



**NUEVAS REALIDADES PARA LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA:
CURRÍCULO, TECNOLOGÍA, MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO**

13 - 16
DE SEPTIEMBRE

2022

CARTAGENA DE INDIAS,
COLOMBIA



Diseño eléctrico para la instalación de un equipo ionizante en la Clínica Angiografía de Colombia en Villavicencio

Astrid Carolina Hernández Mendoza, Daniel Antonio Hernández Mendoza, Alben Melo Vega

**Corporación Universitaria del Meta
Villavicencio, Colombia**

Resumen

No es nada nuevo que la salud es una prioridad y por consiguiente los equipos médicos, en la capital del Meta, Villavicencio; la oportunidad para la asignación de citas que requieren exámenes de Tomografía Axial Computarizada (TAC) cada vez es más difícil, esto debido a que en la ciudad se evidencia la existencia de 3 equipos TAC, y en ocasiones cuando alguno está en mantenimiento preventivo es tiempo valioso que se pierde, y en ocasiones sin programación alguna se presentan urgencias de mantenimiento correctivo y en ocasiones las partes o repuestos para su cambio se demoran en llegar, lo anterior hace que las agendas colapsen. En consecuencia, se debe tomar medidas de carácter urgente para realizar los diferentes exámenes que se pueden hacer con el TAC ya que estos equipos permiten por medio de imágenes diagnosticar el paciente, por tanto, se debe dar prioridad a los pacientes que requieren estos exámenes y se deben de enviar a otras ciudades incrementado los costos hospitalarios y poniendo en riesgo la vida por los traslados medicalizados.

La clínica Angiografía de Colombia con sede en Villavicencio, ha identificado esta necesidad y dispone de espacio para su aprovechamiento y así para poner en funcionamiento un nuevo TAC; el sótano de la clínica donde se tiene previsto realizar las adecuaciones para este equipo funciona como parqueadero.

Desde el área de conocimiento en Tecnología e ingeniería, este proyecto de investigación busca hacer el cálculo eléctrico para constatar si el transformador que tiene la clínica Angiografía de Colombia funciona para el equipo que deseen instalar, se debe hacer el cálculo de cargas del consumo actual y posterior al resultado se procede hacer el diseño eléctrico según el requerimiento

técnico del equipo, adecuación de luminarias, tomacorrientes y sistema de respaldo donde se planea instalar el equipo.

La clínica fue construida en el año 2016 y la carga eléctrica está diseñada y dimensionada para los equipos que funcionan en la actualidad. La clínica Angiografía de Colombia requiere saber si el transformador que tienen desde su construcción soportaría la carga del equipo de Tomografía Axial Computarizada (TAC) que desean instalar o se debe de realizar un cambio en la subestación. Diseñar desde cero puede resultar sencillo, pues se tiene amplias opciones para modificar las condiciones durante el proceso; pero diseñar sobre algo ya construido limita las opciones. Para este caso tratar de implementar este nuevo equipo conlleva modificar el consumo energético de la clínica, además hay que considerar una normatividad vigente para la parte de la obra civil y la instalación eléctrica en centros médicos. Las adecuaciones al sistema eléctrico, al sistema de puesta a tierra junto con el sistema de respaldo de energía (UPS) y el transformador del edificio requieren una obtención de datos para hacer los cálculos, estos se tomarán previamente con un registrador de red para ver el balanceo de las fases, el factor de potencia, los armónicos, los picos de consumo, entre otros. Se espera que este diseño permita esta adecuación con la menor afectación al servicio.

Palabras clave: TAC; carga eléctrica; transformador; potencia

Abstract

It is nothing new that health is a priority and therefore medical teams, in the capital of Meta, Villavicencio; the opportunity for assigning appointments that require Computerized Axial Tomography (CAT) exams is becoming more difficult, this is due to the fact that in the city there is evidence of the existence of 3 CAT equipment, and sometimes when one is in preventive maintenance it is time valuable that is lost, and sometimes without any programming, corrective maintenance emergencies occur and sometimes the parts or spare parts for their change are delayed in arriving, the above causes the agendas to collapse. Consequently, urgent measures must be taken to carry out the different tests that can be done with the CT scan, since this equipment allows the patient to be diagnosed through images, therefore, priority should be given to patients who require these tests and they must be sent to other cities, increasing hospital costs and putting life at risk due to medicalized transfers.

