



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACIÓN  
DEPARTAMENTO DE ELECTRICA**

**Tesis Monográfica para optar al Título de  
Ingeniero Eléctrico**

**Título**

**“Auditoria eléctrica en centro de datos tomando como referencia criterios  
del NFPA 70”.**

**Autores:**

- Br. Héctor Antonio Berrios Gómez 2008-23134
- Br. Argelis Torrez Solís 2013-62265

**Tutor:**

MSc.Ing. Ernesto Lira Rocha

**Managua, enero 2022**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

I. Introducción .....	1
II. Antecedente.....	3
III. Justificación .....	4
IV. Objetivos del Estudio.....	5
V. Marco Teórico .....	6
5.1 ¿Qué es la NFPA? .....	6
5.1.1 NFPA 70 o NEC.....	6
5.1.2 Principios del Diseño Eléctrico .....	7
5.1.3 Conductores y Cables BT .....	7
5.1.4 Puesta a tierra y unión-Art 250 .....	9
5.1.5 Canalización Artículo 352 .....	11
5.1.6 Bandejas portacables ARTICULO 392 .....	13
5.1.7 NFPA 70B - NFPA 70E® Recomendaciones.....	16
5.2 Auditoria energética.....	18
5.2.1 Auditoria eléctrica .....	18
5.3 Fenómenos electromagnéticos.....	19
5.3.1 Perturbaciones de tensión según la IEEE 1159 .....	19
5.3.2 Estándares Internacionales .....	20
5.3.3 Características típicas de los fenómenos electromagnéticos .....	20
5.3.4 Desequilibrio de tensiones.....	26
5.3.5 Distorsión de la forma de onda.....	28
5.3.6 Fluctuaciones de tensión.....	31
5.3.7 Variaciones de frecuencia en el sistema de potencia .....	32
5.4 Definición de Data Center .....	33
5.4.1 Tipos de Centros de datos.....	33
5.4.2 Infraestructura soporte de un Data Center se divide en cuatro subsistemas: .....	33
5.4.3 Subsistema Eléctrico .....	35
5.4.4 Eficiencia energética .....	35
VI. Análisis y presentación de Resultados .....	37
6.1 Ubicación del área.....	37
6.2 Medición de energía.....	38
6.2.1 Suministro eléctrico .....	38

6.2.2	Parametrización de analizador de energía FLUKE 438-II.....	38
6.2.3	Resumen de medición en acometida principal.....	39
6.2.4	Gráficas de los parámetros eléctricos medidos.....	41
6.2.5	Análisis e Inspección de sistema eléctrico y hallazgos.....	46
6.2.6	Recomendaciones.....	57
VII.	Conclusiones.....	61
VIII.	Bibliografía.....	62

---

## I. Introducción

El presente estudio de auditoría del sistema eléctrico del centro de datos de la Procuraduría General de la República pretende evaluar como referencia algunos criterios del NFPA 70: National Electric Code 2014 con objetivos de identificar área o puntos de riesgos a la seguridad de las instalaciones, los equipos eléctricos y las personas.

El método utilizado, en general, consistirá en realizar una evaluación general de todo el sistema. A través de inspecciones visuales (oculares) de las condiciones de los equipos eléctricos (o cuartos eléctricos) y de las instalaciones. Se realizarán mediciones de parámetros eléctricos en el suministro de la red al centro de datos y en el sistema de respaldo como parte de la auditoría eléctrica.

La metodología utilizada consiste en la recolección de datos; toma de mediciones y análisis de los datos obtenidos; identificación de problemas y posibles soluciones, y, por último, se describió la implementación de posibles soluciones a los problemas de mayor importancia.

El estudio está orientado a que el centro de datos tenga un panorama general de las medidas en eficiencia eléctrica y evalúen sus sistemas energéticos dentro de sus procesos productivos. Además de identificar área o puntos de riesgos a la seguridad de las instalaciones, los equipos eléctricos y las personas, es conveniente analizar la secuencia que sigue la energía eléctrica desde que se genera hasta que se consume.

Por otra parte, la calidad de la energía eléctrica puede definirse como una ausencia de interrupciones, sobre tensiones y deformaciones producidas por armónicas en la red y variaciones de voltaje RMS suministrado al usuario; esto referido a la estabilidad del voltaje, la frecuencia y la continuidad del servicio eléctrico.

Otro término empleado en la **auditorías eléctricas** es la “calidad de energía eléctrica” es para describir la variación de la tensión, corriente y frecuencia en el sistema eléctrico.

