedimiento propio, pues puede ser aplicado como referencia o como punto de partida para diseñar instalaciones, es importante recordar que los circuitos, criterios y precauciones se verán modificados dependiendo de lo requerido por cada proyecto, esto debido a que aunque los criterios son generales, no siempre se requieren el mismo número de tableros, circuitos, transformadores, etc., en pocas palabras, cada proyecto cuenta con sus propias características de análisis.

### 5.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS ÁREAS LOCALES Y SUS CARACTERÍSTICAS:

El plano de esta UMF Las figuras 44 y 45, exponen las áreas locales con las que cuenta esta institución de cuidados para la salud (plano completo figura 70), por sus características se observa que la atención que brindara estará ubicada en el primer nivel, pues parece que esta unidad de medicina proporciona solo los servicios de salud básicos, además de que se aprecia carece de estudios radiográficos, laboratorios, y posiblemente interconsultas con especialistas, (es difícil definir las actividades que se realizan pues no cuento con apoyo de personal que labore en esta unidad para orientarme con sus procedimientos) por lo tanto, en resumen se tienen las siguientes áreas locales:

IDENTIFICACIÓN	USO DEL ÁREA LOCAL	CANTIDAD	IDENTIFICACIÓN	USO DEL ÁREA LOCAL	CANTIDAD	IDENTIFICACIÓN	CONSULTORIOS MÉDICOS (TIPO II)	CANTIDAD
A	Sanitarios H y M	3	G	Recepción	1	M	Medicina general	2
B	Casetas de vigilancia	2	H	Desechos	2	N	Odontología	1
C	Estancia infantil	1	I	Farmacia	1	Ñ	Ginecología	1
D	Estacionamientos	2	J	Bodega	2	O	Podología	1
E	Cuarto de máquinas	1	K	Limpieza	1			
F	Mantenimiento	1	l	Sala de espera	1			

Nota: He asignado una letra mayúscula a cada área con la finalidad de manejarlas más cómodamente.

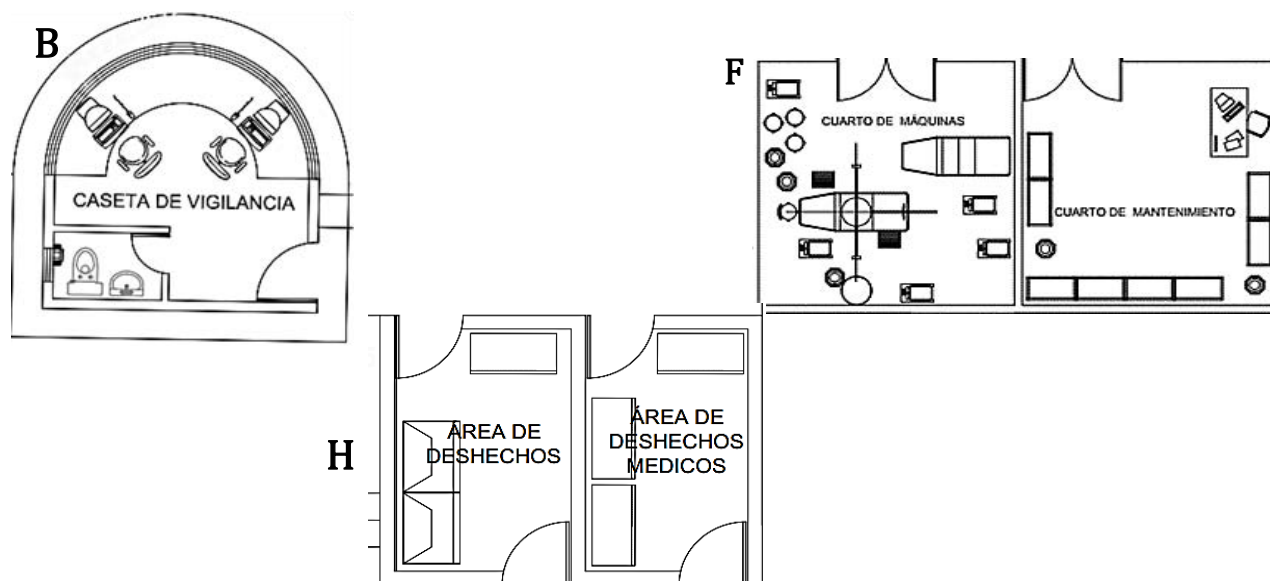


Figura 44. Caseta de vigilancia (B), Cuarto de máquinas (E), Áreas de desechos (H).



Cada una de estas áreas locales, requiere **niveles de iluminación** propios de las actividades que se realizan en su interior, en base a la tabla 18, se determinan lo siguiente:

20 lx.	100 lx.	200 lx.	300 lx.	500 lx.
Estacionamientos	Sala De Espera Bodega Limpieza	Casetas De Vigilancia Cuarto de Máquinas Mantenimiento Sanitarios	Estancia Infantil Recepción/admisión Desechos	Medicina Gral. Odontología Ginecología Farmacia Podología

Con base a las normas que enuncian los requisitos mínimos de infraestructura y equipamiento de establecimientos para la atención médica de pacientes ambulatorios, de hospitales y consultorios de atención médica especializada, he elaborado el siguiente cuadro con datos referentes a lo solicitado, para fines del dimensionamiento de los **circuitos**:

Equipamiento mínimo establecido para la atención médica de pacientes	Marca y modelos "comunes"	S consumida	Área local donde se pretende utilizar
Cargador teléfono móvil	Genérico	4.83 VA	B, F, G, I, M, N, Ñ, O
Escáner	HP Scanjet G2410	275 VA	G,
Fotocopiadora	Xerox	1100 VA	G
Impresora	Laser HP P2055D monocromo	570 VA	F, G, I
Radiograbadora	Philips Usb Mp3 Px-3115	2 VA	C, G, F
PC portátil	Asus, A52JE-EX187V	90 VA	M, N, Ñ, O
Negatoscopio	AF LED AF200 de doble cuerpo	32 VA	M, Ñ
Router ADSL (Internet)	Genérico	30 VA	F, G, M, N, Ñ, O
Osciloscopio	Digital. Tektronix - Tds 1012	30 VA	F, M
Regulador de voltaje	APC - No Break -BE550G-LM	550 VA	B, F, G, M, N, Ñ, O
PC escritorio	Acer, AX3950 3.2GHZ/4GB	220 VA	B, F, G, I, M, N, Ñ, O
Lámpara con haz direccionable	Abast Médica, S.L FLH-A A LED	10 VA	M, Ñ, O
Cautín con base	Weller Wlc100 Estación De Soldadura	40 VA	F
PC iMac escritorio	Apple, iMac Core, I3-540 3.06GHZ/4GB	365 VA	M, N, Ñ, O
Generador de funciones	Peak Tech PKT-4055	20 VA	F
Unidad dental con sillón, lámpara, brazo móvil para módulo con charola porta-instrumentos con sistema flush abastecedor de aire con aspirador de saliva, agua, jeringa triple, escupidera y llena vaso	Quiruned, Sillón dental completo con sistema de mangueras en colibrí.	500 VA	N
Autoclave, olla de presión, o esterilizador eléctrico de calor	Esterilizador electrónico lorma m-072	700 VA	N
	Autoclave lorma av-28l	1100 VA	

Nota: Este cuadro contiene el equipo mínimo solicitado más otros equipos usuales no citados, pero si utilizados.

Se puede observar que no se cuentan con áreas peligrosas, a pesar de que se tienen locales para desechos, por el nivel de atención brindada posiblemente la mayoría de estos serán jeringas, gasas, abatelenguas en pocas palabras material no explosivo, de cualquier forma, no se colocará ningún contacto en esa área y la luminaria será aterrizada.

### 5.2 SELECCIÓN DE ESQUEMA DE CONEXIÓN A TIERRA.

Al comparar los diferentes esquemas de conexión mencionados en el apartado 3.20 concluyo que el más apropiado para esta una Unidad de Medicina Familiar, es el esquema TT, pues instalar un sistema IT implicaría un mayor gasto dada la infraestructura y las características de los servicios que parece ofrecer, mientras que un sistema TN aumentaría el riesgo de accidente si en algún caso extremo se tuviera que realizar algún procedimiento quirúrgico.

### 5.3 CÁLCULO DE ILUMINACIÓN.

Para cumplir con los niveles de iluminación requeridos me di a la tarea de buscar luminarias, filtrando resultados en base a eficiencia energética, mantenimiento, tecnología, consumo, distribución de iluminación, y horas de vida, dando como resultado las siguientes luminarias;

**RESUMEN DE DATOS TÉCNICOS DE LAS LUMINARIAS SELECCIONADAS**

Tecnología: LED				
Fabricante	PHILIPS LIGHTING	KOSNIC	COOPER - EATON	COOPER - EATON
producto	ARCFORM	24W LED COMMERCIAL DOW	ZEL3ICEL	EATON - GALAXY FLOODLIGHT LUMINAIRE
Modelo	RC660B W60L60 1xLED44S/840 MO-PC	KCDLLS24FR-W40- WHT	EATON JSB - ZETA 3 (lampara de emergencia)	GA142Z
Horas de vida	5000h	40,000h	-	-
Potencia	43 w	24 w	2 w	46 w- (112 w equipada)
Flujo luminoso	4400 lm	1800 lm	130 lm	3200 lm
Color	4000 k	4000 k	-	4000K
Reproducción cromática	80	85	-	-
Voltaje de operación.	220-240Vac	220-240Vac	220-240Vac	220-240Vac
Frecuencia	50-60 Hz.	50-60 Hz.	50-60 Hz.	50-60 Hz.
FP	100-0.93	0.95	.90	.457
Eficiencia	122 lm/W -100 lm/W	97.9 lm/W	65 lm/W	53.2 lm/w

Actualmente los fabricantes suministran los datos mencionados en un formato virtual para ser utilizados con softwares CAD (estos programas utilizan a grandes rasgos lo descrito en el apartado 4.1-4.2 aunando que se pueden usar las gráficas, curvas de iluminación, diagramas isolux, etc., casi al mismo tiempo) ayudando a tener un mejor criterio y con la ventaja de que se puede observar mediante una simulación el nivel de iluminación predispuesta, los distintos softwares difieren en el formato que manejan pues algunos inclusive simulan texturas de paredes, pisos, techos, etc., tan realistas que terminan convirtiendo la simulación en algo prácticamente real, esto podría ser una ventaja (le da precisión, y optimiza el tiempo).

