

**METODOLOGÍA DE DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA
CENTRO DE DIAGNOSTICO RADIOLÓGICO BARRANQUILLA DE
ACUERDO CON EL REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES
ELÉCTRICAS RETIE.**

Autor:

Sergio Enrique Vega Rodriguez

Domingo Ramon Rodriguez Hernandez

**MONOGRAFIA PRESENTADA PARA OPTAR AL TITULO DE
Ingeniero Electrónico**

ASESOR:

Eduardo Gómez Vásquez

Ingeniero Electricista

**UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR
FACULTAD DE INGENIERIAS ELECTRICA Y ELECTRÓNICA
CARTAGENA D. T. y C.**

2008

**METODOLOGÍA DE DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA
CENTRO DE DIAGNOSTICO RADIOLÓGICO BARRANQUILLA DE
ACUERDO CON EL REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES
ELÉCTRICAS RETIE.**

Autores:

Sergio Enrique Vega Rodriguez

Domingo Ramon Rodriguez Hernandez

**MONOGRAFIA PRESENTADA PARA OPTAR AL TITULO DE
Ingeniero Electrónico**

ASESOR:

Eduardo Gómez Vásquez

Ingeniero Electricista

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLIVAR
FACULTAD DE INGENIERIAS ELECTRICA Y ELECTRÓNICA
CARTAGENA D. T. y C.**

2008

Cartagena, Noviembre de 2008

Señores
Comité Curricular de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
Universidad Tecnológica de Bolívar
La Ciudad

Respetados Señores:

De la manera más atenta nos permitimos presentar a su consideración y aprobación, el trabajo de monografía titulado **METODOLOGÍA DE DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA CENTRO DE DIAGNOSTICO RADIOLÓGICO BARRANQUILLA DE ACUERDO CON EL REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS RETIE.**

Elaborado por **Sergio Enrique Vega Rodríguez y Domingo Ramón Rodríguez Hernández**, egresados de la carrera de Ingeniería Electrónica e Ingeniería Eléctrica respectivamente aspirantes al título como profesionales de la misma.

Atentamente,

Sergio Vega Rodriguez

Domingo Rodriguez Hernandez

Cartagena, Noviembre de 2008

Señores
Comité Curricular de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
Universidad Tecnológica de Bolívar
La Ciudad.

Respetados Señores:

Cordialmente me permito informarles, que he llevado a cabo la Dirección de la monografía de los estudiantes Sergio Vega Rodríguez y Domingo Rodríguez Hernández, titulado **METODOLOGÍA DE DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA CENTRO DE DIAGNOSTICO RADIOLÓGICO BARRANQUILLA DE ACUERDO CON EL REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS RETIE.**

Atentamente,

Eduardo Gómez Vásquez
Ingeniero Electricista
UTB

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN	10
2.	REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELECTRICAS (RETE)	12
2.1.	ANTECEDENTES DEL RETE	13
2.2.	OBJETIVO DEL RETE	16
2.3.	RESPONSABILIDADES EN LAS INSTALACIONES ELECTRICAS SEGÚN EL RETE.	17
2.4.	VIGILANCIA Y CONTROL DEL CUMPLIMIENTO DEL REGLAMENTO TECNICO DE INSTALACIONES ELECTRICAS RETE	20
3.	INSTITUCIONES DE ASISTENCIA MÉDICA.....	21
3.1	CLASIFICACION DE LAS INSTITUCIONES HOSPITALARIAS SEGUN LA NORMA ICONTEC 2050	22
3.1.1	CLINICAS, CONSULTORIOS MEDICOS Y ODONTOLOGICOS, Y SERVICIOS DE CONSULTA EXTERNA.....	23
3.1.2	HOSPITALES DE CUIDADOS INTERMEDIOS Y DE ASISTENCIA MÉDICA A PACIENTES DE LARGA ESTANCIA.....	23
3.1.3	HOSPITALES	23
3.2	SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.....	23
3.2.1	RIESGO DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA PARA LOS SERES HUMANOS	24
3.2.2	PASOS A TENER EN CUENTA EN EL DISEÑO DE UNA PUESTA A TIERRA PARA SUBESTACIONES	26
3.3.	SISTEMA DE PUESTAS A TIERRA EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS ESPECIALES	28
3.3.1.	REQUISITOS PARA INSTALACIONES HOSPITALARIAS.....	29
3.3.1.1.	SISTEMA DE PUESTA A TIERRA EN INSTALACIONES HOSPITALARIAS.....	30
3.3.1.2.	EFFECTIVIDAD DE PUESTA A TIERRA	34
3.4.	AREAS DE CUIDADO DE PACIENTES	35
3.4.1.	GENERALIDADES.....	35
3.4.2.	ÁREAS DE ATENCION GENERAL.....	36
3.4.2.1.	EFICIENCIA DE LA PUESTA A TIERRA	36
3.4.2.2.	PUESTA A TIERRA E INTERCONEXIONES.....	37
3.4.2.3.	PUESTA A TIERRA DE TOMACORRIENTES ESPECIALES	37
4.	PROYECTO APLICADO	39
4.1.	GENERALIDADES.....	39
4.2.	PLANOS Y PLANTAS.....	40
4.3.	METODOLOGIA DE DISEÑO	43
5.	CONCLUSIONES.....	54

6. BIBLIOGRAFÍA.....	55
Anexo 1 y 2.	81

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Objetivos Legítimos.

Figura 2. Marco de Reglamentación.

Figura 3. Niveles de Normalización de una Norma Técnica.

Figura 4. Riesgo Eléctrico.

Figura 5. Señales de Advertencia de Riesgo Eléctrico.

Figura 6. Vista Lateral.

Figura 7. Vista Frontal.

Figura 8. Planta semisótano.

Figura 9. Planta Primer Piso.

Figura 10. Planta segundo Piso.

LISTA DE TABLAS.

Tabla 1. Calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos.

Tabla 2. Salidas Especiales para Centro de Diagnostico Radiológico Barranquilla.

Tabla 3. Especificación Generales de Fabricación e Instalación de tableros.

Tabla 4. Forma de realizar el cuadro de carga.

Tabla 5. Salidas Especiales para Centro de Diagnostico Radiológico Barranquilla.

OBJETIVOS

GENERAL

- Diseñar conforme al reglamento técnico y a la Norma Técnica Colombiana las instalaciones eléctricas para un centro de diagnóstico radiológico en Barranquilla.

ESPECIFICOS

- Seleccionar los calibres de los conductores de las instalaciones eléctricas para el centro de diagnóstico radiológico y verificar que las regulaciones no superen el 3% permitido.
- Diseñar la malla a tierra del proyecto y verificar que las tensiones de paso y de contacto no superen las tensiones máximas tolerables.
- Exponer la validación del diseño de acuerdo a la reglamentación RETIE.
- Elaborar una lista de materiales eléctricos requeridos para las instalaciones eléctricas del proyecto Centro de Diagnóstico Radiológico Barranquilla.

METODOLOGÍA DE DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA CENTRO DE DIAGNOSTICO RADIOLÓGICO BARRANQUILLA DE ACUERDO CON EL REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS RETIE.

1. INTRODUCCIÓN

Con el Reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE) estipulado por el gobierno nacional se da la obligación de cumplir con los requisitos que exige el diseño y la construcción en las instalaciones eléctricas cubiertas en él. Todo diseño debe cumplir con normas a las que un personal calificado les puede dar la correcta interpretación para las que fueron realizadas, y por eso para el caso específico de las instalaciones de asistencia médica; veremos desde los mecanismos legales bajo los cuales el gobierno nacional se vale para hacerlos cumplir, hasta criterios que se aplican para realizar diseños y construir instalaciones eléctricas de asistencia médica. En este documento no sólo se irá plasmando gradualmente el conjunto de todos los elementos necesarios para el diseño paso a paso de las instalaciones eléctricas de asistencia médica, sino que se describirá la relación entre cada uno de ellos, de tal forma que se pueda comprender mejor cómo realizar proyectos seguros, confiables y eficientes.

Para aproximarse a qué tan comprometido hay que estar en el entendimiento de la metodología de diseño y construcción de los sistemas eléctricos para asistencia médica, consideramos que entender los objetivos del RETIE es el mejor comienzo para conseguirlo. Entonces veremos que garantizar la seguridad del ser humano y del medio ambiente que le rodea, obliga a conocer detalladamente los efectos que puede producir el uso de la energía eléctrica, y

así conseguir las herramientas que ayuden a contrarrestar las consecuencias nocivas y minimizar los riesgos que se puedan presentar.

En el caso de las instalaciones eléctricas de asistencia médica los avances tecnológicos han permitido el desarrollo de equipos médicos cada vez más sofisticados y sensibles, lo que implica mejorar la seguridad de los pacientes y equipos, mejorando entre otros las puestas a tierra de los mismos. Una de las características fundamentales de una instalación de asistencia medica segura, es el garantizar la operación de las instalaciones dentro de los parámetros estándares y asegurar el resguardo del personal y los equipos que en ella se encuentren.

Gracias al RETIE se ha despertado un creciente interés en el medio técnico y así poder brindar claridad suficiente sobre las implicaciones técnicas y lo requerimientos que se deben garantizar para tener instalaciones seguras; y se ha empezado a construir lo que ya en otros países es historia y es de donde debemos basarnos para que cada día nuestras instalaciones sean mas confiables y eficientes.

2. REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELECTRICAS (RETIE)

A partir del Primero de mayo del 2005 entro a regir en todo el país el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, RETIE, expedido mediante Resolución 180398 del 7 de abril de 2004. El RETIE es un instrumento técnico-legal para Colombia, que sin crear obstáculos innecesarios al comercio o al ejercicio de la libre empresa, permite garantizar que las instalaciones, equipos y productos usados en la generación, transmisión, transformación, distribución y utilización de la energía eléctrica, cumplan con los siguientes objetivos legítimos:

- La Protección de la Vida y La Salud Humana.
- La Protección de la Vida Animal o Vegetal.
- La Preservación del Medio Ambiente.
- La Prevención de Practicas de que puedan Inducir a Error al Usuario.

Figura 1. Objetivos legítimos

El RETIE reglamenta las normas técnicas y le da el carácter de obligatoriedad a las disposiciones existentes, como la Norma NTC-2050, y establece otros criterios de obligatorio cumplimiento en adelante, tanto para nuevas instalaciones como para existentes. Así mismo, establece un procedimiento para certificar las instalaciones con requisitos y prescripciones del reglamento técnico, de carácter obligatorio que tiene una validez de dos años para instalaciones hospitalarias y de diez años para las demás, enmarcando dentro del RETIE las instalaciones industriales, comerciales, oficiales y multifamiliares.

El reglamento aplica para toda instalación nueva o ampliación en todos los procesos involucrados en el manejo de la energía eléctrica, desde el generador hasta el usuario final. También establece un régimen sancionatorio para aquellas instalaciones y profesionales que no cumplan con lo que en él se establece.