---

Los estudios de calidad de la energía eléctrica nos permiten detectar las desviaciones que se presenten para poder así establecer medidas correctivas.

El objetivo principal de este trabajo es evaluar los problemas de calidad eléctrica a través de una auditoría eléctrica: transitorios, armónicas, regulación de voltaje, consumo, factor de potencia, balaceo de fases, revisión del sistema de tierras y fluctuaciones dinámicas de voltaje, al mismo tiempo, poder determinar la afectación que tiene sobre el sistema y equipos finales y verificar que cumplan con la norma provisional "perturbaciones permisibles" en la forma de onda de tensión y corriente del suministro de energía eléctrica.

Para finalizar el siguiente trabajo de tesis describe como se presentará el Informe final del estudio de tesis de auditoría eléctrica en el centro de datos, empezando por la introducción donde se define que es una auditoría eléctrica y cuáles son sus alcances.

---

## **II. Antecedente**

El esfuerzo de implementar “Auditoría eléctrica” (AE) en la industria inició alrededor de 1970, originado en primer lugar por la necesidad de reducir los costos de operación. A pesar que la energía es vital para muchos procesos, esto no es necesariamente un componente crítico de costos. Actualmente, la AE es vista de forma fragmentada debido a la ausencia de una metodología establecida.

Muy pocos practicantes de AE están preocupados por los resultados medioambientales de la aplicación de AE, aun cuando una parte de las opciones de AE pueden llevar a obtener beneficios medioambientales y estas no son vistas de forma relevante.

Para la AE la reducción de costos es la principal preocupación ya que favorecería de forma económica a las empresas, aun cuando estas opciones conlleven impactos negativos al medioambiente.

Según el Informe Mundial de Energía 2009 de la ONU, el aumento de la eficiencia energética y las tecnologías limpias permitirán que la cantidad de energía primaria requerida para un servicio dado pueda ser reducida, de forma rentable, entre un 25% hasta un 45% del consumo para los próximos 20 años en países en desarrollo.

Nicaragua al 2014 presentaba, la intensidad energética más alta de la región centroamericana: 3 BEP (Barriles equivalentes de petróleo), demandando más energía por cada mil dólares de Producto Interno Bruto (PIB) que la mayoría de los países vecinos con niveles de desarrollo similar.

---

### **III. Justificación**

La importancia del estudio se fundamenta en identificar área o puntos de riesgos a la seguridad de las instalaciones, los equipos eléctricos y las personas, es conveniente analizar la secuencia que sigue la energía eléctrica desde que se genera hasta que se consume.

Se pretende verificar en situ las mediciones de campo, como el voltaje, la corriente, consumo de potencia diario, mediciones del factor de potencia actual para confirmar los datos facilitado por la empresa.

Es importante destacar que esta experiencia impactará positivamente tanto en los estudiantes como en los docentes que desearan conocer y adentrarse en los estudios de auditoria eléctrica, ya que es uno de los ejes importantes de cualquier industria.

La metodología que se utilizará generará recomendaciones y lecciones aprendidas que pueden tomarse en la implementación de cualquier escenario de pequeña o mediana empresa.

Otro aspecto importante es que pocos practicantes de estudio de AE están preocupados por los resultados medioambientales de la aplicación de AE, aun cuando una parte de las opciones de AE pueden llevar a obtener beneficios medioambientales y estas no son vistas de forma relevante.

---

## **IV. Objetivos del Estudio**

### **4.1. Objetivo General**

- Realizar un estudio de auditoria eléctrica en un centro de datos tomando como referencia criterios del NFPA 70 y con objetivos de identificar área o puntos de riesgos a la seguridad de las instalaciones, los equipos eléctricos y las personas.

### **4.2 Objetivo Especifico**

- Efectuar una evaluación física de todo el sistema eléctrico para identificar puntos vulnerables.
- Realizar mediciones de los paramétricos eléctricos de la red eléctrica del centro de datos.
- Análizar e Inspeccionar los sistema eléctrico y demostrar hallazgos
- Enumerar recomendaciones y hallazgos sobre el sistema eléctrico actual en base al NFPA 70B.

---

## V. Marco Teórico

### 5.1 ¿Qué es la NFPA?

La “National Fire Protection Association”, NFPA, es reconocida alrededor del mundo como una autoridad importante de conocimientos técnicos, datos y consejos para el consumidor sobre la problemática del fuego, su protección y prevención.