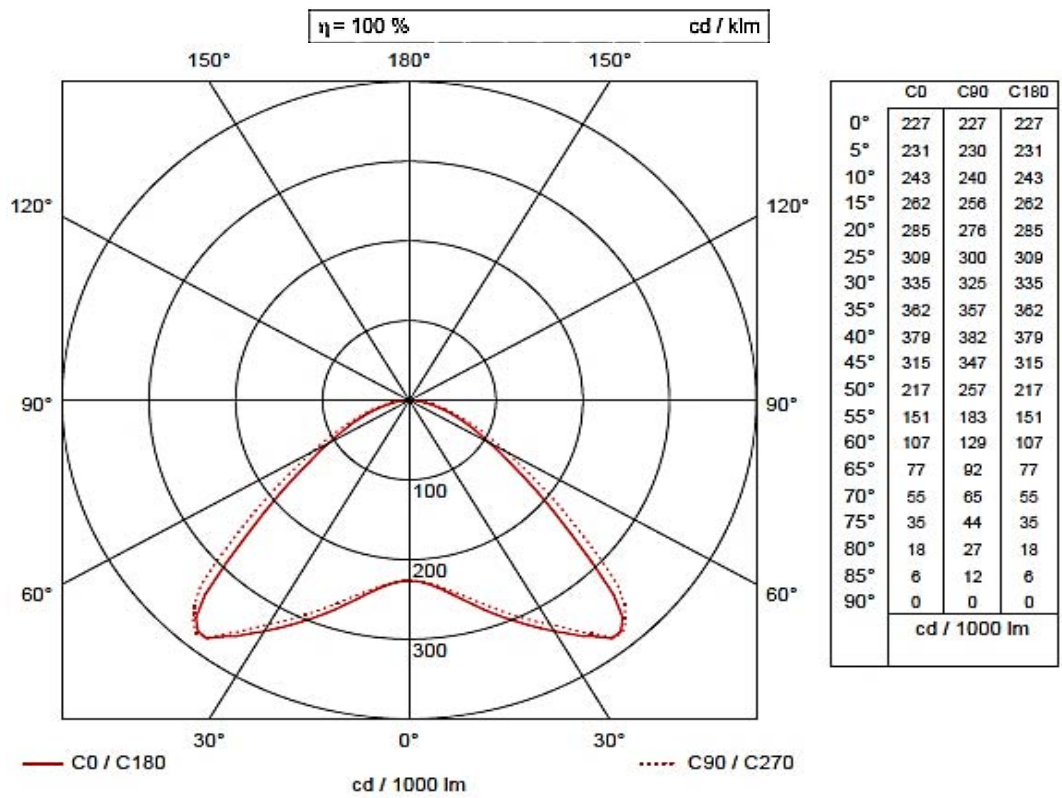


Figura 46. Curva de distribución de luz RC660B W60L60 1xLED44S/840 MO-PC

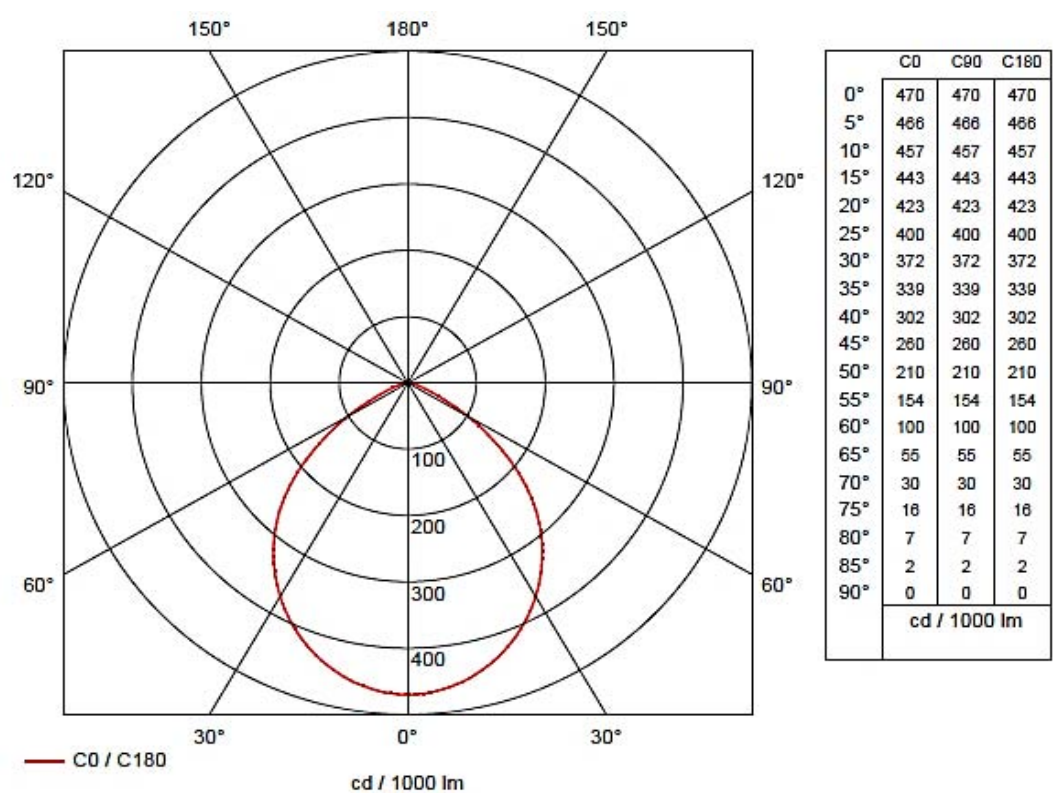


Figura 47. Curva de distribución de luz KCDLLS24FR-W40-WHT

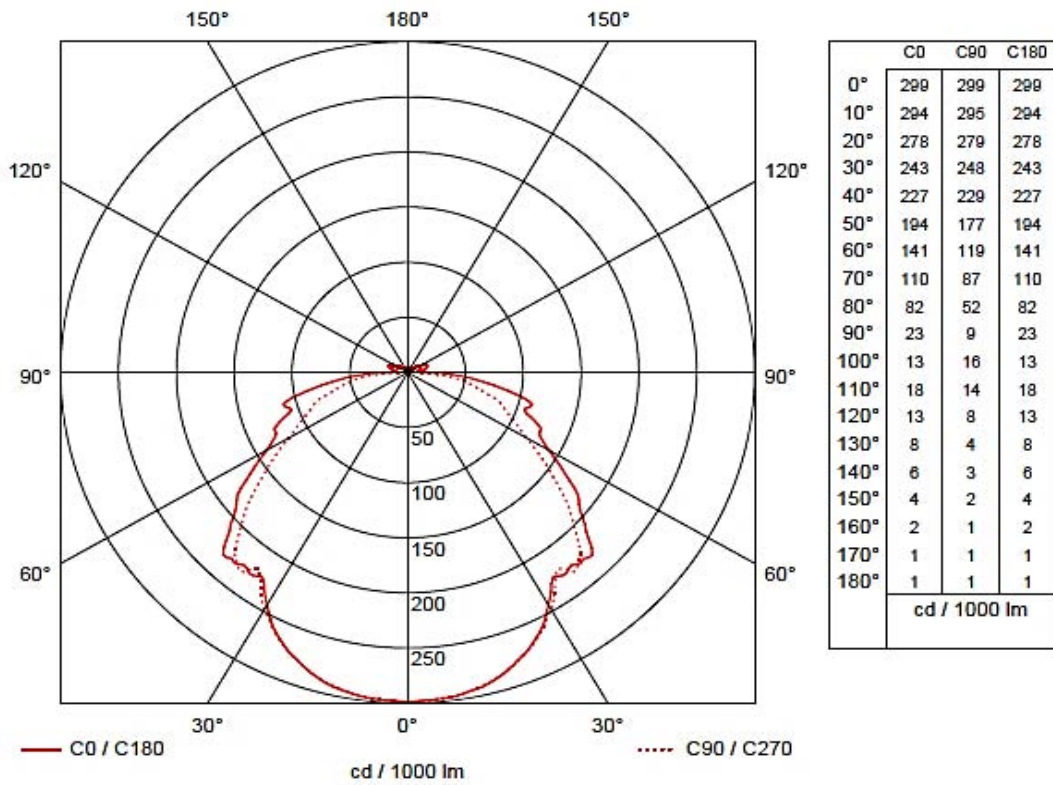


Figura 48. Curva de distribución de luz EATON JSB - ZETA 3

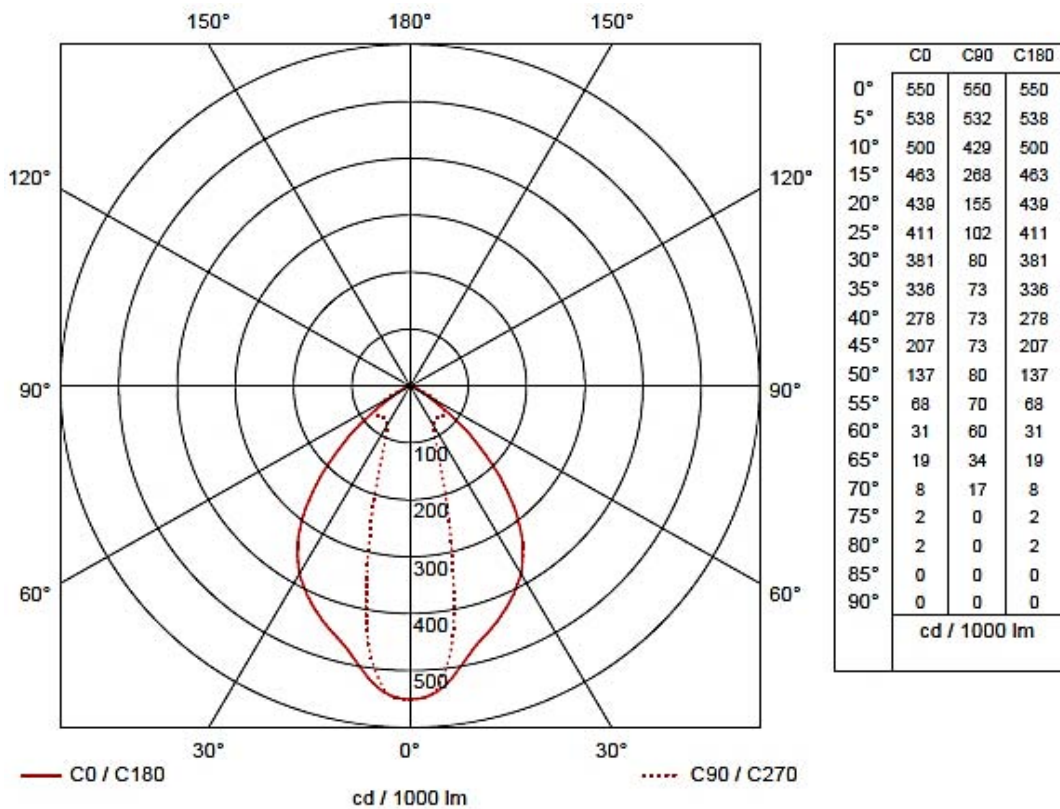


Figura 49. Curva de distribución de luz GA142Z

### 5.3.1 EJEMPLO DE APLICACIÓN DE APARTADOS 4.1- 4.1.10.

Calcular la iluminación descrita en los apartados 4.1-4.1.10 se torna un poco complicada debido a que en la mayoría de los casos la data sheet no cuenta con la información o datos de iluminación necesarios para realizarlo (coeficiente de utilización, diagramas de iluminación, o diagramas isolux) prácticamente se cuenta solo con las curvas de distribución de luz.

La luminaria RC660B W60L60 1xLED44S/840 MO-PC muestra una  $\eta = 100$ , aunque ya sabemos que este se obtiene a partir de las dimensiones del área, pero con fines de ejemplificación se tomara así y posteriormente lo comprobare mediante software CAD.

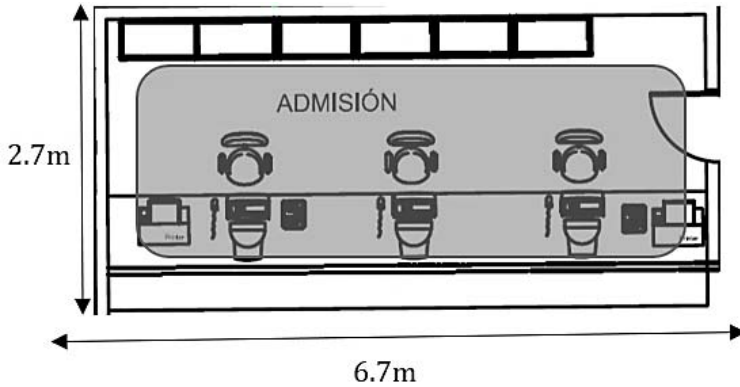


Figura 50. Dimensiones del local

\*El área de trabajo se sitúa a .75m del plano y se denota con la zona color gris.

Determinación del flujo total necesario:

$$E = 300 \text{ lx}$$

$$S = 18.09 \text{ m}^2.$$

$$\eta = 1 \text{ (fabricante)}$$

$$f_m = .8 \text{ (al tratarse de hospital)}$$

$$\phi_T = \frac{300 * 2.7 * 6.7}{1 * .80} = 6783.75 \text{ lm.}$$

Cálculo del número de luminarias:

$$N = \frac{\phi_T}{n * \phi_L} = \frac{6783.75}{1 * 4400} = 1.54 \text{ luminarias (2 luminarias).}$$

Cálculo de la distribución:

$$N_{ancho} = \sqrt{\frac{2}{6.7} * 2.7} = 0.9$$

$$N_{largo} = 0.9 * \left(\frac{6.7}{2.7}\right) = 2.2$$

Es decir:  
1 fila con 2 luminarias.

Distancias entre luminarias y a la pared:

Ancho:

$$\frac{2.7}{2} = 1.35 \text{ m}$$

Distancia entre luminarias:

$$e = \frac{6.7}{2} = 3.35 \text{ m aprox.}$$

Distancia a la pared:

$$\frac{e}{2} = \frac{3.35}{2} = 1.67 \text{ m aprox.}$$

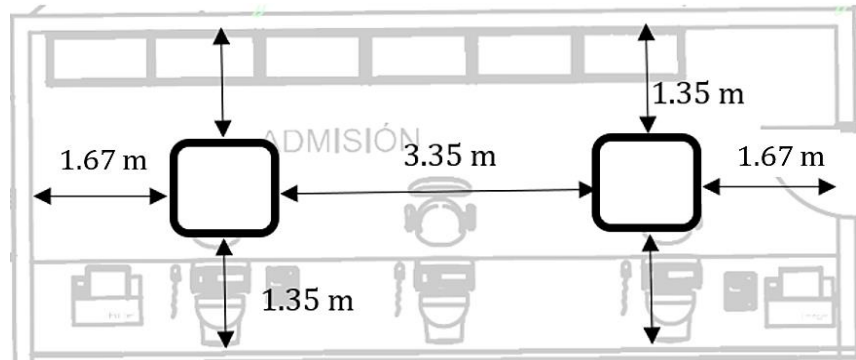


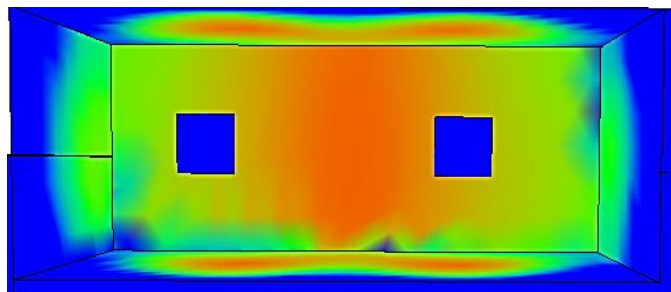
Figura 51. Ejemplo de distribución de luminarias en área de admisión

Este caso se vio facilitado, porque se tomó como "1" el valor del coeficiente de utilización ( $\eta$ ), (en el apartado 4 se menciona que este valor depende de factores relacionados con el local), tomando en cuenta las limitaciones de las curvas de iluminación y que no cuento con la tabla para la determinación de  $\eta$ .



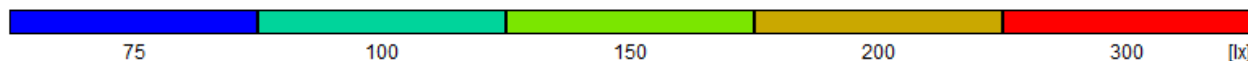
Para realizar correctamente el cálculo de cada área de la UMF me veo casi obligado a usar los formatos virtuales de las luminarias, en el mercado existen una gran variedad de softwares para calcular niveles de iluminación de entre los cuales he elegido el programa "RELUX LIGHT SIMULATION TOOLS" ya que cuenta con licencia de libre uso, así como también una amplia librería de luminarias.

Comprobación del cálculo de iluminancia para el área de administración mediante el uso de software RELUX da como resultado:



Cada color denota la cantidad de flujo luminoso que se estaría recibiendo sobre esa área.

Figura 52. Iluminancia calculada con RELUX.



A partir del plano de la figura 70 y RELUX obtuve el siguiente plano de distribución de luminarias, siempre priorizando cumplir con los niveles de iluminancia especificados en la norma:



Figura 53. Distribución De Luminarias UMF.

Para estudios más minuciosos se pueden incluir otros datos de mediciones (curvas de distribución, curvas isolux etc.) sin embargo este proyecto solo requiere niveles de iluminación generales. Por lo tanto, en resumen, se calculó lo siguiente:

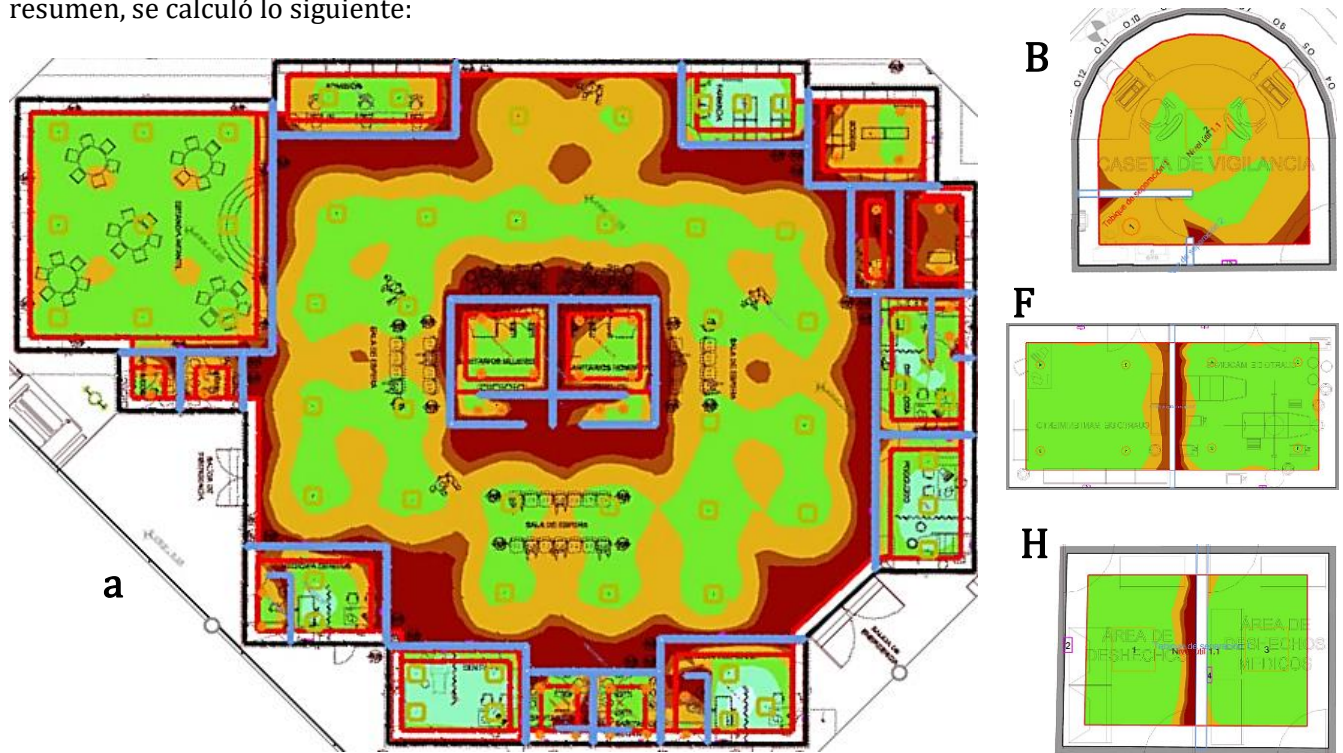


Figura 54. Resumen cálculo de iluminación con RELUX de: Vigilancia (B), Cuarto de maquinas y mantenimiento (F), Desechos (H) Área central (a).