El RETIE involucra una serie de responsabilidades, obligaciones y deberes claramente definidos de todas las partes, de modo que cobra especial importancia, quizás como nunca antes en Colombia el aspecto técnico en el manejo de la energía eléctrica. Es este el primer intento de reglamentar o unificar diversos criterios en el ámbito de la electrotecnia.

El RETIE ha suscitado toda una serie de comentarios, discusiones técnicas y no pocas críticas en muchos de sus aspectos, pero hay que reconocer que ha despertado un creciente interés en el medio y desde ya asegura su injerencia en diversos aspectos que en adelante deben considerarse con sumo cuidado.

El RETIE está orientado hacia los aspectos de seguridad e integridad física de las personas, seres vivos y del medio ambiente.

2.1. ANTECEDENTES DEL RETIE

Los reglamentos técnicos en el desarrollo de un país son necesarios porque existe un nuevo orden en el comercio y como consecuencia directa un nuevo marco de reglamentación. Dentro de este nuevo orden en el comercio se tiene:



Figura 2. Marco de Reglamentación.

Su origen no obedece a argumentos técnicos propiamente como lo son las normas, sino a la necesidad de adoptar una reglamentación que permita establecer los requerimientos que deben satisfacer las instalaciones, equipos y demás elementos que se utilizan en la país para cumplir con los estándares internacionales en esta materia y así enmarcarse dentro de los requerimientos planteados por el nuevo orden en el comercio mundial, con apertura de fronteras y tratados comerciales.

Además se ha tenido en cuenta para el desarrollo del país; en la creación del RETIE los siguientes aspectos:

- Régimen de derecho privado y cambio de propiedad de empresas del sector eléctrico.
- Eliminación de obligatoriedad de normas técnicas.

- Deterioro de la seguridad en las instalaciones y trabajos relacionados.
- Aumento de accidentes.
- Alto costo para el país.

Términos como homologación y Normas Técnicas Colombianas Oficiales Obligatorias (NTCOO) perdieron su vigencia, ahora el esquema se basa en reglamentos técnicos de carácter obligatorio, normas técnicas de voluntaria adopción o formulación y en que cada país es autónomo para defender sus objetivos legítimos, ver Figura 3.

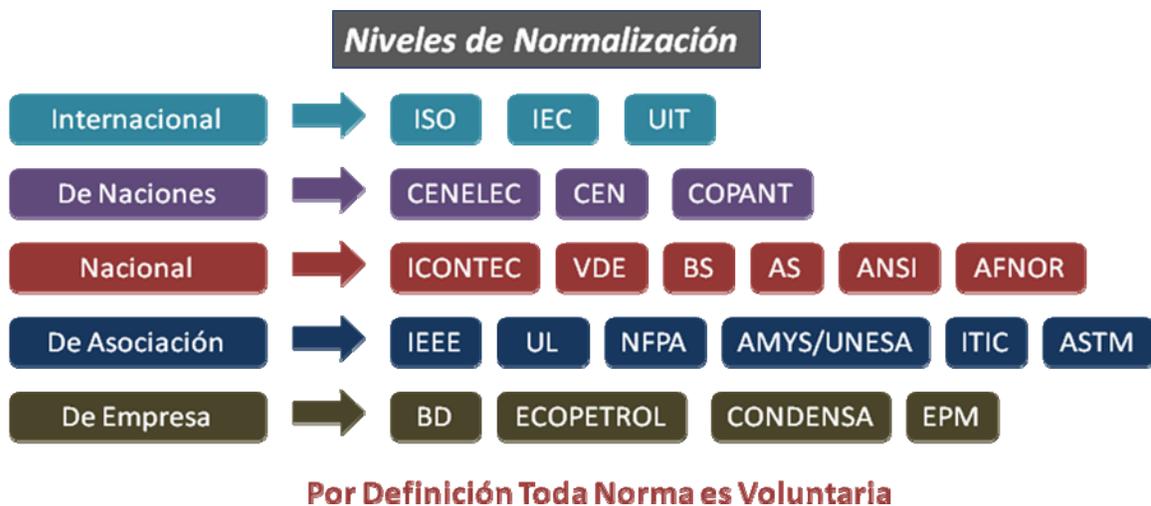


Figura 3. Niveles de Normalización de una Norma Técnica.

Con la creación del RETIE se vela porque:

- No se creen obstáculos al comercio de productos y servicios del sector eléctrico.
- Se garanticen productos y servicios del sector eléctrico de calidad que aseguren la protección de la vida en todas sus manifestaciones, los bienes materiales y el medio ambiente.

- Se eviten y condenen prácticas que puedan inducir y llevar al error en el consumo de productos y servicios del sector eléctrico que pongan en peligro a los consumidores y usuarios de estos bienes y servicios.
- Las Normas Técnicas son de voluntaria creación y aplicación y por lo tanto no son de carácter obligatorio.

2.2. OBJETIVO DEL RETIE

El objeto fundamental del RETIE es establecer medidas para garantizar la seguridad de las personas, de la vida animal y vegetal y de preservación del medio ambiente, previniendo o minimizando los riesgos de origen eléctrico; esto con base en el buen funcionamiento de las instalaciones, la confiabilidad, calidad y la adecuada utilización de los productos, es decir, que se cumplan los requisitos civiles, mecánicos y de fabricación de equipos o productos.

Además establece los siguientes objetivos específicos:

- Fijar las condiciones para evitar accidentes por contactos eléctricos directos e indirectos.
- Establecer las condiciones para prevenir incendios causados por electricidad.
- Fijar las condiciones para evitar quema de árboles causada por acercamiento a líneas de energía.
- Establecer las condiciones para evitar muerte de animales causada por cercas eléctricas.

- Establecer las condiciones para evitar daños debidos a sobrecorrientes y sobretensiones.
- Adoptar los símbolos de tipo verbal y gráfico que deben utilizar los profesionales que ejercen la electrotecnia.
- Minimizar las deficiencias en las instalaciones eléctricas.
- Establecer claramente los requisitos y responsabilidades que deben cumplir los diseñadores, constructores, operadores, propietarios y usuarios de instalaciones eléctricas, además de los fabricantes, distribuidores o importadores de materiales o equipos.
- Unificar las características esenciales de seguridad de productos eléctricos de más utilización, para asegurar mayor confiabilidad en su funcionamiento.
- Prevenir los actos que puedan inducir a error a los usuarios, tales como la utilización o difusión de indicaciones incorrectas o falsas o la omisión de datos verdaderos que no cumplen las exigencias del Reglamento.
- Exigir confiabilidad y compatibilidad de los productos y equipos eléctricos mencionados expresamente.

2.3. RESPONSABILIDADES EN LAS INSTALACIONES ELECTRICAS SEGÚN EL RETIE.

El RETIE al ser una herramienta técnico-legal, podrá permitir la sanción al incumplimiento, infracciones y prescripciones de los requisitos establecidos en este. Por eso el RETIE debe ser observado por las personas que de una u otra manera estén involucradas con las instalaciones eléctricas, tales como los

fabricantes y quienes comercialicen dichos productos, diseñan, dirijan, construyan, hagan interventoría o emitan dictamen de inspección de las instalaciones; las empresas que prestan el servicio de energía eléctrica, los organismos de certificación de productos o de inspección de las instalaciones. Por lo tanto se deben cumplir todas las especificaciones y medidas necesarias exigidas por el RETIE al realizar un diseño, la construcción, el mejoramiento y el mantenimiento de una instalación eléctrica.

Las responsabilidades de los diseñadores es garantizar que en sus instalaciones se cumplen las prescripciones de RETIE, a saber:

- Observación de las distancias de seguridad.
- Apropiado Sistema de puesta a Tierra.
- Apropiado esquema de protecciones.
- Apropiado esquema de instalaciones según los niveles de riesgo.
- Niveles adecuados de iluminación según la actividad.
- Instrucción apropiada en el manejo de energía eléctrica.
- Señalización apropiada de las zonas con riesgo.

Por otro lado el OR (Operador de Red) debe garantizar que las condiciones de instalación en su punto de conexión se ajustan a todos los requerimiento de seguridad exigidos en el reglamento; el Operador de Red exigirá al usuario el certificado de conformidad, para las nuevas instalaciones, el cual debe estar acompañado de los certificados de conformidad de los productos utilizados en la instalación (tomas, interruptores, cables, ductos, conductores, etc.) así como de los soportes técnicos y cálculos de los esquemas de protección, sistemas de

puesta a tierra y demás información que permita garantizar que las instalaciones cumplen con los requerimientos del RETIE.

Para toda instalación eléctrica cubierta por el RETIE, será obligatorio que actividades como las de diseño, dirección, construcción, supervisión, recepción, operación, mantenimiento e inspección sean realizadas por personal calificado con matrícula profesional vigente que lo autorice para ejercer cada una de las actividades. La competencia para realizar dichas actividades corresponderá a las personas calificadas, tales como ingenieros Electricistas, Electromecánicos, de distribución y redes eléctricas, Tecnólogos en Electricidad, Tecnólogos en Electromecánica o Técnicos Electricistas, con matrícula profesional vigente, teniendo en cuenta lo dispuesto en las leyes y normas reglamentarias que regulan estas profesiones.

Los Organismos de Certificación no deben expedir la certificación de conformidad con el RETIE a instalaciones eléctricas diseñadas, construidas o supervisadas por personas que según la legislación vigente no tengan la competencia legal para el ejercicio profesional de dichas actividades; en consecuencia, el OR (Operador de Red) no debe dar servicio a dichas instalaciones.

El RETIE al establecer las responsabilidades, obligaciones y deberes definidos de todas las partes, implica que las aseguradoras de riesgos profesionales-A.R.P- deberán contar con personal calificado y matriculado para establecer los niveles de responsabilidad en los casos de accidentes por causas de la energía.

Lo que abre nuevas posibilidades de empleo porque obliga a que los diseños, los montajes, las modificaciones y los mantenimientos sean realizados por personal

idóneo y con matrícula profesional, además abre posibilidades de empleo en el campo de las inspecciones de instalaciones eléctricas o creaciones de empresas certificadores de personal e instalaciones de viviendas multifamiliares, edificios, casas, etc.

2.4. VIGILANCIA Y CONTROL DEL CUMPLIMIENTO DEL REGLAMENTO TECNICO DE INSTALACIONES ELECTRICAS RETIE

La Vigilancia y control del cumplimiento del presente Reglamento Técnico, corresponde a las Superintendencias de Servicios Públicos Domiciliarios y de Industria y Comercio, de conformidad con las competencias otorgadas a cada una de estas entidades por la normatividad vigente.

De conformidad con lo dispuesto en la Ley 142 de 1994, a la Superintendencia de Servicios Públicos le corresponde entre otras funciones, vigilar y controlar el cumplimiento de las leyes y actos administrativos a los que estén sujetos quienes presten servicios públicos, en cuanto el cumplimiento afecte en forma directa e inmediata a usuarios determinados y sancionar sus violaciones, siempre y cuando esta función no sea competencia de otra autoridad.