Con sede en Quincy, Massachusetts, EE.UU., la NFPA es una organización internacional que desarrolla normas para proteger a la gente, su propiedad y el medio ambiente del fuego.[1]

#### 5.1.1 NFPA 70 o NEC

La norma NFPA 70 se conoce comúnmente como el NEC (National Electrical Code) de los Estados Unidos de América. Se publica cada tres años en idioma inglés.

El NEC National Electrical Code (Código Eléctrico), utilizado en USA como acatamiento obligatorio, y que para Nicaragua se adopta usualmente su última versión en español el NEC 2014. [1]

#### Propósito

Es la salvaguarda práctica de las personas y de los bienes, de los riesgos que se derivan de una inadecuada instalación eléctrica o del uso de materiales y equipos para el uso de la electricidad.

Tipos de riesgos:

- Choques eléctricos
- Efectos térmicos
- Sobrecorrientes
- Corrientes de falla
- Sobrevoltajes

---

## 5.1.2 Principios del Diseño Eléctrico

### Etapas de un Proyecto Eléctrico:

- DEFINICIÓN o ALCANCE
- PLANEAMIENTO
- DISEÑO
- Alcance
- Planos
- Especificaciones
- Complementos
- PROCESO DE CONSTRUCCIÓN
- INSPECCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN

El diseño de las instalaciones eléctricas se debe realizar considerando los siguientes principios: [1]

1. Seguridad
2. Confiabilidad
3. Funcionalidad
4. Estética
5. Flexibilidad y capacidad de crecimiento
6. Costo inicial y de operación

### 5.1.3 Conductores y Cables BT

#### Conductores para cableado en general

**Alcance.** Este Artículo trata de los requisitos generales de los conductores y de sus denominaciones de tipos, aislamiento, marcado, resistencia mecánica, ampacidad de corriente y usos. Estos requisitos no se aplican a los conductores que forman parte integral de equipos como motores, controladores de motores y equipos similares, ni a los conductores específicamente tratados en otras partes de este *Código*.

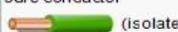
Nota Informativa: Para los cordones y cables flexibles, ver el Artículo 400. Para los cables de artefactos, ver el Artículo 402. [1]

## Ampacidades permisibles en conductores

Tabla 310.15(B)(16) (antes Tabla 310.16) Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones nominales de hasta e incluyendo 2000 volts y 60° C a 90° C (140° F a 194° F). No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o tierra (enterrados directamente), basadas en una temperatura ambiente de 30° C (86° F)\*.

Calibre AWG o kcmil	Temperatura nominal del conductor [Ver Tabla 310.104(A).]						Calibre AWG o kcmil				
	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)					
	Tipos TW, UF			Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE, ZW				Tipos TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2			Tipos TBS, SA, SIS, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2
COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE								
18**	—	—	14	—	—	—	—				
16**	—	—	18	—	—	—	—				
14**	15	20	25	—	—	—	—				
12**	20	25	30	15	20	25	12**				
10**	30	35	40	25	30	35	10**				
8	40	50	55	35	40	45	8				
6	55	65	75	40	50	55	6				
4	70	85	95	55	65	75	4				
3	85	100	115	65	75	85	3				
2	95	115	130	75	90	100	2				
1	110	130	145	85	100	115	1				
1/0	125	150	170	100	120	135	1/0				
2/0	145	175	195	115	135	150	2/0				
3/0	165	200	225	130	155	175	3/0				
4/0	195	230	260	150	180	205	4/0				

## Identificación de los conductores[1]

Standard wire colours for FIXED cable (e.g. in-, On-, or Behind-the-wall wiring cables)			
Region or Country	Phases	Neutral	Protective earth/ground
United States	 (120/208/240V) <i>(brass)</i>  (277/480V)	 (120/208/240V) <i>(silver)</i>  (277/480V)	 ( <i>green</i> ) bare conductor  ( <i>ground or isolated ground</i> )
Canada	 (120/208/240V)  (600/347V)  (single phase isolated systems)  (three phase isolated systems)	 (120/208/240V)  (600/347V)	 ( <i>green</i> ) bare conductor  ( <i>isolated ground</i> )

Notes:

Parenthesized colours in *italics* are used on metallic terminals. "Green/yellow" means green with yellow stripe. See illustrations nearby.

The colours in this table represent the most common and preferred standard colours for wiring; however others may be in use, especially in older installations.