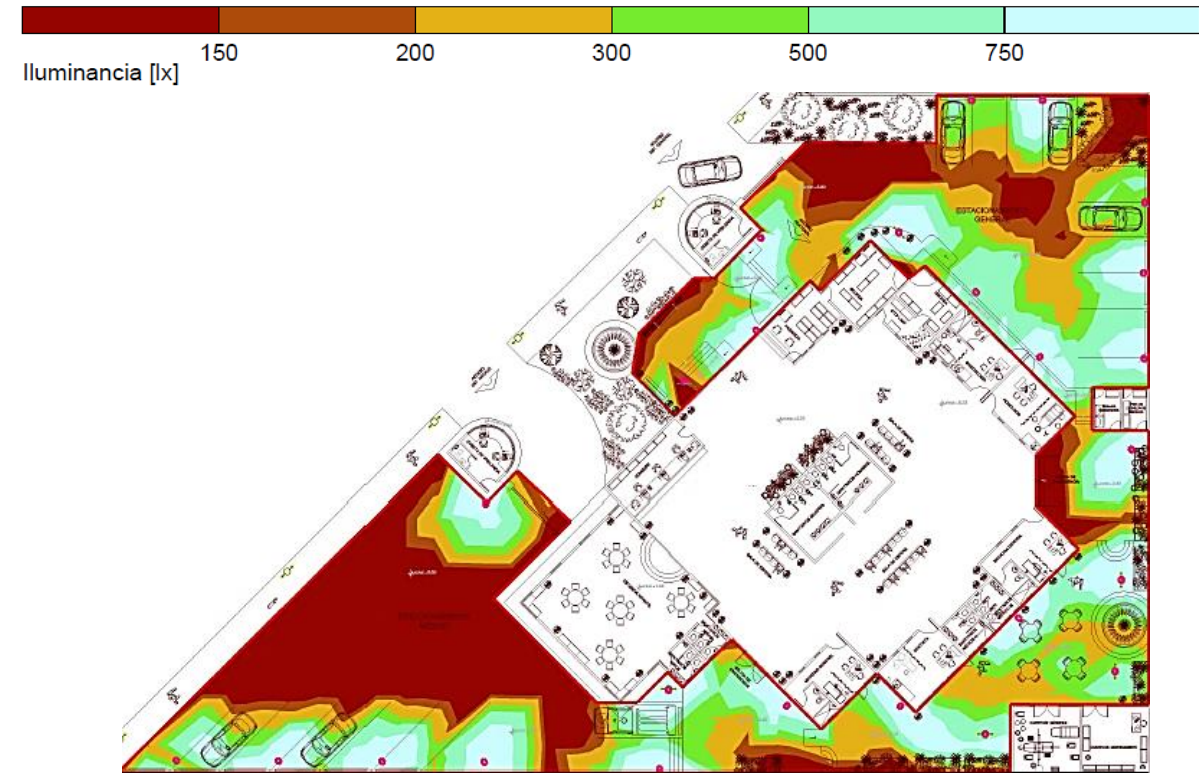
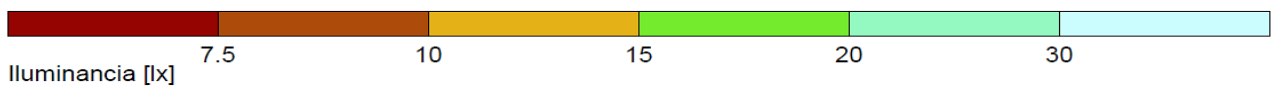


Figura 55. Resumen cálculo de iluminación con RELUX de: Estacionamientos (área exterior)



#### 5.4 DESIGNACIÓN DE TUBERÍAS.

Ya se tienen la ubicación de las luminarias, por lo que dispondré de otro programa computacional CAD, para proponer la trayectoria de tubería y cableado de todo el proyecto, **AutoCAD** es un software reconocido a nivel internacional por sus amplias capacidades de edición que hacen posible el dibujo digital de planos de edificios en 2D y 3D este a su vez cuenta con una versión libre para estudiantes una de las capacidades con las cuales cuenta este programa es la de combinarse con otros softwares. AutoCAD usa el formato digital DWG, RELUX permite exportar los datos (ubicación y tamaño) de las luminarias a un formato DWG, de esta manera se puede trabajar con mayor precisión pues los planos tienen la misma escala.

Una vez más mediante el plano de la figura 70, propongo la colocación de contactos y trayectoria de las tuberías que guiarán los cables a 127V y contactos a 220V (para el caso de la lámpara con haz direccionable, el ultrasonido su monitor, la unidad dental, y el esterilizador a vapor eléctrico) a forma de evitar tantos obstáculos como sea posible.

Esto con la finalidad de iniciar el cálculo de los circuitos, pues primero hay que determinar las ubicaciones de las salidas (luminarias, apagadores y contactos) respecto al tablero.

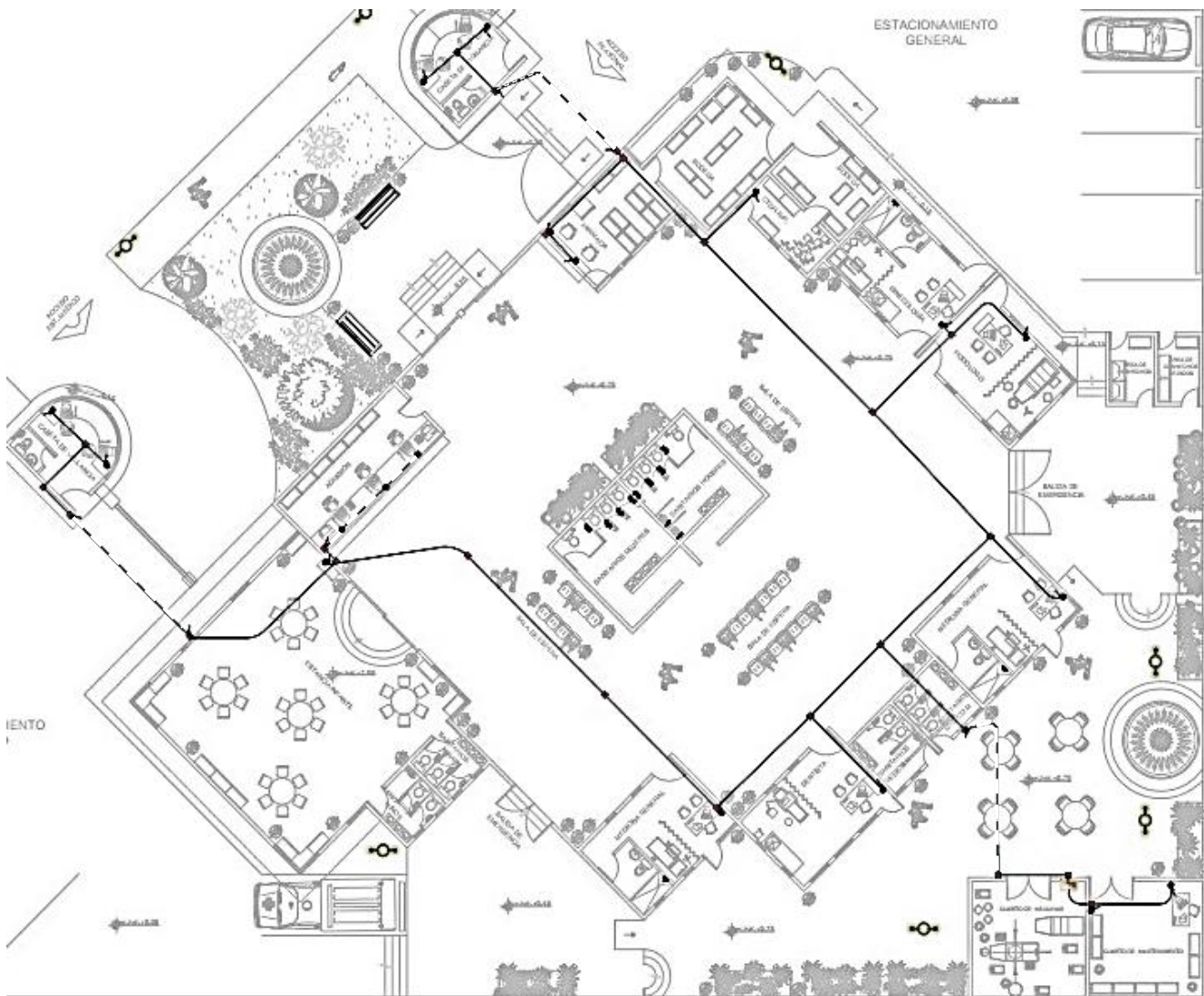


Figura 56. Distribución de tubería para contactos a 127v.

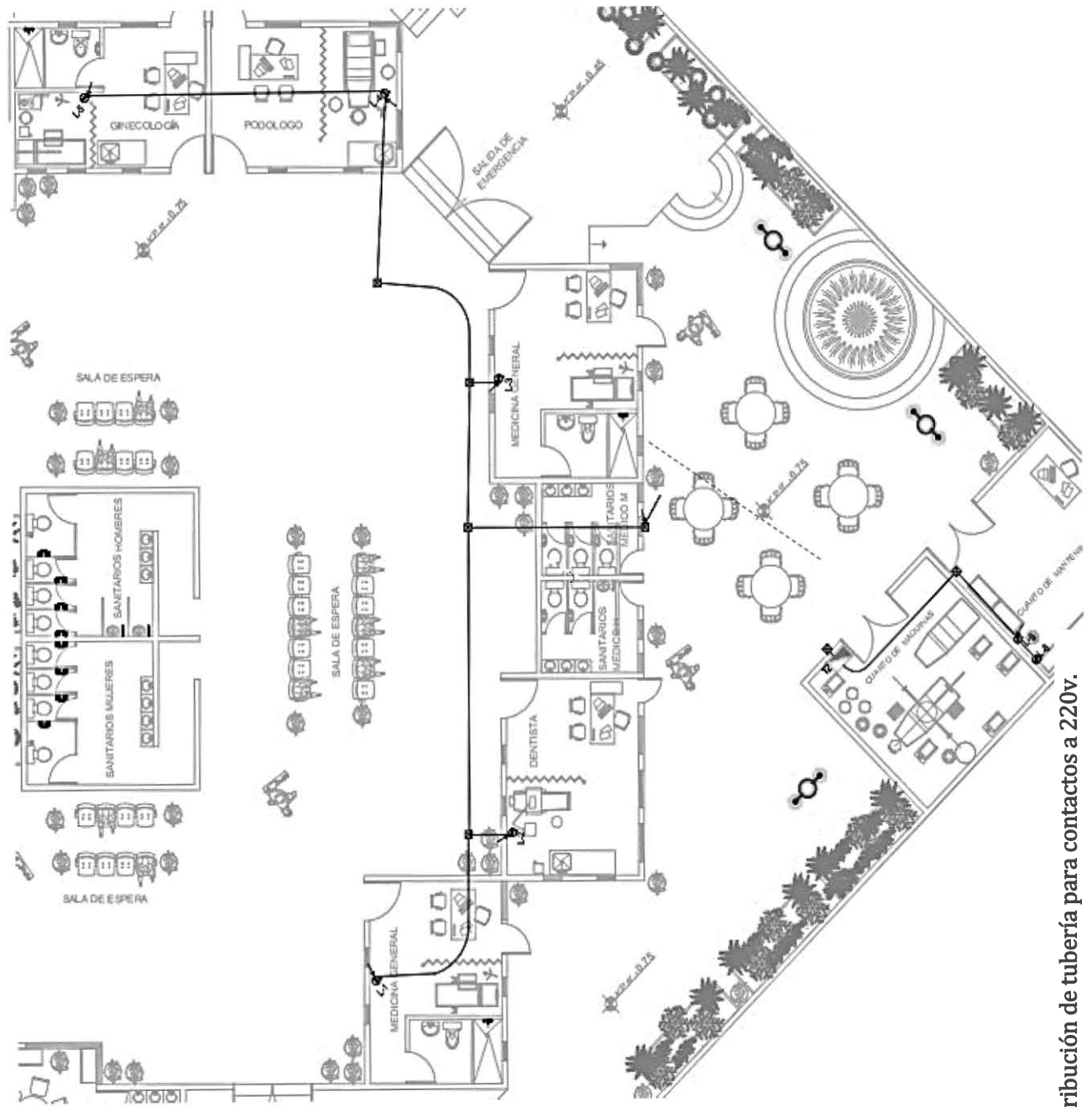
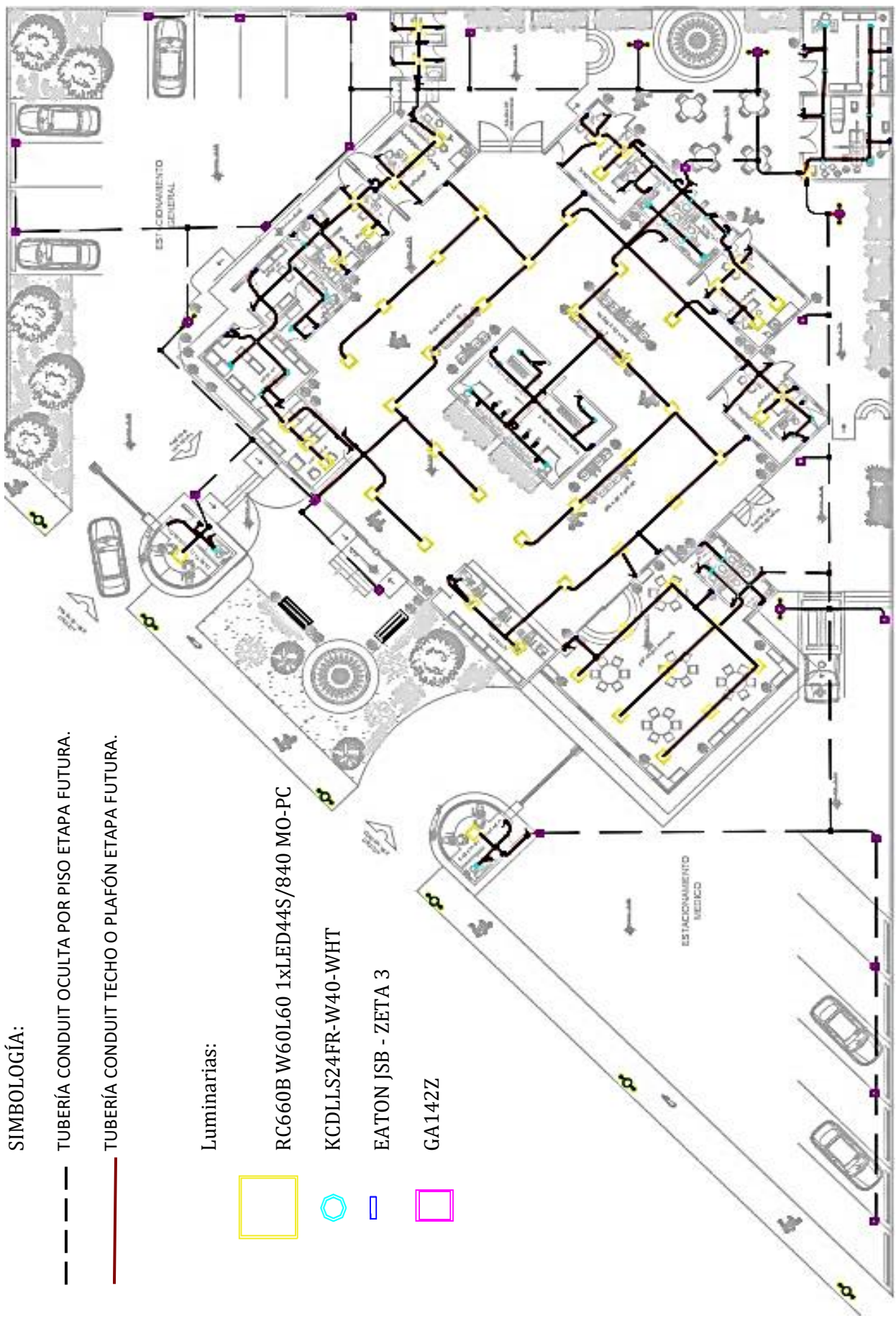


Figura 57. Distribución de tubería para contactos a 220v.



**SIMBOLOGÍA:**

--- TUBERÍA CONDUIT OCULTA POR PISO ETAPA FUTURA.

— TUBERÍA CONDUIT TECHO O PLAFÓN ETAPA FUTURA.

**Luminarias:**

RC660B W60L60 1xLED44S/840 MO-PC

KCDLLS24FR-W40-WHT

EATON JSB - ZETA 3

GA142Z

Figura 58. Distribución de tubería para luminarias.