The Angiography Clinic of Colombia, based in Villavicencio, has identified this need and has space for its use and thus to put into operation a new CT scan; the basement of the clinic where it is planned to make adjustments for this equipment works as a parking lot.

From the area of knowledge in Technology and engineering, this research project seeks to make the electrical calculation to verify if the transformer that the Angiografía de Colombia clinic has works for the equipment that they wish to install, the load calculation of the current consumption and After the result, the electrical design is made according to the technical requirement of the equipment, adaptation of lights, outlets and backup system where the equipment is to be installed.



The clinic was built in 2016 and the electrical load is designed and sized for the equipment that works today. The Angiografía de Colombia clinic needs to know if the transformer they have had since its construction would support the load of the Computerized Axial Tomography (CAT) equipment that they wish to install or if a change must be made in the substation.

Designing from scratch can be easy, since you have ample options to modify the conditions during the process; but designing on top of something already built limits the options. In this case, trying to implement this new equipment will entail modifying the energy consumption of the clinic, in addition, current regulations must be considered for the part of the civil works and the electrical installation in medical centers. The adjustments to the electrical system, to the grounding system together with the power backup system (UPS) and the building's transformer require obtaining data to make the calculations, these will be previously taken with a network logger to see the balancing of phases, power factor, harmonics, consumption peaks, among others. It is expected that this design will allow this adjustment with the least impact on the service.

Keywords: CT; electric load; transformer; power

1. Introducción

La salud es una prioridad y por consiguiente la importancia de contar con la tecnología acorde a los estándares establecidos a nivel nacional. La oportunidad para la asignación de citas de apoyo diagnóstico en la capital del Meta, Villavicencio es cada vez más difícil. Debido a que en la ciudad se cuenta solo con 3 equipos para exámenes de Tomografía Axial Computarizada (TAC). Teniendo en cuenta la importancia de estos equipos, el fabricante determina por cronograma la frecuencia de su mantenimiento preventivo por lo que durante 24 horas no se dispone del mismo para realizar exámenes. Adicionalmente se pueden presentar fallas que requieran de un mantenimiento correctivo no programado, razón por la cual el mismo quedaría fuera de servicio durante un periodo considerable de tiempo a la espera de la revisión, diagnóstico y reparación por parte del fabricante. Lo anteriormente mencionado hace que las agendas colapsen y se pone en riesgo la vida del paciente. En consecuencia, se debe tomar medidas de carácter urgente para realizar los diferentes exámenes que se pueden hacer con el TAC, ya que estos equipos permiten por medio de imágenes diagnosticar el paciente, por tanto, se debe dar prioridad a los pacientes que requieren estos exámenes y se deben de enviar a otras ciudades incrementado los costos hospitalarios y poniendo en riesgo la vida por los traslados medicalizados.

La clínica Angiografía de Colombia con sede en Villavicencio, ha identificado esta necesidad y dispone de espacio para su aprovechamiento y así para poner en funcionamiento un nuevo TAC; el sótano de la clínica donde se tiene previsto realizar las adecuaciones para este equipo funciona como parqueadero en la actualidad.

Desde el área de conocimiento en Tecnología e ingeniería, este proyecto de investigación busca hacer el cálculo eléctrico para constatar si el transformador existente tiene la capacidad para soportar la carga del nuevo equipo a instalar en la clínica Angiografía de Colombia o por el contrario, con los cálculos establecer la capacidad del transformador en reemplazo del actual, el cual



deberá soportar la carga existente y futura con la puesta en funcionamiento del nuevo equipo y posterior al resultado se procede hacer el diseño eléctrico según el requerimiento técnico del equipo, adecuación de luminarias, tomacorrientes y sistema de respaldo donde funcionara el TAC.

La clínica fue construida en el año 2016 y la carga eléctrica está diseñada y dimensionada para los equipos que funcionan en la actualidad. La clínica Angiografía de Colombia requiere saber si el transformador que tienen desde su construcción soportaría la carga del equipo de Tomografía Axial Computarizada (TAC) que desean instalar o se debe de realizar un cambio en la subestación.