Australian and New Zealand wiring standards allow both European and Australian colour codes. Australian-standard phase colours conflict with IEC 60446 colours, where IEC-60446 supported *neutral* colour (blue) is an allowed *phase* colour in the Australia/New Zealand standard. Care must be taken when determining system used in existing wiring.

Canadian and American wiring practices are very similar, with ongoing harmonization efforts.

---

## 5.1.4 Puesta a tierra y unión-Art 250

### Generalidades

**250.1 Alcance.** Este Artículo trata de los requisitos generales para puesta a tierra y unión de instalaciones eléctricas, y los requisitos específicos, en (1) a (6).

- (1) Sistemas, circuitos y equipos exigidos, permitidos o no permitidos para ser puestos a tierra.
- (2) Conductor del circuito a ser puesto a tierra en sistemas puestos a tierra.
- (3) Ubicación de las conexiones de puesta a tierra.
- (4) Tipos y tamaños de los conductores y electrodos de puesta a tierra y unión.
- (5) Métodos de puesta a tierra y unión.
- (6) Condiciones bajo las cuales los resguardos, la separación o el aislamiento eléctrico pueden ser reemplazados por la puesta a tierra. [1]

### **(A) Sistemas puestos a tierra.**

**(1) Puesta a tierra de los sistemas eléctricos.** Los sistemas eléctricos puestos a tierra se deben conectar a tierra de manera que limiten la tensión impuesta por descargas atmosféricas, sobretensiones en la línea, o contacto no intencional con líneas de tensión más alta, y que estabilicen la tensión a tierra durante la operación normal.

Nota informativa: Una consideración importante para limitar la tensión impuesta es el direccionar los conductores del electrodo de puesta a tierra y de unión, de modo tal que no sean más largos de lo necesario para completar la conexión sin perturbar las partes permanentes de la instalación, y así evitar dobleces y bucles innecesarios.

**(2) Puesta a tierra del equipo eléctrico.** Los materiales conductores que normalmente no transportan corriente, que albergan conductores o equipo eléctrico, o que forman parte de dicho equipo, deben estar conectados a tierra con el fin de limitar la tensión a tierra en estos materiales. [1]

---

**(3) Unión del equipo eléctrico.** Los materiales conductores que normalmente no transportan corriente, que albergan conductores o equipo eléctrico, o que forman parte de dicho equipo, se deben conectar entre sí y a la fuente de alimentación eléctrica de manera que establezcan una trayectoria eficaz para la corriente de falla a tierra.

**(4) Unión de materiales conductores eléctricos y otros equipos.**

Los materiales conductores eléctricos que normalmente no transportan corriente, que tienen probabilidad de energizarse, se deben conectar entre sí y a la fuente de alimentación eléctrica de manera que establezcan una trayectoria eficaz para la corriente de falla a tierra. [1]

**250.8 Conexión del equipo de puesta a tierra y de unión.**

**(A) Métodos permitidos.** Los conductores de puesta a tierra de equipos, los conductores del electrodo de puesta a tierra y los puentes de unión se deben conectar mediante uno o más de los siguientes medios:

- (1) Conectores a presión listados
- (2) Barras terminales
- (3) Conectores a presión listados como equipo de puesta a tierra y unión
- (4) Procesos de soldadura exotérmica
- (5) Abrazaderas tipo tornillo que enrosquen no menos de dos hilos o que se aseguran con una tuerca
- (6) Tornillos para maquinas tipo autoroscantes que enrosquen no menos de dos hilos en el envolvente
- (7) Conexiones que son parte de un ensamble listado
- (8) Otros medios listados

**Caída de tensión**

El NEC 2008 Art. 210.19(A)(1) NLM No. 4 y 215.2 (A)(3) NLM No. 2 indica:

- Los conductores de alimentadores y los conductores de circuitos ramales deben ser dimensionados para evitar una caída de tensión superior al 3 %.
- La caída máxima de tensión de los circuitos alimentador y ramales hasta la salida más lejana no debe superar el 5%. [1]

---

## 5.1.5 Canalización Artículo 352

### ➤ Conduit rígido de cloruro de polivinilo tipo PVC (*Polyvinyl Chloride*)

#### Definición.

**Conduit rígido de cloruro de polivinilo (PVC) [*Rigid Polyvinyl Chloride Conduit (PVC)*].** Canalización no metálica rígida de sección transversal circular, con acoples, conectores y accesorios asociados o integrales para la instalación de cables y conductores eléctricos.