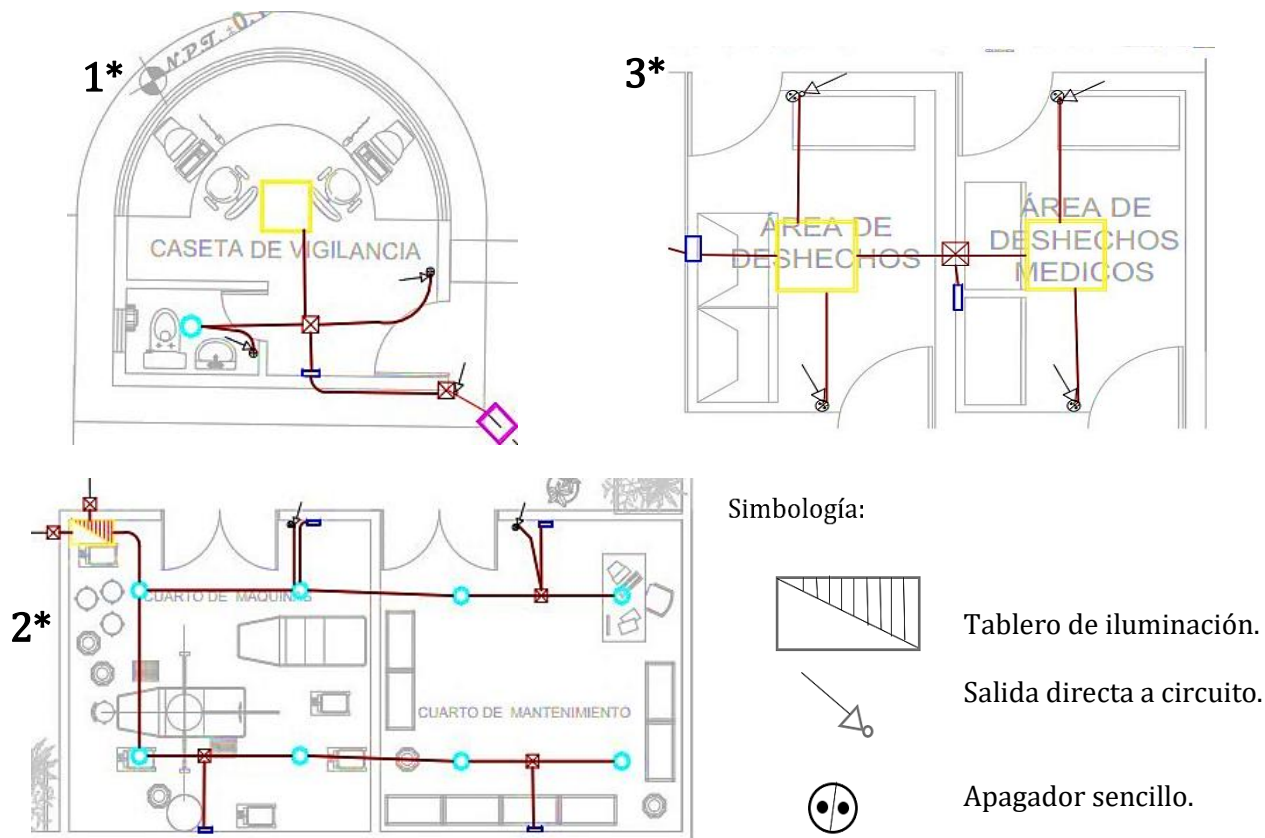


Figura 59. Distribución de luminarias y tubería en: 1\* Caseta de vigilancia, 2\* Cuarto de Máquinas y Mantenimiento, 3\* Área de desechos.

## 5.5 DETERMINACIÓN DE LA CARGA

La carga total en el área designada se obtiene al sumar los productos de las potencias (VA) de cada equipo por la cantidad de equipos usados en el área.

### 5.5.1 EJEMPLO DE CÁLCULO DE CARGA: ÁREA DE ADMISIÓN.

El equipo se utilizará en esta área es el siguiente (ver apartado 5.1):

SALIDA	CANTIDAD	VA	TOTAL
Cargador móvil	1 X	4.83	4.83 VA
Escáner	1 X	275	275 VA
Fotocopiadora	1 X	1100	1100 VA
Radiograbadora	1 X	2	2 VA
Router ADSL	1 X	30	30 VA
Regulador de voltaje	3 X	550	1650 VA
PC escritorio	3 X	220	660 VA
			3 723 VA

\*Salida = indica el equipo a energizar.

\*Cantidad = el número de equipos.

\*VA = potencia aparente del equipo.

Las cargas están separadas en dos partes una es alumbrado y la otra es para el uso de equipos a su vez estas están separadas en tensión 127V y 220V, de acuerdo con lo ya explicado en capítulo 3, al realizar este procedimiento con cada una de las áreas restantes se puede obtener la carga total que se consumirá en el hospital, dando como resultado la siguiente información:

CARGA TOTAL INSTALADA		
Iluminación	6 530 VA	Total
Contactos uso normal (127v)	10 690 VA	19 704 VA
Contactos uso especial (220 v)	2 484 VA	

## 5.6 DISTRIBUCIÓN DE CIRCUITOS

La corriente máxima que los circuitos conducirán será de 15 Amperes por norma, para obtener esta corriente en los circuitos de 220 V y 127 V recurrimos a la formula del apartado 3.6, al sustituir  $S= 127 * 15$  y  $S= 220 * 15$  obtenemos: 1905 VA y 3300 VA de carga respectivamente (la cual no debe excederse), de la formula del apartado 4.6 obtenemos que el número de circuitos para el hospital sería:

$$\begin{array}{l} \text{No. Circuitos} \\ \text{iluminación} \end{array} = \frac{6530VA}{3330VA} = 1.9 \quad \begin{array}{l} \text{No. Circuitos} \\ \text{Uso normal} \end{array} = \frac{10690 VA}{1905 VA} = 5.6 \quad \begin{array}{l} \text{No. Circuitos} \\ \text{Uso especial} \end{array} = \frac{2484 VA}{3330 VA} = .75$$

A simple vista el total de la carga instalada de iluminación podría dividirse en dos circuitos, mientras que los circuitos para equipos que trabajan a 127V en seis, y los equipos a 220 V en un único circuito.

El riesgo de ubicarlos de esa forma radica en que, al ocurrir alguna falla, el circuito quedaría fuera de línea (si opera la protección) o podría causar un accidente no solo en el área local donde se suscitó, si no en todas las áreas a las que el mismo alimenta.

Con base en el principio de selectividad me di a la tarea de dividir los circuitos de manera que se afecten lo menos posible entre las diferentes áreas locales y sus usos, asignándolos de la siguiente manera:

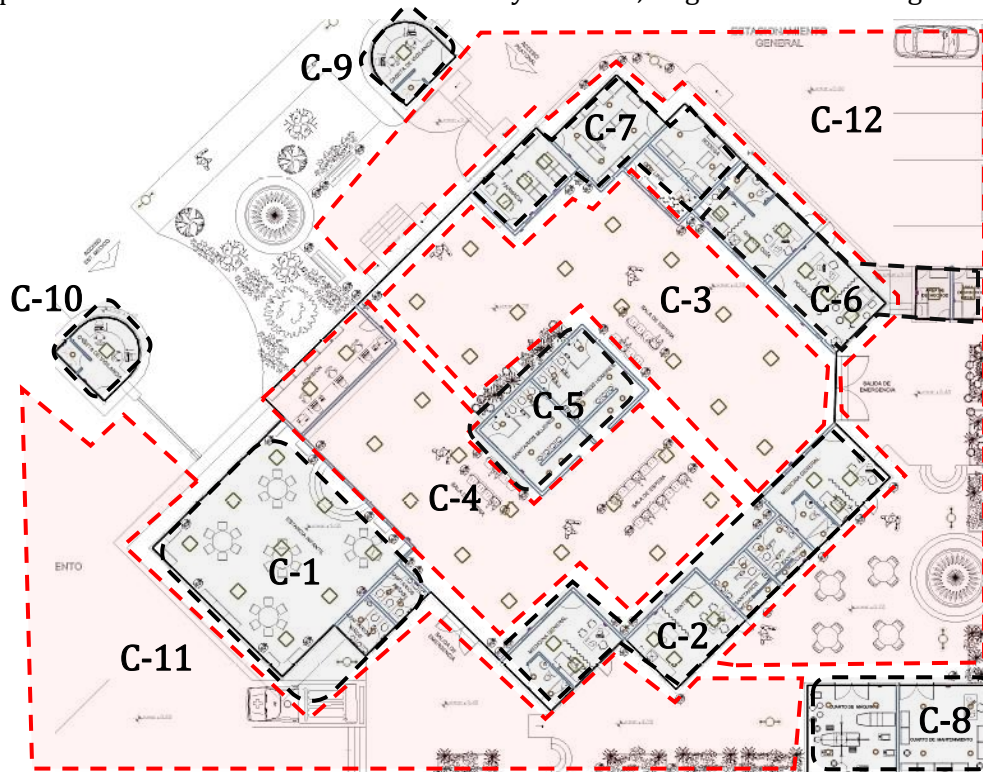


Figura 60. Asignación de circuitos derivados, tablero de iluminación.

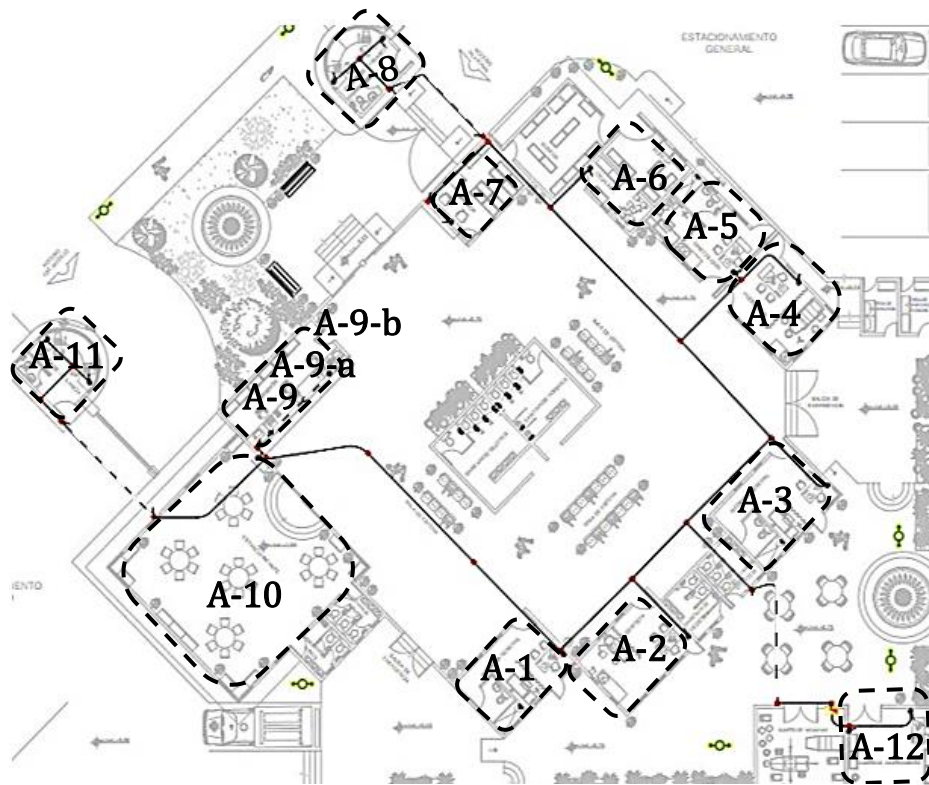
Circuitos tablero C	Cantidad de luminarias				Carga por circuito
	Philips	Kosnic	Eaton- zel3icel	Eaton- galaxy	
C-1	9	4	4		491 VA
C-2	9	12	10		695 VA
C-3	13		3		565 VA
C-4	14		4		610 VA
C-5		12	2		292 VA
C-6	8	2	7		406 VA
C-7	3	8	6		333 VA
C-8		8	4		200 VA
C-9	1	1	1		69 VA
C-10	1	1	1		69 VA
C-11				10	1 120 VA
C-12				15	1 680 VA

Indicadores:

Tablero

C - 1

↑ Dimensión  
del circuito

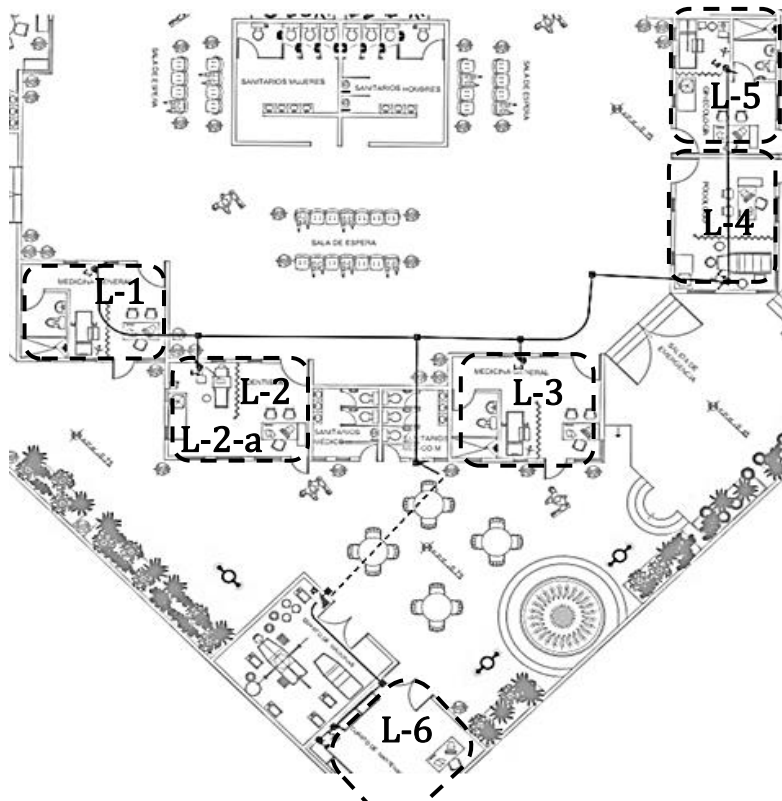


### Circuitos tención 127 V

Tablero y circuito	Carga estimada para uso habitual
A-1	1 080 VA
A-2	1 080 VA
A-3	1 080 VA
A-4	1 080 VA
A-5	1 080 VA
A-6	180 VA
A-7	1 080VA
A-8	900 VA
A-9	1 440 VA
A-9-a	1 260 VA
A-9-b	1 260 VA
A-10	180 VA
A-11	900 VA
A-12	1 440 VA

Figura 61. Asignación de circuitos derivados, tablero de contactos 127 V.

Como se calculó previamente, la carga para el área de administración ajustada en múltiplos de 180 VA representa 3960 VA para lo cual se requiere ajustar los circuitos: uno exclusivo para el uso de la fotocopiadora y el resto en dos circuitos más para no exceder los 1905 VA ya mencionados, de ahí que se tienen los circuitos A-9, A-9-a, A-9-b.



Nota:

Las cargas estimadas se colocaron en base al cuadro de datos para dimensionamiento (apartado 5.1) en múltiplos de 180 VA (carga que representa un contacto dúplex), pues independientemente del equipo a conectar ese es el mínimo indicado por la norma.

### Circuitos tención 220 V

Tablero y circuito	Carga estimada para uso habitual
L-1	360 VA
L-2	1 260 VA
L-2-a	1 080 VA
L-3	360 VA
L-4	360 VA
L-5	360 VA
L-6	360 VA

Figura 62. Asignación de circuitos derivados, tablero de contactos a 220 V.



### CORRECCIÓN DE LA CARGA TOTAL TALADA

Iluminación	6 530 VA	Total
Contactos uso normal (127v)	14 040 VA	23 990 VA
Contactos uso especial (220 v)	3 420 VA	

#### 5.7 SELECCIÓN DEL CONDUCTOR.

La forma correcta para determinar el calibre de un conductor es: en base al nivel de tensión que debe mantener y la cantidad de corriente que debe poder conducir para que el equipo opere en buenas condiciones.

Primero, por medio de AutoCAD he determinado la longitud total de cada circuito tomando en cuenta: Distancia de la salida al tablero + altura de la tubería referente al piso + altura de salida directa longitud.