De conformidad con lo dispuesto en los Decretos 2153 de 1992 y 2269 de 1993 y demás normas aplicables, a la Superintendencia de Industria y Comercio le corresponde entre otras funciones, velar por el cumplimiento de las disposiciones sobre protección al consumidor, realizar las actividades de verificación de cumplimiento de Reglamentos Técnicos sometidos a su control, supervisar a los organismos de certificación, inspección, laboratorios de pruebas y ensayos y de metrología.

El ejercicio de las profesiones de los ingenieros, tecnólogos y técnicos, están vigiladas por el Estado, por generar riesgo social.

La vigilancia del ejercicio profesional de las personas que intervienen en las instalaciones eléctricas es competencia de los Consejos Profesionales correspondientes. Estos consejos profesionales vigilan que no se viole el código de ética profesional establecido en la Ley 842 de 2003.

3. INSTITUCIONES DE ASISTENCIA MÉDICA.

El objetivo primordial de este apartado es la protección de los pacientes y demás personas que laboren o visiten dichos inmuebles, reduciendo al mínimo los riesgos eléctricos que puedan producir electrocución o quemaduras en las personas e incendios y explosiones en las áreas médicas.

Las siguientes disposiciones se aplicarán tanto a los inmuebles dedicados exclusivamente a la asistencia médica de pacientes como a los inmuebles dedicados a otros propósitos pero en cuyo interior funcione al menos un área para el diagnóstico y cuidado de la salud, sea de manera permanente o ambulatoria. Convencionalmente se han tenido tres niveles de atención médica, dependiendo del grado de especialización; por tanto, este capítulo aplica a los niveles I (centros de salud con medicina general) y niveles II y III (hospitales y clínicas con diferentes grados de especialización).

La mayor importancia de este tipo de instalación, radica en que los pacientes en áreas críticas pueden experimentar electrocución con corrientes del orden de microamperios, que pueden no ser detectadas ni medidas, especialmente

cuando se conecta un conductor eléctrico directamente al músculo cardíaco del paciente, por lo que es necesario extremar las medidas de seguridad.

Para efectos del RETIE, en las instalaciones hospitalarias se debe cumplir lo establecido en la norma NTC 2050 del 25 de noviembre de 1998 y particularmente su sección 517.

La posibilidad de electrocución es mayor en los hospitales, por tener dos tipos de pacientes: los que manipulan equipos eléctricos como parte de su actividad normal, cuyo umbral de peligro es de 25 mA y los que están sometidos a tratamientos invasivos con catéteres al corazón, cuyo umbral es del orden de 100 μ A. Es importante considerar que basados en la complejidad de los sistemas, las soluciones deben ser específicas y realmente adaptadas a los requerimientos locales y características de instalación y operación, es decir que, dependiendo de la aplicación existen ciertos requisitos a tener en cuenta en los sistemas de puesta a tierra para asegurar la correcta operación de equipos y garantizar la seguridad de las personas.

Los sistemas de puesta a tierra son un componente cada vez más importante de los sistemas eléctricos, puesto que deben permitir la conducción hacia el suelo de cargas eléctricas originadas por rayos, electricidad estática o fallas del sistema. Para el caso de Instituciones de Asistencia Médica la puesta a tierra constituye el verdadero y más tangible seguro de vida de los pacientes.

3.1 CLASIFICACION DE LAS INSTITUCIONES HOSPITALARIAS SEGUN LA NORMA ICONTEC 2050

3.1.1 CLINICAS, CONSULTORIOS MEDICOS Y ODONTOLOGICOS, Y SERVICIOS DE CONSULTA EXTERNA.

Será aplicable a todas las áreas de clínicas, consultorios médicos y odontológicos y a los servicios de consulta externa, donde se examina y se hacen tratamientos a pacientes. No se aplicara a las oficinas, pasillos, salas de espera y ambientes semejantes.

3.1.2 HOSPITALES DE CUIDADOS INTERMEDIOS Y DE ASISTENCIA MÉDICA A PACIENTES DE LARGA ESTANCIA

Se aplicara a los hospitales de cuidados intermedios y a los de asistencia médica a pacientes de larga estancia. Aquellos hospitales que prevean servicios de hospitalización deben cumplir con los requisitos del numeral 2.3.

3.1.3 HOSPITALES

Se aplicara a los hospitales para el cuidado de pacientes que no pueden valerse por sí mismos. No se aplicara en locales con sistemas de energía aislada, oficinas, pasillos, salas de espera y ambientes semejantes.

3.2 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.

Dentro de los requisitos mínimos que debe tener un sistema de puesta a tierra están:

- ✓ El valor de resistencia debe ser el adecuado para cada tipo de instalación.
- ✓ La variación de la resistencia debido a cambios ambientales debe ser mínima.

- ✓ Su vida útil debe ser mayor a 20 años.
- ✓ Debe ser resistente a la corrosión.
- ✓ Su costo debe ser el más bajo posible sin que se comprometa la seguridad.
- ✓ Debe permitir su mantenimiento periódico.
- ✓ Debe cumplir los requerimientos de las normas y especificaciones.

Todo esto lo debemos tener en cuenta al realizar una propuesta técnico económica para un sistema de puesta a tierra.

3.2.1 RIESGO DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA PARA LOS SERES HUMANOS

Como se expreso anteriormente el objeto fundamental del RETIE es establecer medidas para garantizar la seguridad de las personas, previniendo o minimizando los riesgos de origen eléctrico. Por lo tanto conocer los riesgos eléctricos que existen en una instalación eléctrica ayuda a establecer las medidas necesarias para minimizarlas.

El hecho de manipular, trabajar y estar rodeado de equipos e instalaciones eléctricas genera riesgos de tipo eléctrico, los cuales se pueden observar en la Figura 4.

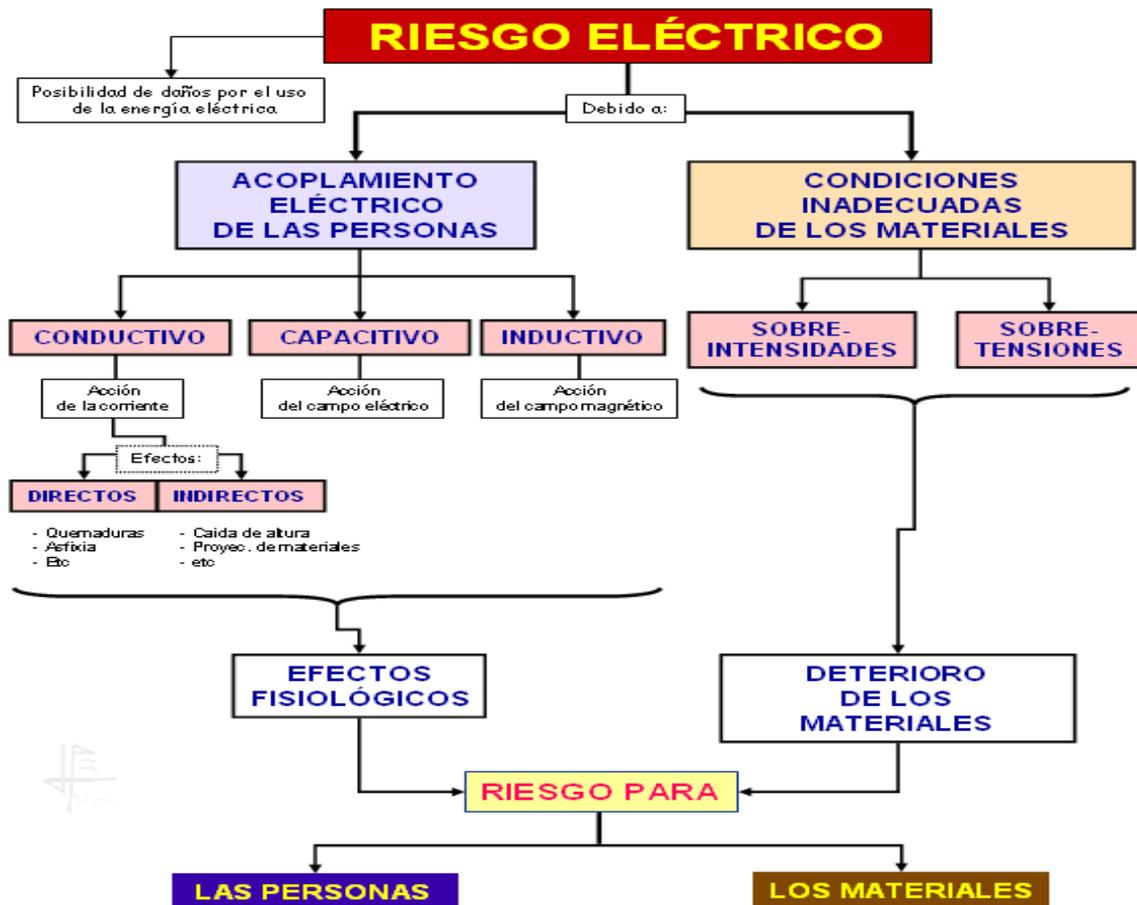


Figura 4. Riesgo Eléctrico.

La utilización y dependencia tanto industrial como doméstica de la energía eléctrica ha traído consigo la aparición de accidentes por contacto con elementos energizados o incendios, los cuales se han incrementado cada vez más. La mayor parte de los accidentes con origen eléctrico se presentan en los procesos de distribución y utilización.

A medida que el uso de la electricidad se extiende, se requiere ser más exigentes en cuanto a la normalización y reglamentación. El resultado final del paso de una corriente eléctrica por el cuerpo humano puede predecirse con un gran

porcentaje de certeza, si se toman ciertas condiciones de riesgo conocidas y se evalúa en qué medida influyen todos los factores que se conjugan en un accidente de tipo eléctrico.

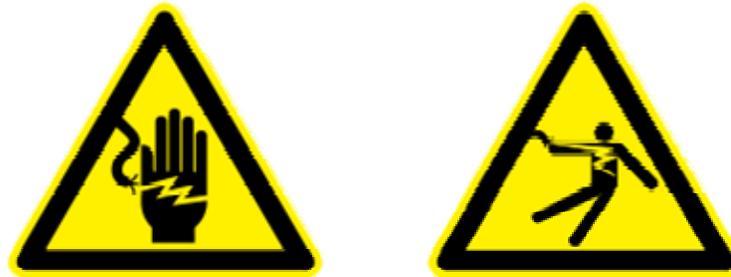


Figura 5. Señales de Advertencia de Riesgo Eléctrico.

La electrocución es el paso de la corriente eléctrica externa por el cuerpo humano y el riesgo de electrocución es la posibilidad de circulación de esa corriente. Debido a la gran dependencia actual de la energía eléctrica, es conveniente recordar algunos conceptos fundamentales:

- Umbral de percepción: Cuando se tiene sensación de cosquilleo no representa daño para el 99.5% de las personas (para 60 Hz: 1.1 mA para hombres y 0.7 mA para mujeres).
- Electrización: valor de la corriente que produce movimientos reflejos de los músculos (para 60 Hz: 16 mA para hombres y 10.5 mA para mujeres).