**352.6 Requisitos de listado.** El Conduit de PVC, los codos hechos en fabrica y los accesorios asociados deben ser listados. [1]

#### Instalación

**352.10 Usos permitidos.** Debe permitirse el uso del conduit de PVC de acuerdo con las secciones 352.10(A) hasta (I). Nota informativa: El frio extremo puede hacer que algunos conductos no metálicos se vuelvan quebradizos y por lo tanto, más susceptibles al daño por contacto físico.

**(A) Oculto.** Debe permitirse el Conduit de PVC en paredes, pisos y cielos rasos.

**(B) Influencias corrosivas.** Debe permitirse el conduit de PVC en lugares sometidos a influencias corrosivas fuertes, tal como se estipula en la sección 300.6 y cuando están sometidos a sustancias químicas para las cuales los materiales están específicamente aprobados.

#### 310.2 Definiciones.

**Ductos eléctricos.** Conductos eléctricos u otras canalizaciones de sección transversal redonda, que son adecuados para uso subterráneo o encerrados en concreto.

**Resistividad térmica.** Como se usa en este *Código*, es la habilidad de transferencia de calor a través de una sustancia, por conducción. [1]

---

## Instalación

**310.10 Usos permitidos.** Debe permitirse el uso de los conductores descritos en la sección 310.104 en cualquiera de los métodos de cableado cubiertos en el Capítulo 3, y como se especifica en sus respectivas tablas o como se permita en otras partes de este Código. [1]

**(A) Lugares secos.** Los conductores y cables aislados usados en lugares secos, deben ser de cualquiera de los tipos identificados en este Código.

**(B) Lugares secos y húmedos.** Los conductores y cables aislados usados en lugares secos y húmedos deben ser de los tipos FEP, FEPB, MTW, PFA, RHH, RHW, RHW-2, SA, THHN, THW, THW-2, THHW, THWN, THWN-2, TW, XHH, XHHW, XHHW-2, Z o ZW.

**(C) Lugares mojados.** Los conductores y cables aislados usados en lugares mojados deben cumplir con uno de las siguientes condiciones:

- (1) Tener forro metálico impermeable a la humedad.
- (2) Ser de los tipos MTW, RHW, RHW-2, TW, THW, THW2, THHW, THWN, THWN-2, XHHW, XHHW-2, ZW.
- (3) Ser de un tipo listado para uso en lugares mojados.

**C) Escoria.** Debe permitirse el conduit de PVC en relleno de escoria.

**(D) Lugares mojados.**

**(E) Lugares secos y húmedos.**

**(F) Expuesto.**

**(G) Instalaciones subterráneas.**

**(H) Soporte de los cuerpos de conduit.**

## ARTICULO 358

- **Tubería eléctrica metálica tipo EMT (*Electrical Metallic Tubing*)**

### 358.2 Definición.

**Tubería eléctrica metálica (EMT) (*Electrical Metallic Tubing (EMT)*).** Tubería sin rosca, de pared delgada y sección transversal circular diseñada para la protección física y el enrutamiento de conductores y cables, y para su uso como conductor de puesta a tierra del equipo cuando se instala usando los accesorios adecuados. [1]

---

En general, este tipo de tubería EMT está hecha de acero (ferroso) con revestimientos de protección o de aluminio (no ferroso).

**358.6 Requisitos de listado.** La tubería eléctrica metálica EMT, los codos hechos en fabrica y los accesorios asociados deben ser listados.

## **Instalación**

### **358.10 Usos permitidos.**

**(A) Expuestos y ocultos.** El uso de tubería eléctrica metálica EMT debe permitirse para trabajo tanto expuesto como oculto.

**(B) Protección contra la corrosión.** Debe permitirse instalar la tubería eléctrica metálica EMT ferrosa o no ferrosa, los codos, acoples y accesorios en concreto, en contacto directo con la tierra, o en áreas expuestas a influencias corrosivas fuertes, si están protegidos contra la corrosión y son aprobados como adecuados para esa condición.