Los resultados obtenidos se muestran de la siguiente manera:

Iluminación		Contactos 127 V		Contactos 220 V	
Circuito	Longitud (m)	Circuito	Longitud (m)	Circuito	Longitud (m)
C-1	47	A-1	31.4	L-1	33.1
C-2	34	A-2	30.4	L-2	28.1
C-3	47.5	A-3	31.9	L-2-a	28.1
C-4	54.5	A-4	43.6	L-3	24.1
C-5	35.2	A-5	40.4	L-4	32.4
C-6	45.2	A-6	47.9	L-5	41
C-7	60.5	A-7	55.9	L-6	8
C-8	13.5	A-8	65.7		
C-9	62.9	A-9	57.9		
C-10	62.6	A-9-a	57.9		
C-11	64.7	A-9-b	57.9		
C-12	71.8	A-10	51.9		
		A-11	74.3		
		A-12	13		

#### 5.7.1 EJEMPLO DE CÁLCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN ÁREA DE ADMISIÓN CIRCUITO A-9.

La caída de voltaje y corriente nominal de la carga se determina utilizando las fórmulas indicadas en el apartado 4.5.1, de acuerdo con el tipo de sistema eléctrico (trifásico 4-hilos para este caso) y del tipo de carga (alumbrado y otras cargas).

Comparando entre temperaturas de operación y tipo de instalación (la tabla 9), he seleccionado el conductor de acuerdo con la capacidad de conducción de corriente de este, el conductor TW calibre 12 AWG ( $S=3.31$ ) es adecuado pues su ampacidad es de hasta 25 A en 30° de temperatura ambiente, en Guadalajara Jalisco la temperatura oscila entre los 25°-30° normalmente y los 35° como máxima.

$$I = \frac{W}{3V_n \cos\theta} = \frac{1\ 440\ VA}{3 * 127 * .90} = 4.1\ amperes \quad e\% = \frac{2LI}{SV_n} = \frac{2 * 57.9 * 2.4}{3.31 * 127} = 1.15\%$$

Nota: para este proyecto los conductores seleccionados serán de cobre exclusivamente.

De acuerdo con el artículo 110-14 de la NOM-001-SEDE-2005, si la corriente en el circuito es mayor a 100 A, se elige la capacidad de corriente a una temperatura de operación del conductor de 75°C. Si la corriente del circuito es menor de 100 A, se elige la capacidad de corriente a una temperatura de operación del conductor de 60°C.

Aplicando este mismo procedimiento a las demás áreas locales se obtienen los siguientes resultados para corrientes nominales y caídas de voltaje:

Iluminación			Contactos a 127v			Contactos a 220v		
Circuito	Corriente	e %	Circuito	Corriente	e %	Circuito	Corriente	e %
C-1	0.78	0.101	A-1	3.15	0.47	L-1	0.30	0.03
C-2	1.11	0.104	A-2	3.15	0.45	L-2	2.12	0.2
C-3	0.90	0.35	A-3	3.15	0.48	L-2-a	1.81	0.14
C-4	0.97	0.146	A-4	3.15	0.65	L-3	0.30	0.02
C-5	0.47	0.045	A-5	3.15	0.60	L-4	0.30	0.03
C-6	0.65	0.08	A-6	0.5	0.12	L-5	0.30	0.03
C-7	0.53	0.088	A-7	3.15	0.84	L-6	0.60	0.01
C-8	.32	0.012	A-8	2.6	0.82			
C-9	0.11	0.019	A-9	4.2	1.16			
C-10	0.11	0.019	A-9-a	3.7	1.01			
C-11	3.77	0.670	A-9-b	3.7	1.01			
C-12	5.66	1.115	A-10	0.5	0.13			
			A-11	2.6	0.92			
			A-12	4.2	0.26			

### 5.7.2 CORRIENTE MÁXIMA POR CIRCUITO EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA.

La temperatura ambiente de Guadalajara estará limitando la ampacidad del cable TW AWG 12, la máxima registrada es de 36° para saber cuánto se está reduciendo debemos multiplicar por el factor de corrección que se indica en la Tabla 10 o en su defecto calcularla con la fórmula 4.5.3.

Para 36°- 40° el factor de corrección es .82, entonces  $25 * .82 = 20.5$  amperes lo cual confirma que el calibre 12 AWG es el adecuado pues que la corriente que se estima como máxima en los circuitos de 5.66 amperes.

El conductor de puesta a tierra se selecciona de acuerdo con lo indicado en la tabla 14, esta indica que debe colocarse 14 AWG, sin embargo, lo recomendable es que el conductor sea al menos del mismo tamaño que la fase por ello se selecciona cable TW desnudo calibre 12 AWG.

### 5.7.3 CORRECCIÓN DE CORRIENTE POR AGRUPAMIENTO.

La cantidad de conductores acumulados dentro de una tubería Conduit también limitan la cantidad de conducción de corriente permitida (efecto joule), esta se corrige multiplicando la ampacidad calculada por la temperatura y los factores de la Tabla 11.

Según la ubicación de tuberías propuesta en las figuras 56, 57 y 58, y de la distribución de circuitos asignada (figuras 60, 61 y 62) las tuberías principales (aquellas que van desde el tablero hasta la primera bifurcación), coinciden en llevar más de 10 conductores (fase, neutro y tierra respectivamente) dentro de la tubería Conduit, entonces a simple vista se tiene:

Tablero	Max. No. De conductores Alojados en tubería Conduit	Ampacidad	Factor de corrección	Corriente limite
C	21		.45	9.23 A
A	27	20.5 A	.45	9.23 A
L	15		.50	10.25 A

La reducción de corriente es excesiva si se toma de esta forma, la solución está en ampliar el conductor o dividirlos en camas de tuberías, yo opte por lo siguiente pues un conductor más grande a mi criterio multiplicaría el costo de la instalación, entonces me quedo de la siguiente manera:

Tablero	Max. No. De conductores Alojados en tubería Conduit	Ampacidad	Factor de corrección	Corriente limite
C	9			14.35 A
A	9	20.5 A	.70	14.35 A
L	7			14.35 A

## 5.8 CALCULO DEL NÚMERO MÁXIMO DE CONDUCTORES ALOJADOS EN TUBERÍA CONDUIT.

Esta sección explica cómo se realiza el cálculo de la cantidad de conductores máximos admitidos dentro de una tubería Conduit aplicando la fórmula del apartado 4.5.2. con los datos obtenidos de las tablas 9 y 13.

Debido a las características de la tubería Conduit metálico tipo pesado (RMC) se selecciona como la más adecuada, el cable como ya se había mencionado es TW.

Tubería RMC		Conductor	
Designación métrica	área disponible mm <sup>2</sup>	Calibre AWG	área nominal mm <sup>2</sup>
16	81	12	3.31
21	141		
27	229		

La tubería RMC se selecciona comparando el área requerida por la cantidad de conductores que alojará y el área disponible de la tubería Conduit:

El Factor de relleno (F) se ubica como 0.40 (la cantidad mínima de conductores alojadas en tubería Conduit RMC para este proyecto son 3).

Se tiene la fórmula:  $F = \frac{a}{A}$  al despejar  $A$ , se obtiene la area requerida  $A = \frac{a}{F}$  ejemplo;

Cantidad de conductores alojados	Área requerida	Tubería seleccionada
3	$\frac{3 * 3.31}{0.4} = 24.825$	16
9	$\frac{9 * 3.31}{0.4} = 74.475$	16
15	$\frac{15 * 3.31}{0.4} = 124.125$	21

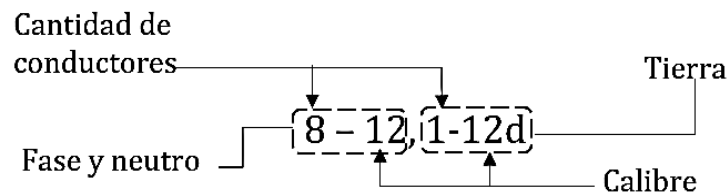
\*\*Nota: Siguiendo este procedimiento se tiene que el número máximo de conductores 12 AWG en tubería RMC es:

Designación métrica	No. Max. Conductores
16	9
21	17
27	27

## 5.9 CEDULA DEL CABLEADO.

Se usa para identificación de la tubería: la cantidad de conductores que lleva en su interior, ubicación, y calibre. Están varían de acuerdo con a la ubicación del tablero y recorrido de tubería propuesta.

Por lo general se identifican de la siguiente forma:



La cedula se coloca como referencia a un costado de la trayectoria de la tubería, en caso de existir dos cedulas para una misma tubería es indicativo que dos tuberías tienen la misma trayectoria (cama de tuberías), sin embargo, a veces se tiene poco espacio y se vuelve poco práctico colocarlas de esa manera por lo cual se le asigna un numero dentro de una circunferencia para abreviarlo, ejemplo:

1

Para el proyecto se tiene las siguientes cedulas:

Cedula	Iluminación		Equipo conectado a 127v			Equipo conectado a 220v		
	Cantidad de conductores y calibre	Designación métrica tubería	Cedula	Cantidad. de conductores y calibre	Designación métrica tubería	Cedula	Cantidad de conductores y calibre	Designación métrica tubería
1	2-12, 1-12d	16	1	2-12, 1-12d	16	1	2-12, 1-12d	16
2	4-12, 1-12d	16	2	4-12, 1-12d	16	2	4-12, 1-12d	16
3	6-12, 1-12d	16	3	6-12, 1-12d	16	3	6-12, 1-12d	16
4	8-12, 1-12d	16	4	8-12, 1-12d	16			

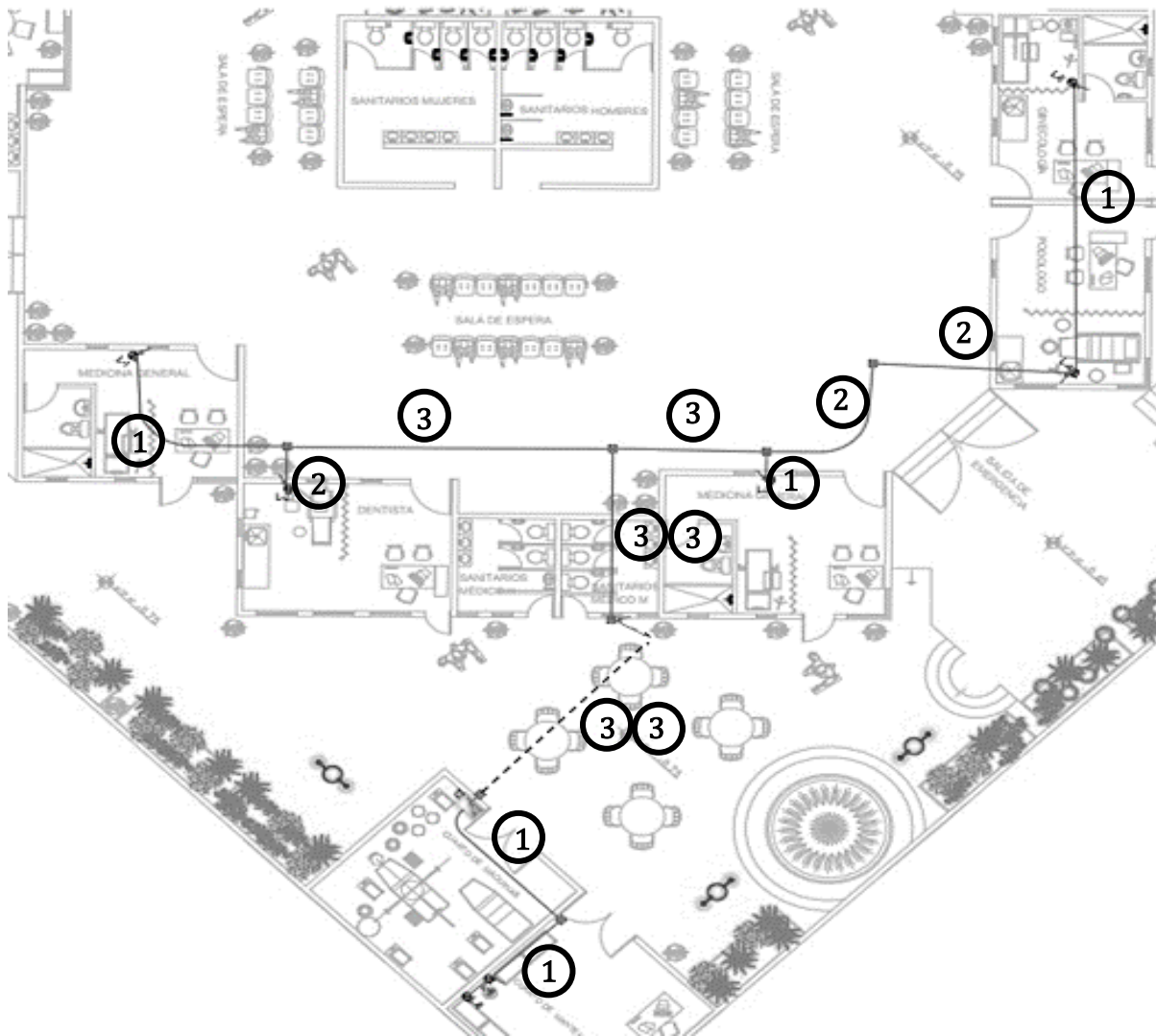


Figura 63. Ejemplo de identificación de cableado mediante cedula, equipo conectado a 220V.

### 5.10 CALCULO DE PROTECCIONES DE CIRCUITOS.

Prácticamente la corriente máxima calculada para un circuito de la UMF llega a 5.66 amperes, y el límite de corriente por conductor es de 14.35 A del apartado 4.6.2 tenemos:

$$I_{sc} = 1.25 * 5.66 = 7.075 \text{ amperes}$$

Por lo tanto, el dispositivo de protección será termomagnético y de 15 amperes para cada circuito.

### 5.11 DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DEL TRANSFORMADOR:

La carga instalada difiere de la carga consumida, la primera siempre es mucho mayor por lo cual dimensionar el transformador usando esos valores puede ser muy costoso, por ello se tienen que aplicar los factores de corrección correspondientes a los diferentes tipos de carga del proyecto para dimensionar el transformador, los factores se toman de la tabla del apartado 4.9.1-4.9.2 y algunos otros mencionados en los apartados 4.5-4.6, en el cuadro siguiente se ordenan los tableros según su nivel de tensión para la aplicación de dichos factores de forma ordenada:

Esta columna indica la finalidad del circuito.	Esta columna indica el circuito al cual se refiere el cálculo.	Esta columna contiene las potencias calculadas en el apartado 5.6 en KVA.	Esta columna indica el valor al cual se estima trabajara la carga por circuito.	Aquí se realiza el producto de la potencia por el factor de utilización.	Aquí se aplica el valor al cual se estima que la sumatoria de las demandas máximas estará trabajando al mismo tiempo.	Aquí se indica el producto del factor de simultaneidad y la sumatoria de las demandas máximas.
--	--	---	---	--	---	--

Uso	Potencia instalada KVA (S)	Factor de utilización	Demanda máxima de (S) aparente KVA	CUADRO DE ALIMENTACIÓN		
				Factor simultaneidad	Demanda de potencia aparente KVA	
Iluminación interior y exterior	C-1	0.491	1	0.491	0.75	5.4
	C-2	0.695	1.25	0.869		
	C-3	0.565	1.25	0.706		
	C-4	0.61	1.25	0.763		
	C-5	0.292	1	0.292		
	C-6	0.406	1.25	0.508		
	C-7	0.333	1	0.333		
	C-8	0.2	1	0.200		
	C-9	0.069	1.25	0.086		
	C-10	0.069	1.25	0.086		
	C-11	1.12	1	1.12		
	C-12	1.68	1	1.68		
Contactos especiales	L-1	0.18	0.8	0.144	0.75	2.4
	L-2	1.26	0.8	1.008		
	L-2-a	1.08	1.25	1.350		
	L-3	0.18	0.8	0.144		
	L-4	0.18	0.8	0.144		
	L-5	0.18	0.8	0.144		
	L-6	0.36	0.8	0.288		
Contactos	A-1	1.08	1.25	1.350	0.6	9.4
	A-2	1.08	1.25	1.350		
	A-3	1.08	1.25	1.350		
	A-4	1.08	1.25	1.350		
	A-5	1.08	1.25	1.350		
	A-6	0.18	0.8	0.144		
	A-7	1.08	1	1.080		
	A-8	0.9	1	0.900		
	A-9	1.44	1	1.440		
	A-9-a	1.26	1	1.260		
	A-9 - b	1.26	1.25	1.575		
	A-10	0.18	0.8	0.144		
A-11	0.9	1	0.900			
A-12	1.44	1	1.440			

Calculo 1.Demanda en tableros de alimentación (C, L, A).