3.2.2 PASOS A TENER EN CUENTA EN EL DISEÑO DE UNA PUESTA A TIERRA PARA SUBESTACIONES

El diseñador de un sistema de puesta a tierra deberá comprobar mediante el empleo de un procedimiento de cálculo reconocido por la práctica de la ingeniería actual, que los valores máximos de las tensiones de paso, de

contacto y transferidas a que puedan estar sometidos los seres humanos, no superen los umbrales de soportabilidad.

Para efectos del diseño de una puesta a tierra de subestaciones, se deben calcular las tensiones máximas admisibles de paso, de contacto y transferidas, las cuales deben tomar como base una resistencia del cuerpo de 1000. y cada pie como una placa de 200 cm² aplicando una fuerza de 250 N.

El procedimiento básico sugerido es el siguiente:

- ❖ Investigación de las características del suelo, especialmente la resistividad.
- ❖ Determinación de la corriente máxima de falla a tierra, que debe ser entregada por el Operador de Red para cada caso particular.
- ❖ Determinación del tiempo máximo de despeje de la falla para efectos de simulación.
- ❖ Investigación del tipo de carga.
- ❖ Cálculo preliminar de la resistencia de puesta a tierra.
- ❖ Cálculo de las tensiones de paso y de contacto en la instalación.
- ❖ Evaluar el valor de las tensiones de paso, contacto y transferidas calculadas con respecto a la soportabilidad del ser humano.
- ❖ Investigar las posibles tensiones transferidas al exterior, debidas a tuberías, mallas, conductores de neutro, blindaje de cables, circuitos de señalización, además del estudio de las formas de mitigación.
- ❖ Ajuste y corrección del diseño inicial hasta que se cumpla los requerimientos de seguridad.
- ❖ Diseño definitivo.

3.3. SISTEMA DE PUESTAS A TIERRA EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS ESPECIALES

Aquellas instalaciones que por estar localizadas en ambientes clasificados como peligrosos o alimentar equipos o sistemas complejos, presentan mayor probabilidad de riesgo que una instalación básica y por tanto requieren de medidas especiales, para mitigar o eliminar tales riesgos. Entre estas instalaciones eléctricas especiales se tienen:

- a) Instalaciones hospitalarias o de asistencia médica a que hace referencia la sección 517 del Código Eléctrico Colombiano (NTC 2050, Primera Actualización).

- b) Sistemas de emergencia y sistemas de alarma contra incendio.

- c) Instalaciones de ambientes especiales, contempladas en el Capítulo 5 del Código Eléctrico Colombiano (NTC 2050, Primera Actualización) clasificadas como peligrosas por el alto riesgo de explosión debida a la presencia de gases, vapores o líquidos inflamables; polvos, fibras o partículas combustibles.

- d) Instalaciones eléctricas para sistemas de transporte de personal como ascensores, grúas, escaleras eléctricas, montacargas o teleféricos.

- e) Instalaciones eléctricas en sitios con concentración de alto número de personas, que hace referencia la sección 518, 520 y 525 del Código Eléctrico Colombiano (NTC 2050, Primera Actualización).

3.3.1. REQUISITOS PARA INSTALACIONES HOSPITALARIAS

En el caso de las instituciones hospitalarias, en donde se debe garantizar la protección a los pacientes y demás personas que laboren o visiten dichos inmuebles y donde existe equipo eléctrico sofisticado y sensible, los sistemas de puestas tierra se constituyen en componentes importantes de los sistemas eléctricos, puesto que deben permitir la conducción hacia el suelo de cargas eléctricas originadas por rayos, electricidad estática o fallas del sistema, constituyéndose en el verdadero y más tangible seguro de vida de los pacientes los cuales están en contacto directo con los equipos o están sometidos a tratamientos invasivos y pueden experimentar electrocución con corrientes de microamperios. En las instalaciones eléctricas hospitalarias el riesgo es mayor y por lo tanto es necesario extremar las medidas de seguridad.

Puede considerarse que un paciente esta conectado a tierra debido a la transpiración, a la posible incontinencia y al simple hecho de que se encuentra sobre una cama de armazón metálico. Por este motivo en algunos centros asistenciales se prohíbe el uso de aparatos eléctricos particulares. Otros limitan su admisión, solamente a aparatos que funcionan con pilas.

La conexión a tierra de todos los equipos eléctricos- electrónicos es requerida tanto por seguridad como punto de referencia al sistema. Debe existir una perfecta equipotencialidad entre todos los componentes del sistema y tierra. Las siguientes disposiciones se aplicarán tanto a los inmuebles dedicados exclusivamente a la asistencia médica de pacientes como a los inmuebles dedicados a otros propósitos pero en cuyo interior funcione al menos un área

para el diagnóstico y cuidado de la salud, sea de manera permanente o ambulatoria.

3.3.1.1. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA EN INSTALACIONES HOSPITALARIAS

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

- a) **Redundantes.** El principal criterio sobre tierras para hospitales que las hace diferentes a otras instalaciones es el de construirlas redundantes.
- b) **El neutro.** Debe conectarse en uno y solo un punto, en el transformador y antes de cualquier medio de desconexión o dispositivo de protección. Este punto debe ser un barraje equipotencial (BE) de cobre de 3" x 1/4" x 60 cm.

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

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

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

- d) **Malla de puesta a tierra.** Debe tener por lo menos una caja de inspección de 0.3 x 0.3 m con tapa fácil de levantar de acuerdo con el diseño de dicha malla.
- e) **Partes metálicas.** Las tuberías metálicas subterráneas, la estructura metálica del edificio, los apantallamientos, en el caso que los hubiera, debe unirse entre sí y conectarse al sistema de puesta a tierra (SPT) en el barraje equipotencial. Los ductos, las bandejas para cableado y las cajas para salidas tienen que unirse rígidamente a la fuente del sistema, si este es alimentado en forma separada.

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

- f) **Corrientes espúreas o errantes.** No se debe permitir que corrientes espúreas o errantes circulen por los conductores de puesta a tierra de los equipos, sólo las corrientes de una falla a tierra deben fluir por ellos.
- g) **Cables.** Los cables tipo MC y MI deben tener una pantalla o armadura metálica exterior válida como trayectoria de tierra. Con esto se busca que los circuitos parciales que alimentan las áreas de cuidado de pacientes

dispongan de una trayectoria a tierra redundante a través de un ducto o cable metálico. Esta trayectoria es adicional a la que se tiene mediante el conductor de puesta a tierra aislado.

- h) **Tomacorrientes y equipos eléctricos fijos.** En los lugares usados para el cuidado de pacientes, todos los tomacorrientes y las superficies conductoras (metálicas) de los equipos fijos, los cuales transportan corriente, pero que pueden estar energizados operando con tensión mayor a 100 voltios y que estén al alcance de las personas, deben ser puestos a tierra por medio de un conductor de cobre aislado, cuyo calibre de estar de acuerdo con la Tabla 10, instalado junto con los conductores del circuito ramal que alimenta estos tomacorrientes o equipos.

Excepciones

- Las tapas de las salidas pueden ser puestas a tierra por medio de tornillos metálicos de montaje, los cuales fijan la tapa a la caja de salida metálica puesta a tierra o conectadas a un dispositivo de alumbrado puesto a tierra.

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

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

Tabla 1. Calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos.

- i) **Equipos conectados por medio de cordón y enchufe.** Deben ser puestas a tierra las partes conductoras descubiertas, que transporten corriente, de equipos conectados por medio de cordón y enchufe, y que sean usados en áreas de cuidado de pacientes y operen con tensiones mayores a 100 V.

Excepción

- Los equipos aprobados y protegidos por un sistema de doble aislamiento o su equivalente, los cuales tienen superficies conductoras descubiertas. Estos equipos deben ser claramente marcados y/o

identificados.

3.3.1.2. EFECTIVIDAD DE PUESTA A TIERRA

El camino a tierra desde circuitos, equipos y cubiertas debe:

- a) Ser permanente y continuo.
- b) Garantizar condiciones de seguridad a los seres vivos.
- c) Tener suficiente capacidad de corriente para transportar con toda seguridad, cualquier corriente de falla que pueda circular por él.
- d) Tener una impedancia lo suficientemente baja para limitar el potencial respecto a tierra y asegurar el funcionamiento de los dispositivos de sobrecorriente del circuito.
- e) Evitar ruidos eléctricos.
- f) Ser resistente a la corrosión.
- g) Tener un costo lo más económico posible.

3.4. AREAS DE CUIDADO DE PACIENTES

3.4.1. GENERALIDADES

En las instalaciones para el cuidado de la salud es difícil prevenir la aparición de trayectorias conductivas o capacitivas entre el cuerpo de un paciente y algún objeto puesto a tierra, porque esta trayectoria podría establecerse accidentalmente o a través de los instrumentos conectados directamente al paciente, además cualquier superficie conductora de electricidad que eventualmente entre en contacto con el paciente o los aparatos a él conectados, son posibles fuentes de corrientes eléctricas que circularan por su cuerpo. El peligro aumenta a medida que aumenta el número de aparatos electromédicos que son usados en el paciente, y por tanto es indispensable intensificar las precauciones.

El control de los perjuicios causados por un choque eléctrico requiere limitar la corriente que fluirá por un circuito que incluye el cuerpo del paciente; este objetivo puede lograrse mediante el aumento de la resistencia del circuito, aislamiento de las superficies expuestas que podrían energizarse, o reduciendo la diferencia de potencial que puede existir entre las superficies conductoras descubiertas en la vecindad del paciente o mediante una combinación de estos métodos.

Un problema especial se presenta en pacientes con un conductor que desde el exterior es conectado directamente al músculo del corazón. Tal paciente pudiera electrocutarse con niveles de corriente tan bajos que se requiere de protecciones.

adicionales en el diseño de los aparatos, catéteres, así como un control riguroso de las practicas medicas.

El diseño y mantenimiento de las salidas para los aparatos utilizados en electromedicina deben basarse más en la clasificación de los tipos de áreas de cuidados de paciente que designe las directivas del hospital que en su aspecto constructivo y apariencia física.

3.4.2. ÁREAS DE ATENCION GENERAL

Son aquellas áreas como cuartos de pacientes, salas de examen, salas de tratamientos salas de curas y áreas similares en las que el paciente este en contacto con dispositivos comunes tales como el sistema de llamado a enfermeras, camas eléctricas, lámparas de examen, teléfonos y aparatos para el entretenimiento.

En estas áreas el paciente también podría estar conectado a aparatos electromédicos (tales como almohadillas calientes, electrocardiógrafos, bombas de drenaje, monitores, otoscopios, oftalmoscopios, líneas periféricas intravenosas).

3.4.2.1. EFICIENCIA DE LA PUESTA A TIERRA

La puesta a tierra es eficiente cuando cualquiera de dos superficies conductivas descubiertas en la proximidad del paciente (un área de 1.80 m² en todas las direcciones que estén alcance del paciente según lo define la NTC

2050), no exceda los 500 mV bajo operación normal a frecuencias de 1000 Hz o menos, medidas a través de una resistencia de 1000 ohmios.