**C) Lugares mojados.** Todos los soportes, pernos, abrazaderas, tornillos, etc., deben ser de materiales resistentes a la corrosión o deben estar protegidos por materiales resistentes a la corrosión. [1]

## **5.1.6 Bandejas portacables ARTICULO 392**

### **General**

**392.1 Alcance.** Este Articulo trata de los sistemas de bandejas portacables, incluidos los tipos escalera, canal ventilado, fondo ventilado, fondo sólido y otras estructuras similares

*Nota informativa: Para mayor información sobre las bandejas portacables, véanse los documentos ANSI/NEMA-VE 1-1998, Sistemas de bandejas portacables metálicas; NEMA-VE 2-1996, Lineamientos para la instalación de bandejas portacables metálicas y NEMAFG- 1998, Sistemas de bandejas portacables no metálicas*

### **Definición.**

#### **Sistema de bandejas portacables (Cable Tray System).**

Unidad o ensamble de unidades o secciones con sus accesorios asociados, que forman un sistema estructural utilizado para fijar o soportar y sujetar cables y canalización.

---

## Instalación

**392.10 Usos permitidos.** Debe permitirse el uso de bandejas portacables como sistema de soporte para conductores de acometida, alimentadores, circuitos ramales, circuitos de comunicaciones, circuitos de control y circuitos de señalización. Las instalaciones de bandejas portacables no se deben limitar a los establecimientos industriales. Cuando están expuestas a los rayos directos del sol, los conductores aislados y los cables con chaqueta deben estar identificados como resistentes a la luz solar. Las bandejas portacables y sus accesorios asociados deben estar identificados para el uso previsto.

**(A) Métodos de cableado.** Deben permitirse los métodos de cableado de la Tabla 392.10(A) en sistemas de bandejas portacables, en las condiciones establecidas en sus respectivos artículos y secciones. [1]

**(B) En establecimientos industriales.** Debe permitirse utilizar los métodos de instalación de la Tabla 392.3(A) en cualquier establecimiento industrial bajo las condiciones establecidas en sus respectivos artículos. Solo en instalaciones industriales, cuando las condiciones de supervisión y mantenimiento aseguren que el sistema de bandejas portacables será atendido únicamente por personas calificadas, debe permitirse instalar en bandejas portacables tipo escalera, canal ventilado, fondo sólido o de fondo ventilado cualesquiera de los cables especificados en las secciones 392.3(B)(1) y (B)(2).

**(C) En lugares (clasificados como) peligrosos.** Las bandejas portacables ubicadas en lugares (clasificados como) peligrosos solo deben contener los tipos de cables y canalizaciones permitidos por otros artículos en este Código.

**(D) Bandejas portacables no metálicas.** Además de los usos permitidos en otra parte de la sección 392.10, debe permitirse utilizar bandejas portacables no metálicas en áreas corrosivas y en las que se requiera aislamiento de tensión. [1]

---

## **Instalación de bandejas portacables**

**(A) Sistema completo.** Las bandejas portacables se deben instalar como un sistema completo. Si se hacen curvas o modificaciones durante la instalación, se deben hacer de manera que se mantenga la continuidad eléctrica del sistema de bandeja portacables y el soporte de los cables. Debe permitirse que los sistemas de bandejas portacables tengan segmentos mecánicamente discontinuos entre los tramos de las bandejas portacables o entre los tramos de bandejas portacables y los equipos. [1]

**(B) Terminado antes de la instalación.**

**(C) Cubiertas.**

**(D) A través de paredes y divisiones.**

**(E) Expuestos y accesibles**

**(F) Acceso adecuado.**

**(G) Canalizaciones, cables, cajas y cuerpos de conduit soportados por el sistema de bandejas portacables.**

## **Espacios de Trabajo y Espacios Dedicados 110.26**

OSHA y NFPA se encargan de definir requisitos para espacios de trabajo, que varían de acuerdo a los riesgos asociados con la instalación y los equipos, para crear condiciones seguras de trabajo.

Cuando se aplican los requisitos, el objetivo es proteger a las personas de lesiones debidos a electrocuciones, arc blast o arc flash.

Los **espacios de trabajo** alrededor de equipos eléctricos son definidos en el Artículo 110.26(A) para sistemas de 600 voltios o menos y 110.27(A) para sistemas de más de 600 voltios.

Los **espacios dedicados** para equipo eléctrico dependerán del tamaño de los equipos que se instalarán o utilizarán como referencia para el diseño eléctrico, el artículo 110.26(F) nos ayuda con los requisitos para estos espacios. [1]

---

### 5.1.7 NFPA 70B - NFPA 70E® Recomendaciones

Recomienda mantener los sistemas eléctricos correctamente y proteger a tu personal, a tus instalaciones y a tu negocio.