Aquí se muestra el valor de la carga que cada tablero (C, L, A) representa.

Aquí se aplica el valor al cual se estima que la sumatoria de las demandas máximas por tablero estará trabajando al mismo tiempo.

Aquí se muestra el producto de las sumatoria de las demandas máximas por tablero (únicamente tensión 220 V).

Aquí se aplica el valor al cual se estima que la sumatoria de las demandas máximas para todos los tableros estará trabajando al mismo tiempo.

Aquí se muestra el resultado de la demanda total de la instalación en la UMF.

Demanda de potencia aparente KVA Tablero de alimentación.	Cuadro de distribución		Cuadro principal	
	Factor de simultaneidad	Demanda de potencia aparente KVA	Factor de simultaneidad	Demanda de potencia aparente KVA
5.4	0.9	7.0	0.9	14.7
2.4				
9.4				

Calculo 2. Demanda en tablero general y tablero subgeneral.

Ahora ya sabemos que el primer transformador de distribución (T1) deberá tener la capacidad para soportar un segundo transformador de distribución (T2), el tamaño comercial más pequeño para un transformador trifásico es de 15KVA (ver tabla 19), por lo tanto, se seleccionan dos transformadores tipo poste:

Transformadores IUSA:

$$T1 = 30KVA, 13.2v/380v-220v, 3\phi, Z_{max} = 3\% \text{ y } T2 = 15KVA, 380v/220v-127, 3\phi, Z_{max} = 3\%$$

Figura 64. Transformador tipo poste vista perfil.

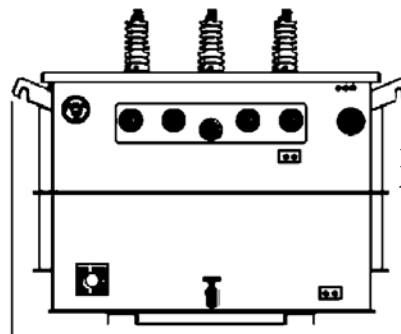
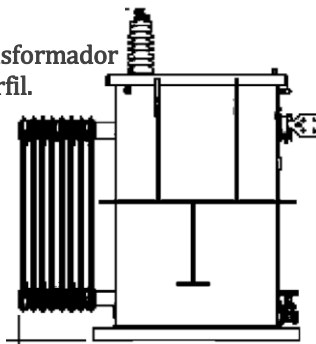


Figura 65. Transformador tipo poste vista frontal.

## 5.12 SELECCIÓN DE LA PLANTA ELÉCTRICA.

Los circuitos primordiales para esta UMF son:

- Circuito derivado de seguridad para la vida: la iluminación general
- Circuito derivado critico: los contactos de uso especial a 220V de tensión ubicados dentro de los consultorios

De los cuadros de cálculo anteriores se observa que el consumo por parte de estos circuitos tiene una demanda de 7 KVA, existe el tamaño comercial a 7 KVA sin embargo es demasiado justo para dejarlo de esta manera aunando que se utilizaron valores de ajuste, y que se debe tener cubierto el total de la carga para estos circuitos por seguridad, el valor comercial siguiente es de 10 KVA por lo tanto se elige la siguiente planta generadora:

<b>Marca:</b> GenMANN	<b>Corriente máx.:</b> 41 A	<b>Dimensiones:</b> Largo: 1.5m	<b>Factor de potencia:</b> 0.8
<b>Modelo:</b> GMD 10-3TNV82A-1	<b>Potencia:</b> 10 KV	Ancho: .68m	<b>Frecuencia:</b> 60hz.
<b>Aislamiento:</b> tipo H	<b>Sistema eléctrico:</b> monofásico a 220 v	Alto:1.15cm	

### 5.12.1 DETERMINACIÓN DEL DIAGRAMA UNIFILAR

Hasta ahora se tiene el panorama general de la instalación:

- Del apartado 3.36 el voltaje de la acometida en la zona metropolitana de la Ciudad de México y la zona periférica a nivel república es de 13.8 KV.
- Del apartado 4.9.6 se observa que este el transformador debe ir protegido, por selectividad ya que cada tablero cuenta con su protección general para la carga e independiente por circuito para que en caso de alguna falla quede deshabilitada solo la sección en donde esta tenga lugar.
- En base a los cuadros de cálculos 1 y 2, tenemos el valor de los tableros y las cargas, así como indirectamente el valor de los voltajes pues desde el comienzo de este capítulo sabemos que trabajaremos con dos niveles de tensión, por ende, deben colocarse dos transformadores ambos trifásicos.
- Del apartado 3.24 sabemos que se debe colocar un desconector de trasferencia, así como el generador.
- Los circuitos primordiales para esta UMF que, por ende, estos deberán ser los únicos que se conectaran a la planta generadora:
  - Circuito derivado de seguridad para la vida: la iluminación general
  - Circuito derivado critico: los contactos de uso especial a 220V de tensión ubicados dentro de los consultorios
- El resto de la carga que prácticamente será todo el equipo conectado a 127 V deberá ir conectado a la acometida pública.

Oficialmente no se exige usar la simbología nacional y por conveniencia y para que también se tenga noción de ellos, usare la simbología IEC pues tan solo cambian algunos símbolos para elaborar el diagrama, siendo el siguiente:

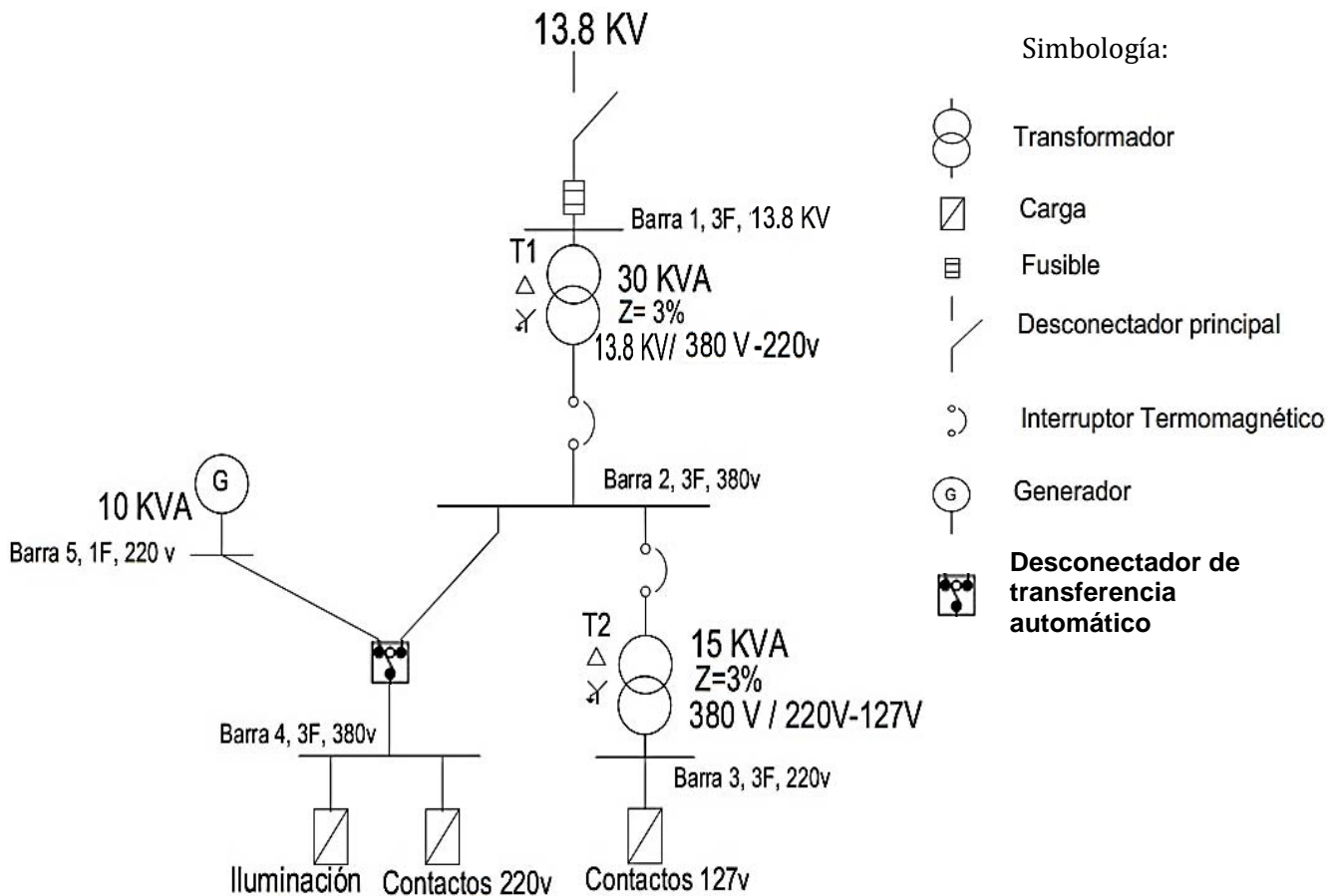


Figura 66. Diagrama unifilar del sistema.

### 5.13 CALCULO DE CORTO CIRCUITO.

Haciendo uso del apartado 4.9.4 y de la figura 66:

Conversión de las impedancias del sistema a MVA'S:

$$T1MVA_{cc} = \frac{0.03 * 100}{3} = 1, \quad T2MVA_{cc} = \frac{0.015 * 100}{3} = 0.5$$

Para calcular la corriente máxima en la barra 1 se necesita contar con la potencia de suministro (no se tiene) por ello hago uso de la fórmula de corriente en terminales apartado 4.9.2:

$$I_n = \frac{30\,000}{\sqrt{3} * 13800} = 1.25 \text{ A}, \quad I_{cc} = \frac{1}{0.03} * 1.25 = 41.6 \text{ A}$$

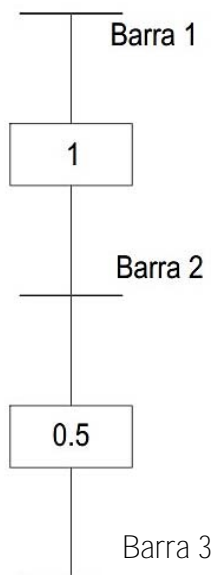


Figura 67. Diagrama de MVA'S del sistema

Cuando el fallo ocurre en la barra 2:

$$MVA_{eq} = 1 + .5 = 1.5$$

$$I_{cc} = \frac{1.5 * 1000}{\sqrt{3} * .38} = 2\,279 \text{ A}$$

Cuando el fallo ocurre en la barra 3:

$$MVA_{eq} = \frac{1 * .5}{1 + .5} = \frac{1}{3}$$

$$I_{cc} = \frac{\frac{1}{3} * 1000}{\sqrt{3} * .22} = 874.77 \text{ A}$$



#### 5.14 PROTECCIONES TRANSFORMADOR Y ALIMENTADORES.

De la tabla 8 (apartado 4.9.6): El fusible en el lado primario de T1 no debe exceder 250% de ahí que  $41.6 * 2.5 = 104$  A, el valor estándar más cercano es de 110 A, siguiendo los pasos ya descritos el conductor calculado es THHN calibre 1/0 AWG debido a las restricciones de temperatura y las características del conductor, su tubería RMC tendrá una designación métrica 41 mm.

- o La corriente nominal para el lado de baja tensión de T1 es:

$$I_n = \frac{30\,000}{\sqrt{3} * 380} = 45.5 \text{ A, la proteccion sera de } 45.5 * 1.25 = 56.9 \text{ A}$$

La protección no se exige, sin embargo, se colocará un interruptor termomagnético a 50 A con capacidad interrutiva a 10 000 A (valor estándar) con la finalidad de proteger la barra 2, su conductor alimentador será RHW calibre 4 AWG, se instalará con tubería de 27 mm.

- o La corriente nominal para el devanado primario en T2 es:

$$I_n = \frac{15\,000}{\sqrt{3} * 380} = 22.8 \text{ A, la proteccion sera de } 22.8 * 1.25 = 28.48 \text{ A}$$

El valor estándar más cercano de interruptores termomagnéticos es 40 A, su conductor alimentador será RHW calibre 6 AWG, se instalará con tubería de 21 mm.

- o La demanda de corriente por los tableros de alimentación a la carga es:

Tablero	Demanda de corriente para el alimentador	Interruptor principal (termomagnético)	Voltaje	Conductor THHN	Tubería RMC
C	$15.38 \text{ A} * 1.25 = 19.23 \text{ A}$	20 A	220	10 AWG	16 mm.
L	$5.75 \text{ A} * 1.25 = 7.2 \text{ A}$	15 A	220	10 AWG	16 mm.
A	$40.94 \text{ A} * 1.25 = 51.18 \text{ A}$	50 A	127	4 AWG	27 mm.

- o Planta de emergencia:

Debido a que alimentara los tableros C y L, los conductores de este serán calculados a  $25 * 1.25 = 31.25$  A por lo tanto el calibre será 8 AWG tipo THHN para fase, neutro y tierra, se instalara en tubería RMC designación 16 mm.

#### 5.15 INSTALACIÓN DE PLANTA DE EMERGENCIA.

El área mínima para la instalación de una planta de 10KV es de 9 m2. El área del cuarto de máquinas de este proyecto es de 22 m2, el espacio libre del lado del generador no será menor a 1.20 metros para permitir la remoción del equipo cuando sea necesario.

La base sobre la cual se instalará la planta eléctrica será de concreto armado con una resistencia a la compresión a los 28 días de por lo menos  $210 \text{ kgs/cm}^2$ , para evitar la deflexión y prevenir la vibración, la base deberá ser de dimensiones superiores en por lo menos 15 cm más que el ancho y largo del chasis de la planta, respectivamente. Es recomendable que la elevación de la base sea entre 10 y 15 cm superior al nivel del piso, para evitar que líquidos que se derramen entren en contacto con el chasis, minimizando así la corrosión y para facilitar ciertas labores de mantenimiento, como el drenaje de aceite cambio de correas entre otros. [23]

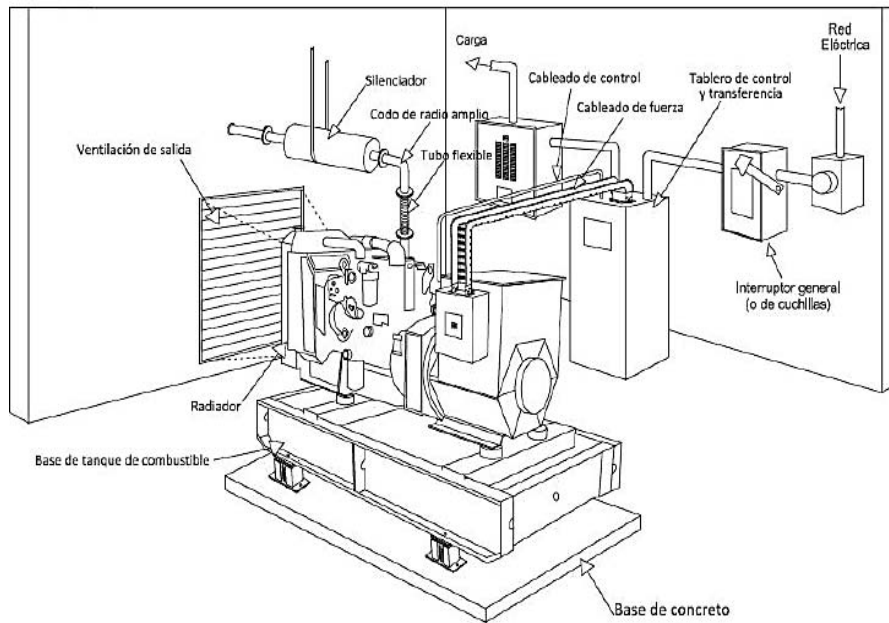


Figura 68. Esquema de instalación de planta eléctrica.