Diseñar desde cero puede resultar sencillo, pues se tiene amplias opciones para modificar las condiciones durante el proceso; pero diseñar sobre algo ya construido limita las opciones. Para este caso tratar de implementar este nuevo equipo conlleva a modificar el consumo energético de la clínica, además hay que considerar la reglamentación técnica en infraestructura e instalación eléctrica en centros médicos. Las adecuaciones al sistema eléctrico, al sistema de puesta a tierra junto con el sistema de respaldo de energía (UPS) y el transformador del edificio requieren una obtención de datos para hacer los cálculos, estos se tomarán previamente con un analizador de red para ver el balanceo de fases, factor de potencia, armónicos, picos de consumo, entre otros. Se espera que este diseño permitirá esta adecuación con la menor afectación al servicio.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Diseño eléctrico para la instalación de un equipo ionizante para la clínica Angiografía de Colombia.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar la medición de cargas con el Analizador de red en la clínica Angiografía de Colombia.
- Analizar los resultados obtenidos en las mediciones.
- Determinar si la subestación existente cuenta con la capacidad para soportar el equipo a instalar.

3. Metodología

Fase 1. Para la primera fase se realizó la medición de cargas con el analizador de red durante 10 días las 24 horas, este instrumento recopila la información que es necesaria para entender y establecer el consumo energético.

Fase 2. Analizar los resultados obtenidos por el instrumento de medición y realizar una verificación de sistemas de distribución eléctrica de la clínica Angiografía de Colombia.



Fase 3. Establecer si el transformador existente soporta la capacidad futura del equipo que requiere en la clínica Angiografía de Colombia. Para proceder a empezar el diseño y adecuación del área física designada para su puesta en marcha.

4. El sistema eléctrico

El desarrollo del proyecto tiene como base normativa el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) expedido mediante resolución No. 9 0708 del 30 de agosto de 2013, el Código Eléctrico Colombiano NTC 2050 publicado por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC), y las normas nacionales e internacionales que los anteriores indiquen (Niño, 2016).

Según el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE 2013 en el Artículo 28: Clasificación de las instalaciones de uso final y requisitos específicos según el tipo de instalación, aquí dos partes del artículo 28.

28.3 Instalaciones especiales: *Son instalaciones que están clasificadas como peligrosas o por suministrar energía a equipos o sistemas complejos, estos presentan una posibilidad mayor de riesgo a comparación de una instalación básica por lo cual, requiere de condiciones especiales y así mitigar o eliminar el riesgo.*

28.3.2 Instalaciones en instituciones de asistencia médica: *El fin de este apartado es la protección de los pacientes, funcionarios o visitantes presentes en la entidad reduciendo al mínimo el riesgo eléctrico que se puedan producir en las personas e incendios y explosiones en las áreas médicas.*

El motivo principal de las instalaciones hospitalarias es prevenir cualquier tipo de riesgo para la vida del paciente, debido a que puede sufrir de electrocución o quemaduras por los conductores que están conectados directamente al músculo cardíaco.

5. Tomografía Axial Computarizada (TAC)

Los equipos de imagenología tienen usos importantes en el campo de la medicina, como medio de diagnóstico y control, así como de auxiliar en el tratamiento de diferentes patologías de padecimientos. Debe recabar la información correspondiente a las guías mecánicas para identificar las características eléctricas de los equipos de imagenología con la finalidad de prever los espacios y la tensión eléctrica requerida para la operación de los equipos.

La Tomografía computarizada (TC) se le llama también Tomografía Axial computarizada (TAC), dado que el plano de la imagen es paralelo al eje longitudinal del cuerpo y se obtienen cortes sagitales y coronales del paciente.