El mantenimiento de los sistemas eléctricos le ayuda a proteger a los trabajadores, evitar tiempos de inactividad de los equipos y reducir el costo de las reparaciones. En realidad, el apropiado mantenimiento es absolutamente esencial para la seguridad de sus instalaciones y de sus empleados.

Consulte los lineamientos en los que puede confiar de NFPA 70B, *Práctica Recomendada para el Mantenimiento de Equipos Eléctricos*. NFPA 70B describe detalladamente el mantenimiento preventivo para sistemas y equipos eléctricos, electrónicos y de comunicaciones –tales como aquellos que se usan en plantas industriales, edificios institucionales y comerciales, y grandes complejos residenciales multifamiliares. [1]

Aplicada junto con los requisitos de NFPA 70E®, *Norma para la Seguridad Eléctrica en Lugares de Trabajo*, NFPA 70B contribuye con los gerentes de instalaciones en el desarrollo e implementación de un programa de Mantenimiento Eléctrico Preventivo (MEP) eficaz para todos los tipos de equipos y montajes. Los contratistas consultan NFPA 70B para obtener información sobre el apropiado mantenimiento y reparación de equipos, y los diseñadores dependen de este documento para elaborar especificaciones para la instalación que tengan en cuenta el mantenimiento.

**Las actualizaciones de NFPA 70B se coordinan con NFPA 70E y con las normas “con punto” (“dot” standards) del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (Institute of Electrical and Electronics Engineers o IEEE).**

- Nuevas recomendaciones para llevar a cabo un estudio de diseño relacionado con el mantenimiento muestran una correlación con la última edición de NFPA 70E.
- Nuevas referencias te ayudan a identificar el contenido cubierto en aproximadamente 70 normas “con punto” del IEEE de la colección de normas IEEE 3000, que reemplazan las referencias a los Libros de Color del IEEE.

---

**En los capítulos de NFPA 70B se abordan todos los aspectos relacionados con el mantenimiento de equipos:**

- Planificación y desarrollo de un programa de Mantenimiento Eléctrico Preventivo
- Seguridad del personal
- Fundamentos del mantenimiento de los equipos eléctricos
- Estudios de los sistemas
- Calidad de la energía eléctrica
- Pruebas y métodos de prueba
- Mantenimiento de equipos eléctricos sujetos a largos intervalos entre interrupciones del servicio eléctrico
- Protección contra fallas a tierra
- Puesta a tierra
- Además, capítulos detallados sobre diferentes tipos de conjuntos de montaje, equipos, cables y dispositivos

Mantén la concentración en la seguridad y en tus resultados finales con NFPA 70B. Efectúa el mantenimiento de los equipos y elabora tu programa de mantenimiento eléctrico preventivo aplicando los lineamientos más recientes en la materia. [1]

---

## **5.2 Auditoría energética**

Es un estudio que permite determinar dónde y cómo se utiliza la energía. Se identifican los puntos del diagrama de proceso de mayor uso de energía haciendo resaltar aquellos donde esta se desperdicia y aquellos en donde es posible generar algún ahorro. Con el único objetivo de utilizarla racional y eficientemente y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Además de incorporar una evaluación técnica y económica de las posibilidades de reducir el costo de la energía de manera rentable sin afectar la cantidad y calidad de su producto. [2].

### **5.2.1 Auditoría eléctrica**

La auditoría eléctrica es una inspección, estudio y análisis de los flujos de energía en un edificio, proceso o sistema con el objetivo de comprender la energía dinámica del sistema bajo estudio. Normalmente una auditoría eléctrica se lleva a cabo para buscar oportunidades para reducir la cantidad de energía de entrada en el sistema sin afectar negativamente la salida. Cuando el objeto de estudio es un edificio ocupado se busca reducir el consumo de energía, manteniendo y mejorando la seguridad.

La auditoría preliminar está compuesta por diversos estudios los cuales son implementados al edificio que se le realiza la auditoría, estos son: análisis de redes, estudios termo gráficos, estudios de resistencia óhmica, estudio de meguer. En el análisis de redes se estudian las perturbaciones en el sistema eléctrico.

Según las perturbaciones en la calidad del suministro definidas por el estándar del IEEE han sido organizadas en siete categorías, según la forma de la onda: [2].