Se dispondrá la entrada de aire de manera que garantice que el flujo de aire siga la ruta Generador – motor – radiador.

El área de entrada de aire estará en relación directa con el área del panel del radiador. Dicha área será por lo menos 1.5 veces el área del panel del radiador, el conducto de salida de aire no deberá descargar hacia áreas de flujo peatonal a menos que esté a una altura superior a dos metros cuando la capacidad de la planta eléctrica sea menos de 125 kW y tres metros en plantas eléctricas de 150 kW y mayores.

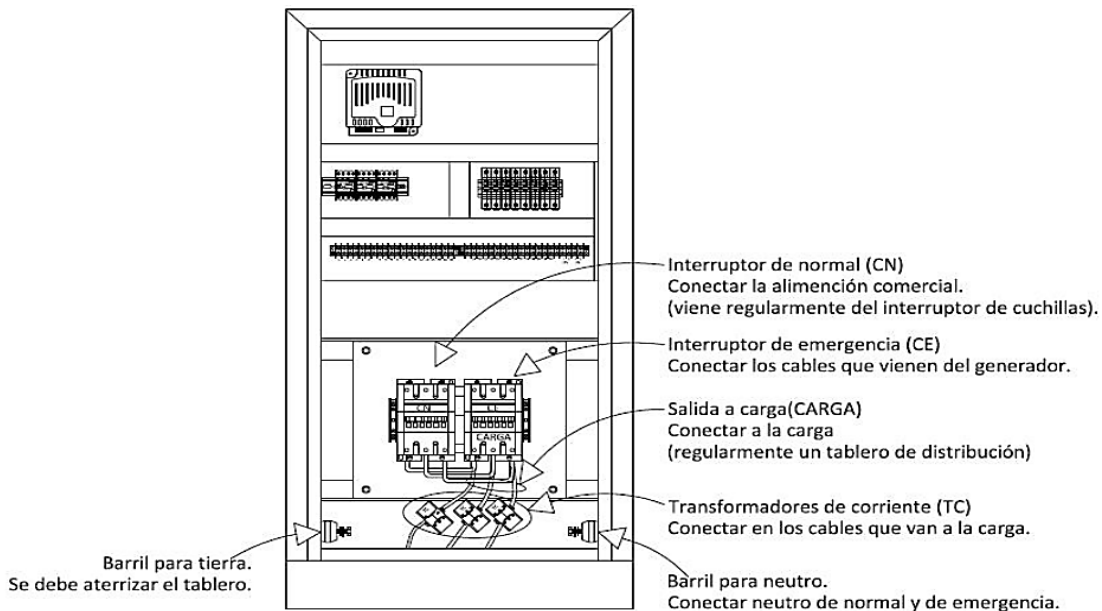


Figura 69. Tablero de control y transferencia.

Se deberán aterrizar todas las superficies metálicas que, bajo condiciones normales, puedan llegar a estar energizadas, como son:

1. El chasis de la planta eléctrica de emergencia.
2. El gabinete del interruptor termomagnético.
3. Las tuberías metálicas.
4. El gabinete del tablero de control y transferencia.

El electrodo de tierra estará tan cerca como sea posible y preferiblemente en la misma área de la planta eléctrica de emergencia.

El hilo de neutro del generador será aterrizado mediante su interconexión al electrodo de tierra de tierra.

Esta conexión será hecha en el lado del generador antes de cualquier medio de protección o desconexión del sistema de emergencia.

#### **5.16 CONCLUSIÓN DEL CAPITULO.**

A pesar de que este proyecto es limitado en cuestión de aplicación (pues careció de áreas de atención crítica como quirófanos, salas de recuperación o consultorios de especialidad), en este capítulo se observó la metodología básica que casi podría ser llamada “general” para realizar el diseño de una instalación eléctrica pues a veces, la información teórica tiende a ser un poco confusa, los conceptos aplicados son prácticamente los mismos, desde la identificación de las características de cada área hasta los cálculos, pues básicamente lo que varía en mayor o menor grado son las precauciones que deben tomarse a partir del área en cuestión e inmersamente el equipo que se usa para cumplir con estas (esto es lo que distingue a las instalaciones eléctricas en hospitales de las demás instalaciones como edificios o unidades habitacionales), cabe resaltar que es demasiado importante tener comunicación con el personal médico y con los demás arquitectos o ingenieros pues en este proyecto a pesar de que la mayoría de datos los obtuve de las normas nacionales no cuento con la experiencia necesaria para saber qué tipo de procedimientos pueden llevarse a cabo ni si el equipo médico aun es vigente o esta descontinuado.

## 6 CONCLUSIÓN

---

A lo largo de este trabajo me di a la tarea de recabar la información básica necesaria para poder cumplir con lo propuesto en el objetivo pues, aunque ciertamente a simple vista parece que es un trabajo “técnico”, realmente va más allá, dado la energía eléctrica a ganando menosprecio e indiferencia con el paso del tiempo (para mí, la raíz de las diferentes problemáticas), pues lo único que parece importante es que funcione o como ya lo mencionaba porque es un servicio con el que se tiene que contar, la idea principal de este trabajo es crear conciencia acerca de la facilidad con que se puede producir un accidente, ya que aun cuando la corriente eléctrica es pequeña, no deja de ser mortal.

En México la demanda de los cuidados médicos crece constantemente, todavía es frecuente observar instalaciones eléctricas defectuosas, mal diseñadas, mal ejecutadas, sin puesta a tierra ni equipotencialización, con protecciones inadecuadas o viejas, y sobre todo sin supervisión constante hasta el momento en que esta falla u ocurre un accidente, es difícil solucionar estas cuestiones por que algunos de estos problemas van más allá del alcance del diseñador, por ejemplo:

- En el país, aunque es “regulada” la creación de instituciones para el cuidado de la salud, es posible ofrecer el servicio medico a pesar de no contar con la seguridad requerida para instalaciones eléctricas, pues las leyes vigentes se enfocan a la infraestructura civil o desechos médicos y seguridad biológica, aunando que existe mucho anonimato en cuestión de establecimientos e inclusive consultorios.

Esto entre otras cosas, que tienen que ver más con la forma en que se rige el país, que directamente con el diseñador, a mi criterio por mencionar una forma de solucionar lo antes mencionado es crear organizaciones que se dedique exclusivamente a la auditoria de instalaciones eléctricas en áreas de atención médica.

La sugerencia para que el ingeniero a cargo del proyecto prevea de manera acertada el diseño de la instalación (pueda escoger el esquema de distribución eléctrica adecuado, así como los componentes correctos para que esta sea optima) es que verifique e investigue la información característica del equipo, así mismo se ponga de acuerdo con los directivos a cargo de esta para señalar indicaciones, pues es también responsabilidad de los mismos; participar, apoyar, involucrarse e intervenir de acuerdo con el tipo de atención y la designación de todas las áreas para cuidados de la salud (áreas de atención general, áreas de atención crítica y localizaciones para procedimientos mojados o húmedos) así, el diseñador podrá entender los procedimientos médicos actuales, al igual que los futuros posibles procedimientos.

En este trabajo me limite a el uso de las normas mexicanas exclusivamente pues están contienen lo básico para el buen funcionamiento, sin embargo, nunca encontré una norma que especificara el tiempo con el cual se deba dar mantenimiento por ende recomiendo se establezcan periodos de revisión de entre 3 meses a un año según sea el uso de la instalación, así como el equipo eléctrico pues a veces dentro de estos al no ser utilizados frecuentemente podrían estar llenándose de polvo, o tal vez algún tener animal dentro, se debe medir impedancia en el caso de quirófanos, cambiar cables cuando esto ya han sufrido algún corte, o desgaste en su aislamiento, verificar que se tengan conexiones firmes entre cables u contactos, etc.

Cabe señalar que el diseño de la instalación siempre será una guía ya que al momento de llevar a cabo la ejecución de la instalación puede que no se contemplen ciertas cosas o se tengan que ajustar de último momento, en resumen, siempre se debe estar abierto a posibilidades de cambio manteniendo el más alto nivel de seguridad posible, como máxima prioridad.

## 7 GLOSARIO

---

### **Acometida**

Conjunto de conductores y equipo necesario para llevar la energía eléctrica desde el sistema de suministro a la Subestación Eléctrica (aérea o subterránea).

### **Aparamenta eléctrica**

Conjunto de aparatos de maniobra, de regulación y control, de medida, incluidos los accesorios de las canalizaciones eléctricas, utilizados en las instalaciones eléctricas, cualquiera que sea su tensión.

### **Baja tensión**

Diferencia de potencial menor a 600 volts.

### **Bonderizado**

m. tecnol. Tratamiento superficial de un material férreo que lo protege de la corrosión.

### **CAD**

Siglas en inglés para computer-aided-design (Diseño asistido por computadora), es el uso de programas de computadora para crear, modificar, analizar y documentar representaciones gráficas bidimensionales o tridimensionales (2D o 3D) de objetos físicos como alternativa a los borradores manuales y prototipos de productos.

### **Cardew C**

Dispositivo indicador de primer defecto mediante un controlador permanente de aislamiento (CPI).

### **Conexión equipotencial**

Conexión eléctrica destinada a conseguir que distintas partes de una instalación eléctrica tengan el mismo potencial eléctrico.

### **Data sheet**

Ficha de datos

### **Electrógeno**

Engendra o genera electricidad.

### **Especificación**

Conjunto de disposiciones, requisitos e instrucciones particulares que modifican, adicionan o substituyen a las normas correspondientes y que deben aplicarse ya sea para el estudio, el proyecto y/o la ejecución y equipamiento, de una obra determinada; la

puesta en servicio y la supervisión de esos trabajos. En lo que se opongan a las Normas, las Guías Técnicas de Construcción prevalecerán.

### **Equipotencial**

Relación de igualdad entre las potencias o capacidades de dos o más elementos

### **IMSS**

Instituto Mexicano Del Seguro Social

### **Norma**

Conjunto de disposiciones y requisitos generales establecidos por las dependencias o entidades que deben aplicarse para la realización de estudios, proyectos, ejecución y equipamiento de las obras, la puesta en servicio y la supervisión de esos trabajos, comprendiendo la medición y la base de pago de los conceptos de trabajo.

### **Paciente ambulatorio**

Todo aquel usuario de atención médica que no necesite hospitalización.

### **Primer defecto**

En caso de que se produzca un defecto de cortocircuito a tierra, el sistema puede seguir funcionando sin interrupción.

### **SNPT**

Sobre nivel de piso terminado.

### **Terminal o zapata**

Borne o elemento mecánico que se instala al final de un conductor para facilitar la conexión.

### **THW**

Termoplástico resistente a la humedad y al calor.

### **TW**

Termoplástico resistente a la humedad.

### **Varilla copperweld**

Varilla de acero con cubierta de cobre.

### **Vigilohm**

Sistema que también permite el acceso a la impresora y/o a un PC que ofrezca una revisión global del nivel de aislamiento de una instalación completa, y registra la evolución cronológica del nivel de aislamiento de cada circuito.



Calibre  AWG o kcmil	Área de la sección transversal nominal  mm <sup>2</sup>	Temperatura nominal del conductor					
		60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C
		TW TWD CCE	THW, RHW THW-LS THWN XHHW	RHH, RHW-2 THHN, THW-2 THHW-LS, XHHW-2	UF	RHW XHHW	RHW-2 XHHW XHHW-2 DRS
		Cobre			Aluminio		
14	2,08	20*	20*	25*	-	-	-
12	3,31	25*	25*	30*	-	-	-
10	5,26	30	35*	40*	-	-	-
8	8,37	40	50	55	-	-	-
6	13,3	55	65	75	40	50	60
4	21,2	70	85	95	55	65	75
2	33,6	95	115	130	75	90	100
1/0	53,5	125	150	170	100	120	135
2/0	67,4	145	175	195	115	135	150
3/0	85,0	165	200	225	130	155	175
4/0	107	195	230	260	150	180	205
250	127	215	255	290	170	205	230
300	152	240	285	320	190	230	255
350	177	260	310	350	210	250	280
400	203	280	335	380	225	270	305
500	253	320	380	430	260	310	350
600	304	355	420	475	285	340	385
750	380	400	475	535	320	385	435
1000	507	455	545	615	375	445	500

Tabla 9. Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados para 0 a 2000 V nominales y 60°C a 90°C.

\* A menos que se permita otra cosa específicamente en otro lugar de esta norma, la protección contra sobrecorriente de los conductores marcados con un asterisco (\*), no se debe superar 15 A para 14 AWG, 20 A para 12 AWG y 30 A para 10 AWG, todos de cobre.

CLASIFICACIÓN DE AISLAMIENTOS:

**TIPO:**

R	Hule
T	Termoplástico
N	Nylon
H	Resistente al calor
W	Resistente a ambientes agresivos

TIPO	MATERIAL Y CARACTERÍSTICAS	APLICACIÓN	TEMPERATURA MÁXIMA DE OPERACIÓN °C
R	Hule	Ambiente seco	60
RH	Hule resistente al calor	Ambiente seco	75
RHH	Hule resistente a las altas temperaturas	Ambiente seco	90
RHW	Hule resistente al calor y al medio agresivo	Ambiente seco y húmedo	75
T	Termoplástico	Ambiente seco	60
TH	Termoplástico resistente al calor	Ambiente seco	75
THW	Termoplástico resistente al calor y al medio agresivo	Ambiente seco y húmedo	75
THWN	Termoplástico con cubierta de nylon resistente al ambiente agresivo	Ambiente seco y húmedo	75

CLASIFICACIÓN BÁSICA DE TIPOS DE AISLAMIENTO GENERAL. [10]

Temperatura ambiente en el lugar de la instalación °C	60°C	75°C	90°C
21 – 25	1,08	1,05	1,04
26 – 30	1,00	1,00	1,00
31 – 35	0,91	0,94	0,96
36 – 40	0,82	0,88	0,91
41 – 45	0,71	0,82	0,87
46 – 50	0,58	0,75	0,82
51 – 55	0,41	0,67	0,76

Tabla 10. factores de corrección de temperatura.