3.4.2.2. PUESTA A TIERRA E INTERCONEXIONES

Las barras de terminales de puesta a tierra de equipos en los tableros de los sistemas normal y emergencia deberán estar interconectadas mediante un conductor continuo de cobre de calibre no menor al No. 10. No deben descuidarse los cuartos de baño. Las cadenas de encender lámparas requieren de un eslabón aislado, a fin de evitar un choque eléctrico accidental, también son deseables las llaves y los tomacorrientes con tapa aislada.

Además de las salas destinadas a los pacientes, las destinadas a las enfermeras, como también sus áreas auxiliares, deben estar dotadas de tomacorrientes y equipos debidamente conectados a tierra o que tengan doble aislamiento.

3.4.2.3. PUESTA A TIERRA DE TOMACORRIENTES ESPECIALES

El conductor de puesta a tierra del equipo de tomacorrientes especiales, tales como aquellos para la operación de equipos móviles de rayos X, serán extendidos hasta el punto de puesta a tierra de referencia en todos los sitios donde tales tomas existan; cuando tal circuito es alimentado por un sistema aislado, no puesto a tierra, el conductor de tierra debe ir por vía distinta a la de los conductores activos del circuito, sin embargo el terminal de puesta a tierra del equipo del tomacorriente de uso especial estará conectado al punto

de puesta a tierra de referencia.

4. PROYECTO APLICADO

4.1. GENERALIDADES

En este capítulo veremos un caso aplicado en el cual se estudiará la metodología de diseño de instalaciones de asistencia médica, y las consideraciones de diseño que señala la norma al respecto de este tipo de ambientes.

El proyecto se ajusta a un plan de negocio con capital particular, en el cual la construcción de un centro de diagnóstico radiológico es la principal obra de inversión, y en la cual tomaremos parte en el desarrollo de la ingeniería básica y detallada del sistema eléctrico para dicha edificación.

El plan prevé una edificación de dos pisos más un semisótano, divididos en diversas salas para exámenes radiológicos, de oftalmología y parqueadero

La junta de socios bautizó el proyecto como H&C Radiólogos, tendrá lugar en la ciudad de Barranquilla, Calle 45 No. 9F-108

4.2. PLANOS Y PLANTAS

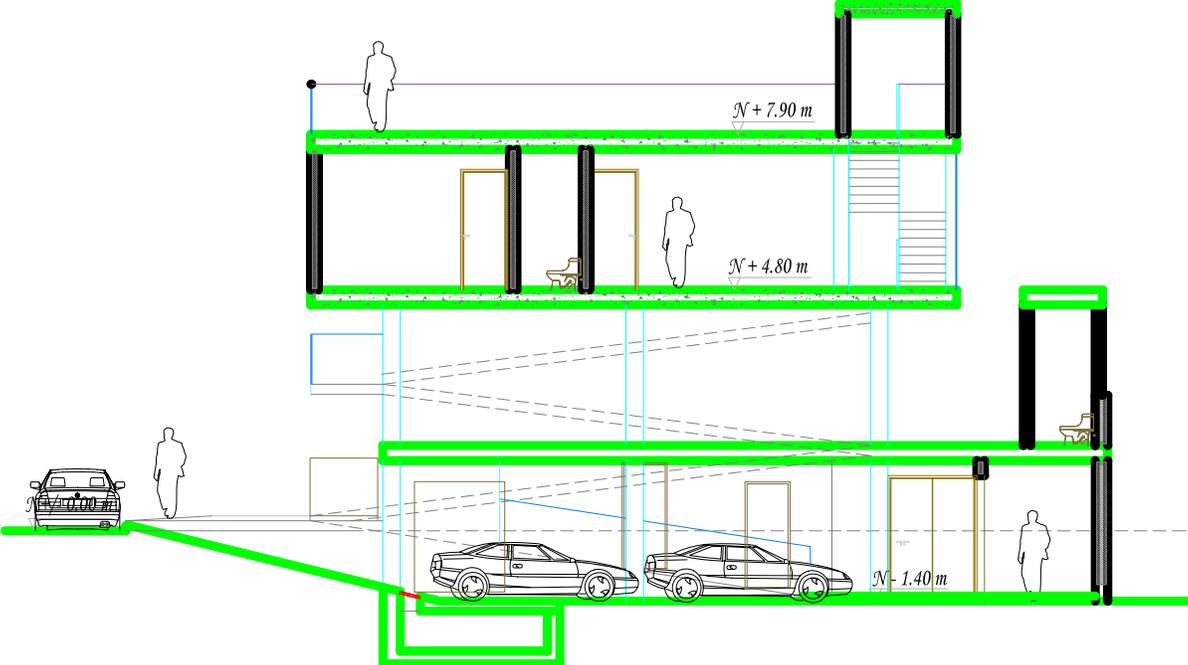


Figura 6. Vista Lateral.

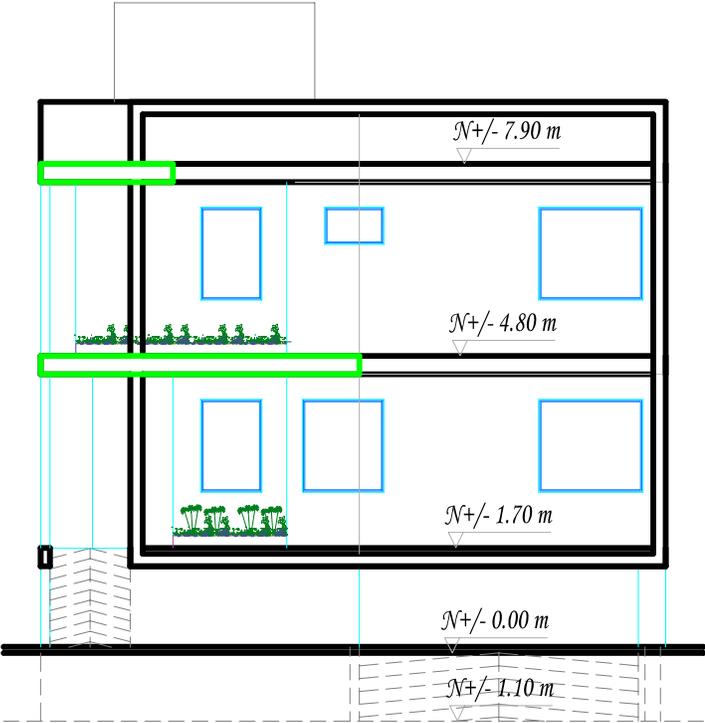


Figura 7. Vista Frontal.

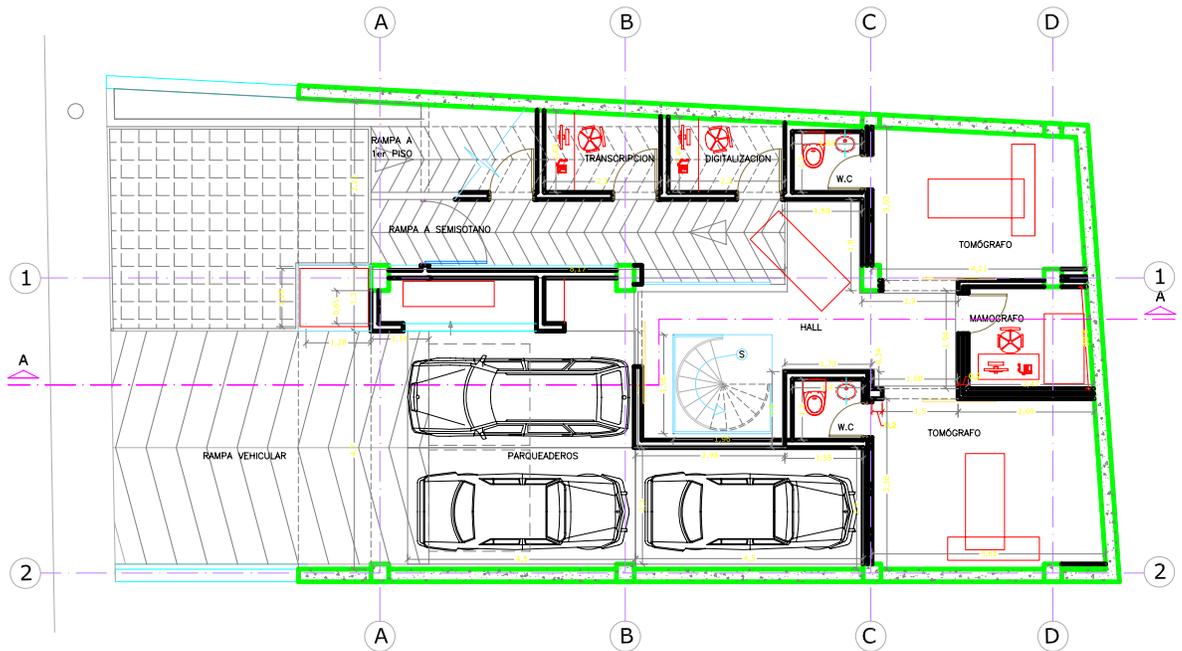


Figura 8. Planta semisótano.

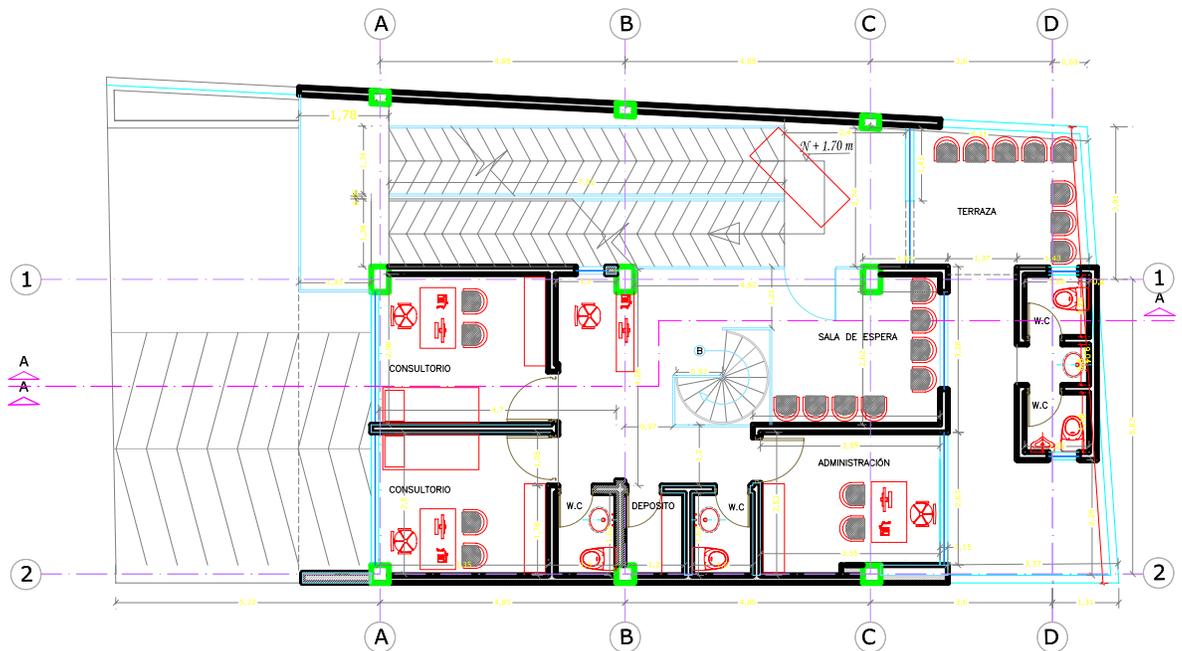


Figura 9. Planta Primer Piso

4.3. METODOLOGIA DE DISEÑO

4.3.1. Paso 1. Localización de tableros de distribución de baja y generales.

Para la localización del tablero de distribución se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

- La localización de las cargas de mayor consumo.
- La distancia entre el sitio propuesto para la localización del tablero y el punto de entrada del alimentador en el interior de la Institución de Asistencia Medica.
- La necesidad de tener acceso directo y oportuno a los diversos interruptores, tanto para labores de mantenimiento como para cortes de emergencia de la electricidad.