Ilustración 1. Tomógrafo General Electric, modelo Brivo CT385



Nota: obtenido de <https://es.bimedis.com/a-item/tomografos-ge-brivo-ct385-641866>

Estas son las características más sobresalientes a tener en cuenta desde el punto de consumo eléctrico. Voltaje del suministro/ corriente/ frecuencia del equipo a instalar:

- Estativo: 670 Vdc- 100 A, 440/ 254 Vac- 16 A, 208/120 Vac- 16/30/40 A, 50/60 Hz
- Consola del ordenador: 120 VAC, 20 A, 50/60 Hz
- Mesa: 120 Vac, 10 A, 50/60 Hz
- Unidad de distribución de energía (PDU): 200-240 Vac, 90 kVA (75 kVA para BrightSpeed 4 cortes), 50/60 Hz

6. Área proyectada para instalar el TAC

El área determinada para hacer la instalación del equipo para Tomografía Axial computarizada (TAC) en la Clínica Angiografía de Colombia (Villavicencio), es en el sótano a 6 metros bajo superficie. Para la alimentación eléctrica del equipo se debe realizar una excavación debido a que los cables energizan la mesa y gantry por la parte inferior de la misma. Se tiene una acometida de 34.5KV y un transformador de 800KVA.

Ilustración 2. Clínica Angiografía de Colombia S.A.S. (Villavicencio)

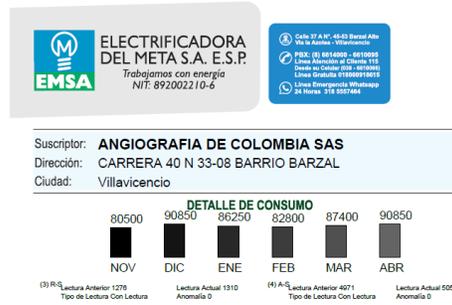


Nota: obtenido de <http://www.angiografiadecolombia.com/10-clinica-cardiovascular>

7. Cargas y consumo

Para un centro hospitalario tiene gran número de cargas eléctricas que por ser instalaciones especiales deben estar las 24 horas suministrando energía para el soporte vital. El consumo energético global es alto y se refleja en el costo monetario. En la siguiente gráfica se evidencia el consumo durante los últimos 6 meses, para el mes de abril de 2022 fue de 90,850KWh.

Ilustración 3. Factura de energía de la clínica Angiografía de Colombia S.A.S. (Villavicencio)



Nota: obtenido de consumo de energía KWh

En la clínica se está generalizando todas las cargas, pues allí se trabaja lo básico luminarias, computadores ascensores, electrobombas, CCTV, equipos biomédicos, etc. y su factor de potencia es muy variado.

8. Analizador de Red

Este instrumento tiene una completa serie de funciones para la verificación de sistemas de distribución eléctrica. Algunas de estas funciones le permiten obtener una visión general del funcionamiento del sistema eléctrico, mientras que otras le sirven para examinar detalles específicos (Hurtatiz & Arévalo, 2007), así como se ve en la ilustración 4 es el Analizador usado en este proyecto.

Ilustración 4. Analizador de Red Fluke 1736



Nota: obtenido de <https://multímetros-y-amperímetros.com/analizador-de-calidad-electrica-fluke-1738/>

Algunas de las funciones más importantes de un analizador de red son: detectar y prevenir el exceso de consumo (kWh), analizar curvas de carga para ver dónde se produce la máxima demanda de energía. Detectar la necesidad de instalación de una batería de condensadores, así como su potencia. Detectar fraude en los contadores de energía. También estos equipos son analizadores de elevadas precisiones. Diseñados para ser utilizados de forma muy sencilla en cualquier instalación y para que su uso sea totalmente adaptable a cualquier tipo de medida requerida. Disponen de una memoria interna donde se guardan todos los parámetros deseados, totalmente programables. Además, un mismo analizador puede contener varios softwares, cuyas aplicaciones vayan destinadas a distintos tipos de análisis.

Existe una gran variedad de analizadores los cuales exportan o muestran los parámetros eléctricos directa o indirectamente a través de display y transmiten por comunicaciones todas las magnitudes eléctricas medidas y/o calculadas (Rengifo, 2016).

9. Resultados

Desde la instalación del analizador de red se realizó el seguimiento día a día del con el fin de garantizar que el equipo grabará de manera ininterrumpida para que no se afectará el estudio.

Ilustración 5. Gráfica de consumo en el analizador de Red Fluke 1736



Nota. Fuente propia.

Ilustración 6. Consumo por fase en el analizador de Red Fluke 1736



Nota. Fuente propia.