Cantidad de conductores portadores de corriente eléctrica	Factor de corrección por agrupamiento
De 4 a 6	0,80
De 7 a 9	0,70
De 10 a 20	0,50
De 21 a 30	0,45
De 31 a 40	0,40
De 41 y más	0,35

Tabla 11. Factores de corrección por agrupamiento

Calibre AWG o kcmil	Ohms al neutro / km													
	Reactancia inductiva (X <sub>L</sub> ) para todos los conductores Ohm/km		Resistencia a la c.a. a 75°C de conductores de cobre Ohm / km			Resistencia a la c.a. a 75°C de conductores de aluminio Ohm / km			Impedancia (Z) de conductores de cobre fp=0,9 Ohm / km			Impedancia (Z) de conductores de aluminio fp=0,9 Ohm / km		
	Conduit de PVC o aluminio	Conduit de acero	Conduit de PVC	Conduit de aluminio	Conduit de acero	Conduit de PVC	Conduit de aluminio	Conduit de acero	Conduit de PVC	Conduit de aluminio	Conduit de acero	Conduit de PVC	Conduit de aluminio	Conduit de acero
14	0.190	0.240	10.2	10.2	10.2	—	—	—	9.3	9.3	9.3	—	—	—
12	0.177	0.223	6.6	6.6	6.6	—	—	—	6.0	6.0	6.0	—	—	—
10	0.164	0.207	3.9	3.9	3.9	—	—	—	3.6	3.6	3.6	—	—	—
8	0.171	0.213	2.56	2.56	2.56	—	—	—	2.38	2.38	2.40	—	—	—
6	0.167	0.210	1.61	1.61	1.61	2.66	2.66	2.66	1.52	1.52	1.54	2.47	2.47	2.49
4	0.157	0.197	1.02	1.02	1.02	1.67	1.67	1.67	0.99	0.99	1.00	1.57	1.57	1.59
2	0.148	0.187	0.62	0.66	0.66	1.05	1.05	1.05	0.62	0.66	0.68	1.01	1.01	1.03
1/0	0.144	0.180	0.39	0.43	0.39	0.66	0.69	0.66	0.41	0.45	0.43	0.66	0.68	0.67
2/0	0.141	0.177	0.33	0.33	0.33	0.52	0.52	0.52	0.36	0.36	0.37	0.53	0.53	0.55
3/0	0.138	0.171	0.253	0.269	0.259	0.43	0.43	0.43	0.288	0.302	0.308	0.45	0.45	0.46
4/0	0.135	0.167	0.203	0.22	0.207	0.33	0.36	0.33	0.242	0.257	0.259	0.36	0.38	0.37
250	0.135	0.171	0.171	0.187	0.177	0.279	0.295	0.282	0.213	0.227	0.234	0.310	0.324	0.328
300	0.135	0.167	0.144	0.161	0.148	0.233	0.249	0.236	0.188	0.204	0.206	0.269	0.283	0.285
350	0.131	0.164	0.125	0.141	0.128	0.200	0.217	0.207	0.170	0.184	0.187	0.237	0.252	0.258
400	0.131	0.161	0.108	0.125	0.115	0.177	0.194	0.180	0.154	0.170	0.174	0.216	0.232	0.232
500	0.128	0.157	0.089	0.105	0.095	0.141	0.157	0.148	0.136	0.150	0.154	0.183	0.197	0.202
600	0.128	0.157	0.075	0.092	0.082	0.118	0.135	0.125	0.123	0.139	0.142	0.162	0.177	0.181
750	0.125	0.157	0.062	0.079	0.069	0.095	0.112	0.102	0.110	0.126	0.131	0.140	0.155	0.160
1000	0.121	0.151	0.049	0.062	0.059	0.075	0.089	0.082	0.097	0.109	0.119	0.120	0.133	0.140

Tabla 12. Parámetros eléctricos generales de cables en tubo (Conduit).



Artículo 344 –Tubo conduit metálico pesado (RMC)							
Designación métrica	Tamaño comercial	Diámetro interno mm	100% del área total mm <sup>2</sup>	60% del área total mm <sup>2</sup>	Un conductor fr = 53% mm <sup>2</sup>	Dos conductores fr = 31% mm <sup>2</sup>	Más de 2 conductores fr = 40% mm <sup>2</sup>
12	3/8	—	—	—	—	—	—
16	1/2	16.10	204	122	108	63	81
21	3/4	21.20	353	212	187	109	141
27	1	27.00	573	344	303	177	229
35	1 1/4	35.40	984	591	522	305	394
41	1 1/2	41.20	1333	800	707	413	533
53	2	52.90	2198	1319	1165	681	879
63	2 1/2	63.20	3137	1882	1663	972	1255
78	3	78.50	4840	2904	2565	1500	1936
91	3 1/2	90.70	6461	3877	3424	2003	2584
103	4	102.90	8316	4990	4408	2578	3326
129	5	128.90	13050	7830	6916	4045	5220
155	6	154.80	18821	11292	9975	5834	7528

Tabla 13. Dimensiones tubo eléctrico metálico – RMT (NOM 001).

Capacidad nominal o ajuste del dispositivo de protección contra sobrecorriente ubicado antes del equipo, conductor, etc.

Calibre del conductor de puesta a tierra (AWG o MCM)

No. mayor de	Cobre	Aluminio
15	14	12
20	14	12
30	12	10
40	10	8
60	10	8
100	18	6
200	6	4
400	4	2
600	2	2/0
800	1/0	3/0
1000	2/0	4/0
1200	3/0	250 MCM
1600	4/0	350 MCM
2000	250 MCM	400 MCM
2500	350 MCM	500 MCM
3000	400 MCM	600 MCM
4000	500 MCM	800 MCM
5000	700 MCM	1000 MCM
6000	800 MCM	1200 MCM

Tabla 14.- Valor del Calibre de conductor puesta a tierra NOM-001-sede 2012.

Tamaño o designación		Espacio libre dentro de la caja para cada conductor
mm <sup>2</sup>	AWG	cm <sup>3</sup>
0.824	18	24.6
1.31	16	28.7
2.08	14	32.8
3.31	12	36.9
5.26	10	41
8.37	8	49.2
13.3	6	81.9

Tabla 15. Volumen considerado para cada conductor.

Calibre del conductor	Área del cable con forro en cm <sup>2</sup> . tipo TW-THW cm <sup>2</sup>	No. máximo de conductores en ducto		
		6.5x6.5 cm.	10x10 cm.	15x15 cm.
14	0.102	92	237	660
12	0.132	72	186	426
10	0.166	55	142	32
8	0.322	30	78	176
6	0.515	15	39	37
4	0.650	11	29	56
3	0.785	9	25	57
2	0.950	8	21	48
1	1.267	6	15	35
0	1.474	5	13	30
00	1.767	4	11	25
000	2.011	3	9	27
0000	2.405	3	8	18
250000	3.010	2	6	14
300000	3.496	2	5	12
400000	4.374	1	4	10
500000	5.183	1	3	8

Tabla 16. Capacidad máxima de conductores en ducto.

Tamaño comercial de la caja centímetros		Volumen mínimo cm <sup>3</sup>	Número máximo de conductores* mm <sup>2</sup> (AWG)						
			0.824 (18)	1.31 (16)	2.08 (14)	3.31 (12)	5.26 (10)	8.37 (8)	13.3 (6)
10 x 3.2	Redonda/octagonal	205	8	7	6	5	5	5	2
10 x 3.8	Redonda/octagonal	254	10	8	7	6	6	5	3
10 x 5.4	Redonda/octagonal	353	14	12	10	9	8	7	4
10 x 3.2	Cuadrada	295	12	10	9	8	7	6	3
10 x 3.8	Cuadrada	344	14	12	10	9	8	7	4
10 x 5.4	Cuadrada	497	20	17	15	13	12	10	6
12 x 3.2	Cuadrada	418	17	14	12	11	10	8	5
12 x 3.8	Cuadrada	484	19	16	14	13	11	9	5
12 x 5.4	Cuadrada	689	28	24	21	18	16	14	8
7.50 x 5 x 3.8	De Dispositivo	123	5	4	3	3	3	2	1
7.50 x 5 x 5	De Dispositivo	164	6	5	5	4	4	3	2
7.50 x 5 x 5.7	De Dispositivo	172	7	6	5	4	4	3	2
7.50 x 5 x 6.5	De Dispositivo	205	8	7	6	5	5	4	2
7.50 x 5 x 7	De Dispositivo	230	9	8	7	6	5	4	2
7.50 x 5 x 9	De Dispositivo	295	12	10	9	8	7	6	3
10 x 5.40 x 3.8	De Dispositivo	169	6	5	5	4	4	3	2
10 x 5.40 x 4.8	De Dispositivo	213	8	7	6	5	5	4	2
10 x 5.40 x 5.4	De Dispositivo	238	9	8	7	6	5	4	2
9.50 x 5 x 6.5	Caja/tándem de mampostería	230	9	8	7	6	5	4	2
9.50 x 5 x 9	Caja/tándem de mampostería	344	14	12	10	9	8	7	4
Profundidad mínima 4.45	FS - Cubierta/tándem individual	221	9	7	6	6	5	4	2
Profundidad mínima 6.03	FD - Cubierta/tándem individual	295	12	10	9	8	7	6	3
Profundidad mínima 4.45	FS - Cubierta/tándem múltiples	295	12	10	9	8	7	6	3

Tabla 17. Cajas metálicas (características).

Tarea Visual del Puesto de Trabajo	Area de Trabajo	Niveles Mínimos de Iluminación (luxes)
En exteriores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Exteriores generales: patios y estacionamientos.	20
En interiores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Interiores generales: almacenes de poco movimiento, pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos, labores en minas subterráneas, iluminación de emergencia.	50
En interiores.	Áreas de circulación y pasillos; salas de espera; salas de descanso; cuartos de almacén; plataformas; cuartos de calderas.	100
Requerimiento visual simple: inspección visual, recuento de piezas, trabajo en banco y máquina.	Servicios al personal: almacenaje rudo, recepción y despacho, casetas de vigilancia, cuartos de compresores y pailería.	200
Distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina.	Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.	300
Distinción clara de detalles: maquinado y acabados delicados, ensamble de inspección moderadamente difícil, captura y procesamiento de información, manejo de instrumentos y equipo de laboratorio.	Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios.	500
Distinción fina de detalles: maquinado de precisión, ensamble e inspección de trabajos delicados, manejo de instrumentos y equipo de precisión, manejo de piezas pequeñas.	Talleres de alta precisión: de pintura y acabado de superficies y laboratorios de control de calidad.	750
Alta exactitud en la distinción de detalles: ensamble, proceso e inspección de piezas pequeñas y complejas, acabado con pulidos finos.	Proceso: ensamble e inspección de piezas complejas y acabados con pulidos finos.	1,000
Alto grado de especialización en la distinción de detalles.	Proceso de gran exactitud. Ejecución de tareas visuales: <ul style="list-style-type: none"> <li>• de bajo contraste y tamaño muy pequeño por periodos prolongados;</li> <li>• exactas y muy prolongadas, y</li> <li>• muy especiales de extremadamente bajo contraste y pequeño tamaño.</li> </ul>	2,000

Tabla 18. Niveles de iluminación.

TRANSFORMERS ANSI / IEEE  
C57.12.00-1987

**Table 2**  
**Preferred Continuous Kilovoltampere Ratings**

Single-Phase Transformers	Three-Phase Transformers
5	15
10	30
15	45
25	75
37.5	112.5
50	150
75	225
100	300
167	500
250	750
333	1000

Tabla 19. Clasificación KVA continuos de transformadores.

## 9 REFERENCIAS

---

- [1] «<http://paginas.facmed.unam.mx>,» [En línea]. Available: <http://paginas.facmed.unam.mx/deptos/sp/wp-content/uploads/2013/12/biblio-basica-3.3.2.pdf>.
- [2] J. RAMOS, «El 94% de los hospitales públicos y privados no están certificados,» 22 Febrero 2012. [En línea]. Available: <http://www.excelsior.com.mx/node/716345>.
- [3] M. Dr. Massimo A. G. , Electrical Safety of Low-Voltage Systems, The McGraw-Hill Companies, Inc.
- [4] L. MORRÓN, «[losmundosdebrana.com](http://losmundosdebrana.com),» 25 11 2014. [En línea]. Available: <https://losmundosdebrana.com/2014/11/25/efectos-de-la-corriente-electrica-en-el-cuerpo-humano-ii-la-edad-de-la-gran-potencia/>.
- [5] SQUARE D, «Sistemas de Energía Aislados para Hospitales,» 2005.
- [6] DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN, «NOM-001-SEDE-20012 instalaciones Eléctricas (utilización),» 2012.
- [7] ARISMENDI, L.ABB Group, «H+ Line Equipos para hospitales y clínicas,» 2015.
- [8] A. Charles K y M. Sadiku, FUNDAMENTOS DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS, México: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- [9] GRUPO CONDUMEX, Manual técnico de instalaciones eléctricas en baja tensión, 2009.
- [10] G. ENRÍQUEZ HARPER, Guía práctica para el cálculo de instalaciones eléctricas, basada en las normas técnicas para instalaciones eléctricas NOM-EM-001-SEMP-1993, 2004.
- [11] IMSS, «Instalaciones eléctricas telefonía y sonido, guías técnicas de construcción,» 2004.
- [12] DRIWISA®, «Fusibles limitadores de corriente driwisa® De alta tensión y alta capacidad interruptiva,» 2010.
- [13] SCHNEIDER ELECTRIC ESPAÑA, S.A., Guía de diseño de instalaciones eléctricas Según normas internacionales IEC., ESPAÑA.: Tecfoto, S.L. Ciutat de Granada, 55. 08005 Barcelona. , 2008 .
- [14] electricamx , «<http://electrica.mx>,» 15 Febrero 2017. [En línea]. Available: <http://electrica.mx/energias-sanas-instalaciones-electricas-en-hospitales/>.
- [15] SCHNEIDER EN LINEA, Schneider Electric México, S.A. de C.V., «Revista trimestral editada por el área de Comunicación de Schneider Electric México,» 2008.
- [16] S. J. CHAPMAN, MAQUINAS ELÉCTRICAS, MCGRAW HILL HIGHER EDUCATION, 2012.
- [17] CFE, «[app.cfe.mx](http://app.cfe.mx),» 2009. [En línea]. Available: <https://app.cfe.mx/Informeannual2009/4.2.1.html>.
- [18] ASOCIACION DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN, A. C., «NMX-J-136-ANCE-2007, ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS PARA DIAGRAMAS, PLANOS Y EQUIPOS ELECTRICOS,» MÉXICO, 2007.
- [19] J. Mitchell, «[techlandia.com](http://techlandia.com),» [En línea]. Available: [https://techlandia.com/tipos-software-lista\\_87511/](https://techlandia.com/tipos-software-lista_87511/).
- [20] J. GARCÍA FERNANDEZ, «[recursos.citcea](http://recursos.citcea.upc.edu),» [En línea]. Available: [https://recursos.citcea.upc.edu/llum/interior/iluint1.html#metod\\_al](https://recursos.citcea.upc.edu/llum/interior/iluint1.html#metod_al).
- [21] BEGA, «BEGA,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.bega.de/en/knowledge/about-light-and-illumination/2-information-about-light-and-illumination/2-06-light-distribution-curves-illumination-and-isolux-diagrams/>.
- [22] «Normas y especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones, volumen 5 instalaciones de servicio, tomo 1 instalaciones eléctricas,» 2014. [En línea]. Available: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/104925/Tomo1\\_Generalidades\\_y\\_Terminologia.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/104925/Tomo1_Generalidades_y_Terminologia.pdf).
- [23] GENERACIÓN INDUSTRIAL KOSOV, S.A. de C.V., «Manual de Instalación de Plantas Eléctricas de Emergencia,» 2013.

- [24] I. CALLE MILLÁN, UF0887 MONTAJE Y MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE INTERIOR -CERTIFICADO PROFESIONALIDAD, IC EDITORIAL INOVACION Y CUALIFICACION..
- [25] D. GÓMEZ MARCIAL, «Análisis de contingencias eléctricas en centros comerciales,» 2012.
- [26] DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN, «NOM-007-ENER-2014, eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales,» 2014.
- [27] DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN, «NOM-005-SSA3-2016. Que establece los requisitos mínimos de infraestructura y equipamiento de establecimientos para la atención médica de pacientes ambulatorios,» 2016.
- [28] DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN, «NOM-197-SSA1-2000. Que establece los requisitos mínimos de infraestructura y equipamiento de hospitales y consultorios de atención médica especializada,» 2000.
- [29] S. LICHTENSTEIN, «Instalaciones eléctricas en centros de salud,» 2017.
- [30] C. SOLER, «Instalaciones eléctricas para uso hospitalario, Ingeniería Eléctrica,» 2012.
- [31] C. SOLER, «Segundo Concurso Técnico Científico,» 2007.
- [32] E. YÁÑEZ, Hospitales de Seguridad Social,, Edición Limusa, D.F., 1986.
- [33] «Ingeniería Eléctrica y Tecnología,» 21 noviembre 2013. [En línea]. Available: <http://fidelsmc.blogspot.mx/2013/11/capacidades-normalizadas-de.html>.
- [34] «MEDICAL & ELECTRIC, BLOG,» 2016. [En línea]. Available: <https://www.medicalelectric.com.co/blog/transformador-de-aislamiento>.
- [35] RIESGOS ELÉCTRICOS, «www.areatecnologia.com,» [En línea]. Available: <http://www.areatecnologia.com/electricidad/riesgos-electricos.html>.