Principalmente, la localización, se realizó de común acuerdo con el arquitecto y médicos quienes puntualmente, tenían exigencias de circulación y espacio. Las especificaciones generales de fabricación e instalación de los tableros de distribución se encuentran en la parte B. de la Sección 384 de la NTC 2050, así:

Disposiciones Generales	Articulo 384-13
Tableros para Circuitos Ramales y Fuerza	Articulo 384-14
Numero de Dispositivos de Sobrecorriente	Articulo 384-15
Protección Contra Sobrecorriente	Articulo 384-16
Tablero en Lugares Húmedos y Mojados	Articulo 384-17
Encerramientos	Articulo 384-18

Tabla 3. Especificación Generales de Fabricación e Instalación de tableros.

4.3.2. Paso No 2. Localización de salidas.

Las salidas a proyectar en la instalación eléctrica se clasifican en salidas de alumbrado, salidas de tomacorrientes y especiales.

Salidas de iluminación

Definidas por el artículo 210-70.a) y b) de la NTC 2050 y considerando las necesidades de los usuarios finales, se establece por lo menos 2 salidas de iluminación para consultorios, 1 para sitios de exámenes y 1 para baños; salas de espera y otros espacios se dejan al criterio del diseñador. Para cada salida de iluminación se le asignaron 180 VA, atendiendo a la sección 220-3 ítem C) otras cargas para todo tipo de lugares, numeral 7 con el fin de ampliar el rango de posibles luminarias a usar.

Salidas de tomacorrientes

Nuestro centro de diagnóstico radiológico no cuenta con quirófanos, áreas de atención general de paciente, áreas de cuidados críticos, ni áreas de camas de pacientes, las salidas de tomacorriente para nuestro proyecto se diseñaron definidas por las necesidades del personal médico quien determinó 3 salidas de tomacorriente por consultorio como mínimo y ninguna salida diferente a la del equipo para los sitios de realización de exámenes. Dejando a consideración del diseñador la ubicación de los tomas en los demás espacios faltantes. Para cada salida de tomacorriente se le asignaron 180 VA, atendiendo a la sección 220-3 ítem C) otras cargas para todo tipo de lugares, numeral 7.

Salidas especiales

Se les llama salidas especiales a las diferentes del los tomas generales 110/220V de la instalación, y que alimentan exclusivamente cargas de equipo

médico tales como Tomógrafo, eco grafo y mamografo. Para cada equipo se diseñó un ramal independiente y se calculó en base a parámetros comunes (S e I) de la familia de equipos a instalar. (Ver anexo memoria de cálculos).

4.3.3. Paso No 3. Definición de Circuitos.

La Sección 100. Definiciones, de la NTC2050, define el circuito ramal como: Los conductores del circuito entre el dispositivo final de protección contra sobrecorriente y la salida o salidas, diferenciando:

- Circuitos ramales de uso general.
- Circuitos ramales para artefactos.
- Circuitos ramales individuales.
- Circuitos ramales multiconductores

En este paso se enumeraron y dimensionaron las salidas asociadas a un circuito de tal manera que no supere un máximo de 8 salidas de iluminación o tomacorrientes por circuito, *nunca mezclar en salidas de iluminación y tomacorrientes en un mismo circuito.*

Se recomienda que los circuitos ramales se enumeren de forma consecutiva y ordenada.

4.3.4. Paso No 4. Trayectorias de los circuitos ramales

En cada plano se trazó detalladamente cada una de las trayectorias que deben recorrer los circuitos ramales correspondientes. Para ello se definen las siguientes pautas:

- El empleo de una línea punteada para localizar los soportes o las canalizaciones que van hacia las salidas de lámparas, es decir circuitos de techo, y el empleo de una línea continua para localizar las

canalizaciones que van hacia los tomacorrientes, es decir circuitos de piso.

- Para canalizaciones incrustadas la canalización se debe trazar de salida a salida, no se deben hacer tomas o derivaciones de tramos intermedios de la canalización a menos que se haga desde una caja de conexiones que vaya a estar siempre accesible.
- Las trayectorias que alimentan circuitos alejados del tablero de distribución se pueden indicar mediante flechas que señalen en dicha dirección.
- Al delinear una trayectoria, se debe revisar cuidadosamente para evitar trazados no adecuados, vueltas innecesarias o de imposible o muy difícil ejecución.
- Se sobreentiende que los circuitos en un piso, se alimentan del tablero de ese piso a menos que se indique lo contrario. Por ejemplo(a emergencia)

4.3.5. Paso No 5. Estimación del Cuadro de Carga.

Una vez realizados los pasos 1,2 y 3, se calcula el cuadro de carga, especificando detalladamente El numero del circuito, Alambrado (conductor y ducto), una descripción del las cargas del circuito (zonas), numero de salidas, potencia del circuito, Protección y ubicación al barraje. Tal y como se muestra en la tabla 4.

TGD1												
Cto No	Alambrado		Descripcion	Salida	Carga (W)			Interruptor		Barraje		
	Conductor	Ducto			R	S	T	Polos	AMP	R	S	T
1	12 AWG THHN	1/2"	Luces Semisotano	8	1440			1	20	x		
4	2 AWG THHN	1 1/2"	Rayos X	1	30000		30000	2	125	x		x
5	12 AWG THHN	1/2"	Mamografo	1	6000	6000		1	20	x	x	
6	2/0 AWG THHN	2"	Tomografo	1	50000	50000	50000	2	175	x	x	x
TOTAL					87440	56000	80000					

Tabla 4. Forma de realizar el cuadro de carga.

4.3.6. Paso No 6. Selección del Calibre de los Conductores y tamaño de la canalización.

La sección 220-3 literales a), b) y c) y 220-19 especifican claramente que el cálculo de cargas continuas y no continuas de los circuitos ramales no debe ser menor al 125% mas de la carga continua, es decir cuando se calcule la corriente nominal de un circuito debe ser incrementada un 1.25 y con este valor se selecciona el conductor necesario para el circuito. Carga de alumbrado para ocupaciones listadas, La carga mínima de alumbrado por metro cuadrado de área será la indicada en la tabla 220-3b, para los locales señalados allí mismo. El cálculo de la superficie del piso se hace con base en las medidas exteriores del inmueble, apartamento o local. Otras cargas para todo tipo de lugares, en el numeral 7 dice otras salidas 180VA por salida. Esta consideración de diseño es muy utilizada para poder elaborar con más facilidad el cuadro de carga, porque a cada salida se le asigna una potencia de 180VA y en el cuadro de carga la potencia de ese circuito ramal seria el número de salidas por este valor.

Para la selección de los tamaños de las canalizaciones se utiliza la Tabla 1. del Capítulo 9 y las Tablas C1, C1A, C2, C2A, C3, C3A, C4, C4A y C9 del Apéndice C. de la NTC 2050. Dada la multiplicidad de materiales para fabricación de tuberías existentes en la actualidad y los diversos criterios que definen las relaciones entre las dimensiones de la tubería, el tamaño comercial y la capacidad de la misma para portar conductores eléctricos, se recomienda, cuando se especifique con la debida anticipación, seleccionar los tamaños de las canalizaciones con base en tablas comerciales del fabricante de las mismas.

Aplicación de las Tablas C1, C1A, C2, C2A, C3, C3A, C4, C4A, C9, C9A, C10 y C10A de la NTC 2050.

- Las Tablas C1 y C1A aplican para tubería eléctrica metálica - Tipo EMT.
- Las Tablas C2 y C2A aplican para tubería eléctrica no metálica - Tipo ENT.
- Las Tablas C3 y C3A aplican para tubo conduit metálico flexible.
- Las Tablas C4 y C4A aplican para tubo conduit metálico intermedio - Tipo IMC.
- Las Tablas C9 y C9A aplican para tubo conduit rígido de PVC Schedule 80.
- Las Tablas C10 y C10A aplican para tubo conduit rígido de PVC Schedule 40.

4.3.7. Paso No 7. Calculo de protecciones para cada Circuito Ramal.

Los conductores de circuitos ramales y los equipos deben estar protegidos mediante dispositivos de protección contra sobre corriente con una capacidad de corriente nominal o de ajuste:

- 1) Que no supere a la especificada en el artículo 240-3 de la NTC2050 para los conductores.
- 2) Que no supere a la especificada en las correspondientes secciones referenciadas en el artículo 240-2 de la NTC2050 para los respectivos equipos.
- 3) Lo establecido para los dispositivos de salida en el artículo 210-21 de la NTC2050.

La protección para cada circuito se calcula con la corriente máxima que soporta el conductor seleccionado y esta debe ser de valor normalizado, ver sección 240-6 de la NTC2050 pág. 94, es decir la protección debe estar lo mas cerca posible a la corriente que puede soportar el conductor.

4.3.8. Paso No 8. Selección de Transformador.

Para la selección del transformador se evalúan los resultados de las sumatorias de los tableros de distribución, es decir tomamos toda la carga de iluminación, toda la carga de servicios generales, cargas especiales, etc. Se suman y el total nos daría la potencia de la subestación, pero a esto debemos adicionarle una reserva de entre el 5 y 10%, y ya con este total de carga proyectada si seleccionamos el transformador estándar mas cercano.

4.3.9. Paso No 9. Cálculo de los Conductores de la Acometida, sección 215 NTC2050.

La selección de los conductores de la acometida debe considerar inicialmente la forma de acometida, ya sea aérea o subterránea. En el caso de acometidas aéreas se debe aplicar la Parte B. de la Sección 230 de la Norma NTC 2050: Conductores de acometida aérea y en el caso de acometidas subterráneas se debe aplicar la parte C. de la Sección 230 de la NTC 2050: Conductores de acometida subterránea. La selección de la sección transversal o calibre y la capacidad de corriente del conductor está determinada en el Artículo 230-2 de la Norma NTC 2050. La capacidad de corriente se determina según el Artículo 310-15 y las Tablas 310-16 a 310-19. Actualmente se utiliza un conductor #2 AWG XLPE como el mínimo para acometida subterránea por norma de Electricaribe.