Posteriormente a su desinstalación se procede a descargar la información con el fin de evidenciar los picos de mayo carga, en el cual se evidenció un consumo máximo de 195 KVA. De igual manera se revisa la capacidad del transformador el cual tiene una capacidad de 800 KVA.



Con el resultado anterior, se determina qué subestación tiene la capacidad para soportar la carga futura más lo que se requiera para que puedan prestar el servicio. Según la descripción del tomógrafo podría llegar a tener unos 95 KVA.

Ilustración 7. Resultados del analizador de Red Fluke 1736

	Potencia activa KW	Potencia aparente KVA	Potencia no activa Kvar	Factor de potencia
Max	227,970 KW	250,935 KVA	156,939 Kvar	0,95 ind
Media	114,831 KW	128,505 KVA	57,683 Kvar	0,89 ind
Min	46,581 KW	48,974 KVA	15,12 Kvar	0,88 ind

Nota. Fuente propia.

Con estos números el proyecto queda en etapa de espera para que la alta dirección apruebe la ejecución, mientras se diseña las adecuaciones eléctricas y de infraestructura.

10. Conclusiones

- Según los estudios realizados, se determinó que la subestación tiene la capacidad de soportar el equipo que la clínica Angiografía de Colombia proyecta instalar.
- La clínica Angiografía de Colombia debe analizar la viabilidad del proyecto.
- La clínica Angiografía de Colombia debe de determinar los servicios que se va a prestar y suministrar los planos arquitectónicos para proceder a realizar los cálculos eléctricos.

11. Referencias

- Coello-Fiallos D. C. (2012). "Estudio del Proceso de Instalación y Diseño de un Sistema de Control de Calidad del Equipo de Resonancia Magnética Nuclear Modelo Toshiba MRT-600EX de Megafloor Neurodiagnóstico y Medicina" Tesis, Facultad de Ciencias, Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Riobamba
- Saigua-Martinez M.E., Navarrete-Jiménez L.V. (2008). "Estudio de los factores de riesgo de una instalación eléctrica en hospitales y medios de control" Tesis, Facultad de Ingeniería en electricidad y computación, ESPOL, Guayaquil
- López-Reyes C.A. (2019). "Estudio y diseño eléctrico para la instalación y montaje de un transformador 13.2KVA – 460V para un Tomógrafo en el Centro de Salud Vidassan en la ciudad de Guayaquil", Tesis, Ingeniería Electromecánica, Universidad Católica De Santiago De Guayaquil, Guayaquil
- Ortiz-Posadas M.R. y Vernet-Saavedra E.A. (2007). "Índice de prioridad de seguridad eléctrica para equipo médico (IPSEEM)", Rev Mex Ing Biom, vol. 28, núm. 1, pág. 7
- Llamosa L., Meza L., Parra H. (2006). "Fundamentos para el diseño de la prueba de seguridad eléctrica para equipo biomédico con base en la norma ntc-iso-iec-60601-1". Universidad Tecnológica de Pereira,
- RETIE. (2013). Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas. Resolución No. 9 0708 de agosto 30 de 2013. Ministerio de Minas y Energía. Colombia, Bogotá



- Arevalo Amaya O. E. & Hurtatiz Tovar G. (2007). Desarrollo de prácticas de laboratorio con módulo de líneas de transmisión Hampden usando un analizador de redes Fluke. Universidad Autónoma de Occidente, Santiago de Cali
- Niño Rodríguez D.F. (2016). Diagnóstico y Análisis de la instalación eléctrica de una clínica de nivel II. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá D.C.

Sobre los Autores

- **Astrid Carolina Hernández Mendoza.** Tecnólogo biomédico, estudiante de octavo semestre de ingeniería eléctrica. Integrante semillero GIEES astrid.hernandezmendoza@academia.unimeta.edu.co
- **Daniel Antonio Hernández Mendoza.** Estudiante de noveno semestre de ingeniería eléctrica. Integrante semillero GIEES daniel.hernandezmendoza@academia.unimeta.edu.co
- **Alben Melo Vega.** Ingeniero Electrónico, Magíster en Educación. Profesor universitario. Asesor de semillero. alben.melo@unimeta.edu.co; albenmv@gmail.com

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2022 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)