4.4 Análisis de Cargas no convencionales

Para el desarrollo del diseño del centro de diagnóstico, se reciben las necesidades del personal médico de acuerdo al alcance de los servicios que se prestarán.

SALIDAS ESPECIALES		
	Cantidad	KVA
Mamógrafo	1	6
Ecógrafo	1	0,65
Tomógrafo	1	50
RX	1	30
A.A.	1	10

Tabla 5. Salidas Especiales para Centro de Diagnostico Radiológico Barranquilla.

El diseño de la instalación eléctrica del proyecto se presenta en las memorias de cálculo mostradas en el Anexo 1.

4.5 Calculo de la Malla a Tierra.

Para la malla del Centro de Diagnostico Radiológico se dispone de un terreno de 5m por 5m, el diseño propone una malla cuadrada de 5m por 5m con varillas en sus esquinas. La resistividad del terreno se midió con el método de WENNER o de POTENCIAL utilizando un TELUROMETRO AEMC 4500 y se obtuvo un valor de $14,7\Omega.m$.

A partir de la siguiente ecuación, utilizando un corriente de 10kA (Suministrada por Electricaribe) y un conductor de Cobre Recocido (Ver Tabla 9), se calcula el área del conductor:

$$A_c(mm^2) = \frac{I}{\sqrt{\left(\frac{TCAP \times 10^{-4}}{t_c \cdot \alpha_r \cdot \rho_r}\right) \ln\left(\frac{K_0 + T_m}{K_0 + T_a}\right)}} = \frac{10}{\sqrt{\left(\frac{3,42 \times 10^{-4}}{0,5 \cdot 0,00393 \cdot 1,72}\right) \ln\left(\frac{234 + 1083}{234 + 35}\right)}}$$

$$A_c(mm^2) = 62,21$$

Descripción	Conduc-tividad [%]	α_r a 20 °C [1/°C]	K_0 a 0 °C [°C]	Temperatura de fusión, T_m [°C]	ρ_r 20 °C [$\mu\Omega\text{cm}$]	factor TCAP [J/(cm ³ °C)]
Cobre recocido	100,0	0,00393	234	1 083	1,72	3,42
Cobre estirado en frío	97,0	0,00381	242	1 084	1,78	3,42
Acero cobrizado	40,0	0,00378	245	1 084	4,40	3,85
Acero cobrizado	30,0	0,00378	245	1 084	5,86	3,85
Aluminio comercial EC	61,0	0,00403	228	657	2,86	2,56
Aleación de aluminio 5005	53,5	0,00353	263	652	3,22	2,60
Aleación de aluminio 6201	52,5	0,00347	268	654	3,28	2,60
Acero aluminizado	20,3	0,00360	258	657	8,48	3,58
Acero galvanizado	8,6	0,00320	293	419	20,1	3,93
Acero inoxidable	2,4	0,00130	749	1 400	72,0	4,03

Tabla 3. Constantes de Materiales.

De la tabla 310-16 de la NTC 2050 se selecciona un conductor **2/0 AWG THHW (75°C)**

Simulando en ETAP se obtuvo un diseño definitivo de la malla el cual se muestra en la Figura 15 cumpliendo con las tensiones de paso y contacto exigidas como lo muestra la Figura 16. Las tensiones de paso y contacto, la Rg y el GPR obtenidas se muestran en la Figura 16. Para la malla se utilizaran 4 varillas de cobre cooperweld certificadas de 2.4m y 5/8", 30m de conductor 2/0 AWG THHW (75°C) y 25m² de gravilla de resistividad 3000 $\Omega\cdot\text{m}$, ver Figura 17 para vista interna del terreno de la malla.

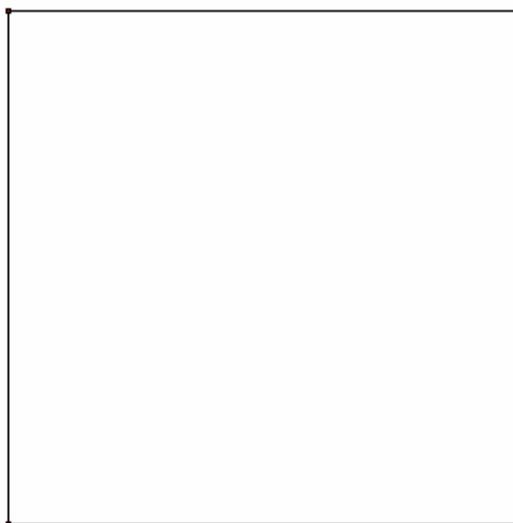


Figura 14. Vista en planta de la Malla.

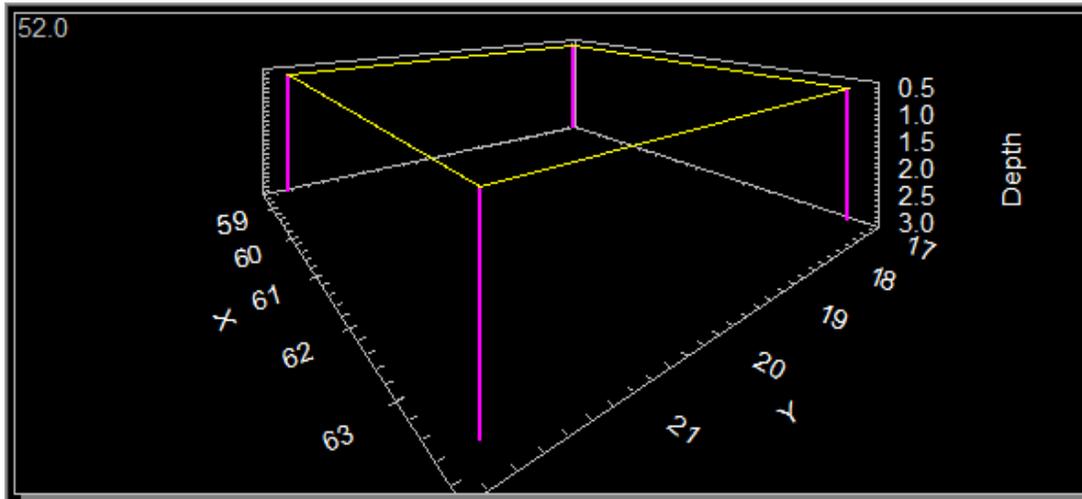


Figura 15. Diseño final de la malla a tierra.

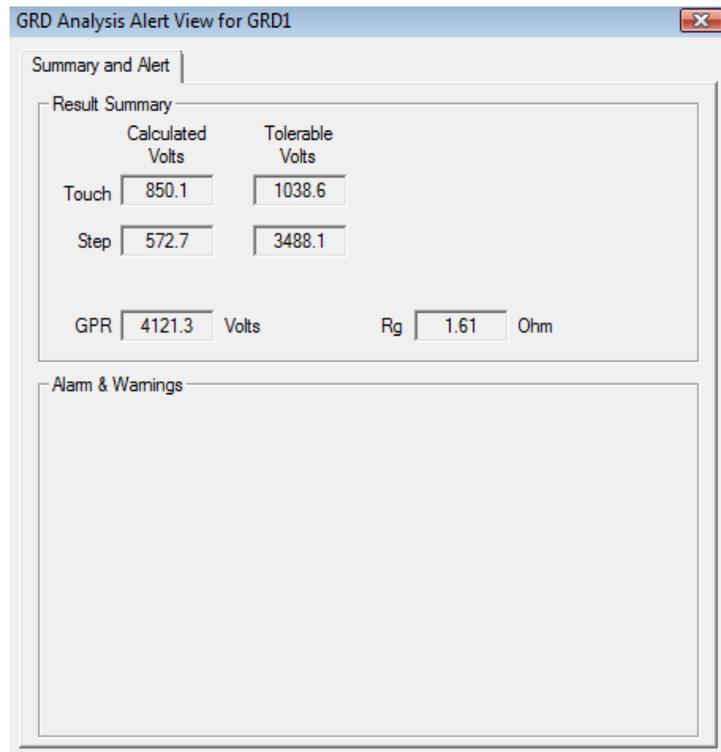


Figura 16. Ventana de alerta para el análisis de la malla a tierra.



Figura 17. Vista Interna Simulada de la Malla.

5. CONCLUSIONES

El transformador seleccionado cumple con los requisitos de cargabilidad para el centro de diagnóstico y supone potencia para futuros crecimientos. Dado que se escogió PadMounted, se ahorra el gasto y mantenimiento en protecciones de Media Tensión así como también mejora la confiabilidad de la operación.

Las consideraciones para el diseño del sistema eléctrico, corresponden puntualmente lo estipulado en la NTC 2050, por tanto se puede asegurar que se contará con una instalación eléctrica segura, confiable y durable.

El centro de diagnóstico radiológico, a pesar de contemplarse como una institución de asistencia médica, no maneja el grado de complejidad, dado que no se tienen zonas de cirugías, ambientes con anestésicos o cuidados intensivos, donde equipos mantienen la vida. Por lo tanto, el sistema eléctrico no es de la robustez para este caso.

6. BIBLIOGRAFÍA

CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO. Santa fe de Bogotá: Norma Técnica Colombiana NTC 2050. Secciones Capítulos 2, 3, 4 y 9.

PUESTA A TIERRA INSTALACIONES ELÉCTRICAS HOSPITALARIAS, Ingeniero Armando Montenegro Orostegui Julio de 1998, Dirección General para el Desarrollo de los Servicios de Salud.

FORO INFORMATIVO RETIE, Ingeniero Héctor E. Peña, Ingeniería Total Ltda.

MEMORIAS DIPLOMADO INSTALACIONES ELECTRICAS CON ENFASIS EN RETIE, Febrero 2008.

INSTALACIONES ELÉCTRICAS UNIZAR, Universidad Nacional de Colombia, año 2004.

Anexo 1. Memorias de Calculo

MEMORIAS DE CALCULO

Carga en Iluminación		6,66	KVA
Carga Tomas de Fuerza		3,06	KVA
Carga Tomas Especiales		96,0	KVA

CARGA TOTAL SUBESTACION		105,72	KVA
Reserva	5%	5,29	KVA
Total Carga proyectada		111,01	KVA
TRANSFORMADOR SELECCIONADO		112	KVA
Factor de utilización		99,11	%

DESCRIPCION DEL TRANFORMADOR

Descripción	Valor	Unidades
Potencia	112,5	KVA
Tensiones	13200/220-127	V
Aislante	Aceite mineral	
Tipo	Pad Mounted	
Grupo de Conexión	Dyn5	
Uz%	3,5	%
In	4,9	A
Icc	10	KA
Temp de devanados	65	°C
BIL	95	KV

MEDIA TENSIÓN

Tensión Nominal	13,2 KV
Tipo de acometida	Subterránea
Longitud Acometida	25 m
Factor de Potencia	0,9
Tipo de conductor	Cu #2 AWG XLPE 133%
Ubicación	CII 45 No. 9F -108 B/quilla

PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES

DPS de autoválvulas en la acometida de M.T.

Descripción	Valor	Unidades
Tensión de servicio	13.2	kV
Tensión nominal	15	kV
Frecuencia	60	Hz
BIL	95	kV
Capacidad nominal descarga	10	kA
Máxima tensión de cebado	168	kV
Factor de puesta a tierra	0.8	
Tipo de Servicio	Exterior	

PROTECCIÓN CONTRA SOBRECORRIENTES

Interruptor de apertura monopolar con fusible expulsión tipo HH en la acometida de M.T.

Potencia	112,5 KVA
Tensión Secundaria Fase	13200 V
Corriente de Fase	4,92 A
Corriente de Protección	14,76 A
Fusible HH	16 A

Tabla 450-3 NTC 2050

Descripción	Valor	Unidades
Tensión de servicio	13.2	kV
Tensión Nominal	15	KV
Corriente Nominal	16	A
Icc max	8	KA
Aislante	Aire	
BIL	95	kV
Tipo de Servicio	Exterior	

ALIMENTADORES BAJA TENSIÓN

Alimentador de B.T. Del Transformador de 112.5 KVA a TGB

Potencia	112,5 KVA	
Tensión Secundaria	220 V	
Corriente Calculada	295,24 A	
Corriente de Diseño	369,04 A	Sección 450-3 NTC 2050
Conductor seleccionado	1/0 AWG	
Protección	3 x 300 A	Totalizador en caja premoldeada
Corriente Máxima	150 A	Tabla 310-16 NTC 2050
Longitud Alimentador	10 m	
# Conductores x fase y neutro	2	
Corriente Máxima x Fase	300 A	
Conductor de Neutro	1/0 AWG	
Sección conductor	53,500 mm ²	
Diámetro Tubería	2 1/2 pulg	
Regulación	0,973 %	

Alimentador de B.T. Del TGB a TGD1

Potencia	87,44 KVA	
Tensión Secundaria	220 V	
Corriente Calculada	229,47 A	
Corriente de Diseño	286,84 A	
Conductor seleccionado	1/0 75°C	AWG THHN a
Corriente Máxima	150 A	Tabla 310-16 NTC 2050
Protección	150 A	Art. 240-6 NTC 2050
Longitud Alimentador	5 m	
Conductores x fase y neutro	2 U	
Corriente Máxima x Fase	300 A	
Corriente Neutro	278,2 A	
Conductor de Neutro	1/0 75°C	AWG THHN a
Diámetro conductor	12,03 mm	Sección 220-22 NTC 2050
Sección conductor	113,606 mm ²	
Diámetro Tubería	2 1/2" pulg	
Regulación	0,378 %	

Alimentador de B.T. Del TGB a TGD2

Potencia	14,68 KVA
Tensión Secundaria	110 V

Corriente Calculada	77,05 A	
Corriente de Diseño	96,31 A	
	AWG THHN a	
Conductor seleccionado	2 75°C	
Corriente Máxima	115 A	Tabla 310-16 NTC 2050
Protección	110 A	Art. 240-6 NTC 2050
Longitud Alimentador	10 m	
Conductores x fase y neutro	1 U	
Corriente Máxima x Fase	115 A	
Corriente Neutro	93,4 A	
	AWG THHN a	
Conductor de Neutro	2 75°C	Sección 220-22 NTC 2050
Sección conductor	33,620 mm ²	
Diámetro Tubería	1 1/2 pulg	
Regulación	0,192 %	

Alimentador de B.T. Del TGB a TE

Potencia	3,6 KVA	
Tensión Secundaria	110 V	
Corriente Calculada	18,90 A	
Corriente de Diseño	23,62 A	
	AWG THHN a	
Conductor seleccionado	12 75°C	
Corriente Máxima	25 A	Tabla 310-16 NTC 2050
Protección	20 A	Art. 240-6 NTC 2050
Longitud Alimentador	6 m	
Conductores x fase y neutro	1 U	
Corriente Máxima x Fase	25 A	
Corriente Neutro	22,9 A	
	AWG THHN a	
Conductor de Neutro	12 75°C	Sección 220-22 NTC 2050
Sección conductor	3,3 mm ²	
Diámetro Tubería	3/4 pulg	
Regulación	0,265 %	

SALIDAS ESPECIALES Y RAMALES

Ramal desde el TGB al Rayos X

Potencia	30 KVA
Tensión de servicio	220 V

Corriente Nominal	78,73	A	
Corriente Diseño	98,41	A	
Longitud	18	m	
Conductor Seleccionado	2	AWG THHN a 75°	Tabla 310-16. NTC 2050
Sección conductor	33,62	mm ²	
No de conductores x fase	1	U	
Conductor puesta a tierra equipos	6	AWG	Según Tabla 250-95
Diámetro tubería	1 1/2	pulg	Según Tabla C9. NTC 2050 pág. 1019
Protección	125	A	
Regulación	0,706	%	

Ramal desde el TGB al

Tomógrafo

Potencia	50	KVA	
Tensión de servicio	220	V	
Corriente Nominal	131,22	A	
Corriente Diseño	164,02	A	
Longitud	25	m	
Conductor Seleccionado	2/0	AWG THHN a 75°C	
Sección conductor	67,44	mm ²	
No de conductores xfase	1	U	
Conductor puesta a tierra equipos	6	AWG	Según Tabla 250-95
Diámetro tubería	2	pulg	Según Tabla C9. NTC 2050 pág. 1019
Protección	175	A	
Regulación	0,887	%	

Ramal desde el TGB a

Mamografo

Potencia	6	KVA	
Tensión de servicio	220	V	
Corriente Nominal	15,75	A	
Corriente Diseño	19,68	A	
Longitud	25	m	
Conductor Seleccionado	10	AWG THHN a 75°C	
Sección conductor	5,25	mm ²	
No de conductores xfase	1	U	
Conductor puesta a tierra equipos	8	AWG	Según Tabla 250-95
Diámetro tubería	1/2	pulg	Según Tabla C9. NTC 2050 pág. 1019
Protección	30	A	

Regulación 1,840 %

Ramal A.A

Potencia	10 KVA	
Tensión de servicio	220 V	
Corriente Nominal	26,24 A	
Corriente Diseño	32,80 A	
Longitud	30 m	
	AWG THHN a	
Conductor Seleccionado	10 75°C	
Sección conductor	5,25 mm ²	
No de conductores xfase	1 U	
Conductor puesta a tierra equipos	10 AWG	Según Tabla 250-95
Diámetro tubería	3/4 pulg	Según Tabla C9. NTC 2050 pág. 1019
Protección	30 A	
Regulación	2,323 %	

RESUMEN REGULACION					
TRAMO	Potencia (Kva)	LONG (m)	CALIBRE	Kte.	e% Parcial
Trafo-TGB	112,5	10	1/0	8,64741E-04	0,00864741
TGB - TGD1	87,44	5	1/0	8,64741E-04	0,004323705
TGB - TGD2	14,68	10	2	1,30761E-03	0,0130761
TGB - TE	3,6	6	12	1,22643E-02	0,0735858
TGB- Rx	30	18	2	1,30761E-03	0,02353698
TGB - TF	50	25	2/0	7,09272E-04	0,0177318
TGB - MF	6	25	10	7,74435E-03	0,19360875
TGD2 -A.A	10	30	10	7,74435E-03	0,2323305
Regulación del tramo mas largo					
TGB- A.A.					0,2454066

Anexo 2. Lista de Materiales para las Instalaciones Eléctricas.

ITEM	DESCRIPCION	UN.	CANT.
1	Transformador de 112,5KVA	U	1
2	Cortacircuitos de 15KV,16A	U	3
3	Descargador de Sobretensión de 12KV	U	3
4	Cruceta para Poste	U	1
5	Pernos de 3x3/8	U	3
6	Conduleta LB de 1/2"	U	80
7	Conduleta LB de 2"	U	5
8	Conduleta LB de 1 1/2"	U	5
9	Unión Galvanizada Universal de 1/2"	U	150
10	Unión Galvanizada Universal de 1 1/2"	U	5
11	Unión Universal de 2"	U	5
12	Cable Desnudo N°2 AWG THHN a 75°C	Mts	30
13	Cable Aislado N°2 AWG THHN a 75°C	Mts	70
14	Cable Aislado N°1/0 AWG THHN a 75°C	Mts	80
15	Cable Aislado N°2/0 AWG THHN a 75°C	Mts	60
16	Cable Aislado N°10 AWG THHN a 75°C	Mts	300
17	Cable Aislado N°8 AWG THHN a 75°C	Mts	50
18	Cable Aislado N°6 AWG THHN a 75°C	Mts	100
19	Cable Aislado N°12 AWG THHN a 75°C	Mts	900
20	Cable Aislado XLPE al 133% N°2 AWG	Mts	4
21	Varilla COOPERWELL 2.4M x 5/8"	U	5
22	Cinta aislante 3M N° 33	Rollo	10
23	Cinta aislante 3M N° 23	Rollo	10
24	Tubo Galvanizado de 1/2"	U	1
25	Tubo Galvanizado de 3"	U	1
26	Capacete Galvanizado de 3"	U	1
27	Toma Doble GRADO HOSPITALARIO	U	13
28	Toma Doble TIPO EMERGENCIA	U	6
29	Cinta BANDIT 3/4"	Mts	6
30	Hebilla BANDKIT 3/4"	U	4
31	Tomas Telefónicos	U	10
32	Toma TETRAFILAR 220V	U	2
33	Cable Telefónico	Mts	150
34	Tubo CONDUIT x 3metros de 1/2"	Mts	300
35	Acoples CONDUIT de 1/2"	U	150
36	Bornera de 12" Elastomerica x 6 posiciones	U	1
37	Acoples Elastomericos de 300 ^a	U	6
38	Regleta para Bornera de 12"	U	1
39	Curva CONDUIT Schedule 80 x 1/2".	U	50
40	Tubo CONDUIT x 3 metros de 2".	U	11
41	Tubo CONDUIT x 3metros de 1 1/2".	U	8

42	Tubo CONDUIT x 3metros de ¾".	U	12
43	Tubo CONDUIT x 3metros de 2 ½".	U	4
44	Interruptor Sencillo.	U	17
45	Interruptor Doble.	U	3
46	Interruptor Conmutable Sencillo.	U	2
47	Transferencia Automática TELEMECANIQUE a 600V, 400A.	U	1
48	Tablero de Distribución Bipolares de 4 Interruptores 600A, 120/240V 750mmx800mmx200mm.	U	3
49	Tablero de Distribución con Totalizador de 4 Interruptores 600A x1720mmx800mmx200mm.	U	1
50	Interruptor Termomagnetico Monopolar General Electric x 20A.	U	10
51	Interruptor Termomagnetico Bipolar General Electric x (1)125A, (2)20A.	U	3
52	Interruptor Termomagnetico Tripolar General Electric x 175A.	U	1