- Transitorios
- Interrupciones
- Bajada de tensión / subtensión
- Aumento de tensión / sobretensión
- Distorsión de la forma de onda
- Fluctuaciones de tensión
- Variaciones de frecuencia

---

## 5.3 Fenómenos electromagnéticos

Si tan sólo ayer se prestaba atención a un grupo relativamente limitado de fenómenos, hoy es necesario tomar en consideración un conjunto más amplio de indicadores de calidad, debido a sus efectos sobre el confort, la confiabilidad, el costo, el consumo, la demanda y el diseño de los sistemas de suministro eléctrico. [3], [4],[5], [6],[7] y [8]

Paradójicamente, hay más problemas y son escasas o no existen personas preparadas o dedicadas a enfrentarlos. Según la Norma IEEE Estándar 1159 de 1995 los fenómenos electromagnéticos pueden ser de tres tipos:

- Variaciones en el valor RMS de la tensión o la corriente.
- Perturbaciones de carácter transitorio.
- Deformaciones en la forma de onda.

### 5.3.1 Perturbaciones de tensión según la IEEE 1159

Tipo de variación	Duración	Magnitud
<b>Variaciones de corta duración</b>		
<b>Huecos de tensión [sag o dip]</b>		
Instantáneos	0,5 – 30 ciclos	0,1 – 0,9 p.u.
Momentáneos	30 ciclos – 3	0,1 – 0,9 p.u.
Temporales	3 s – 1 min	0,1 – 0,9 p.u.
<b>Elevaciones de tensión [swell]</b>		
Instantáneos	0,5 – 30 ciclos	1,1 – 1,8 p.u.
Momentáneos	30 ciclos – 3	1,1 – 1,8 p.u.
Temporales	3 s – 1 min	1,1 – 1,8 p.u.
<b>Variaciones de larga duración</b>		
Subtensión	> 1 min	0,8 – 1,0 p.u.
Sobretensión	> 1 min	1,0 – 1,2 p.u.
<b>Interrupciones</b>		
Momentáneos	< 3 s	0 p.u.
Temporales	3 s – 1 min	0 p.u.
Colapso	> 1 min	0 p.u.

### 5.3.2 Estándares Internacionales

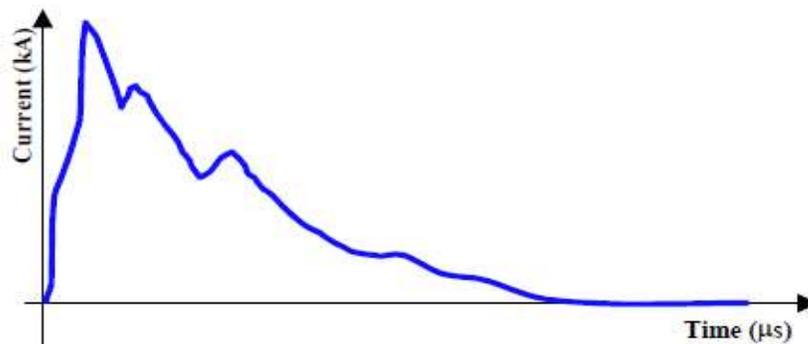
Perturbación	Categoría de normalización	Estándares IEEE	Estándares IEC
Huecos de tensión	Ambiente/compatibilidad	IEEE 1250	IEC 61000-2-4
	Emisión/Límites de inmunidad	IEEE P 1346	IEC 61000-3-3/5 (555)
	Pruebas y Medidas	Ninguna	IEC 61000-4-1/11
	Instalación/Mitigación	IEEE 446, 1100, 1159	IEC 61000-5-X
	Apertura del fusible	IEEE 242(Protección)	IEC 364
Transitorios y sobretensiones	Ambiente/Compatibilidad	IEEE/ANSI C62.41	IEC 61000-2-5
	Emisión/Límites de inmunidad	Ninguna	IEC 61000-3-X
	Pruebas y Medidas	IEEE/ANSI C62.45	IEC 61000-4-1/2/4/5/12
	Instalación/Mitigación	C62 series, 1100	IEC 61000-5-X
	Ruptura de aislamiento	Ninguna	IEC 664

### 5.3.3 Características típicas de los fenómenos electromagnéticos

#### Transitorio impulsivo

Es un cambio súbito y unidireccional (positivo o negativo) en la condición de estado estable de la tensión, la corriente o ambos y de frecuencia diferente a la frecuencia del sistema de potencia.

Son de moderada y elevada magnitud, pero de corta duración medida en microsegundos. Normalmente están caracterizados por sus tiempos de ascenso (1 a 10  $\mu\text{sec}$ ) y descenso (20 a 150  $\mu\text{sec}$ ) y por su contenido espectral. [3], [4],[5], [6],[7] y [8]



---

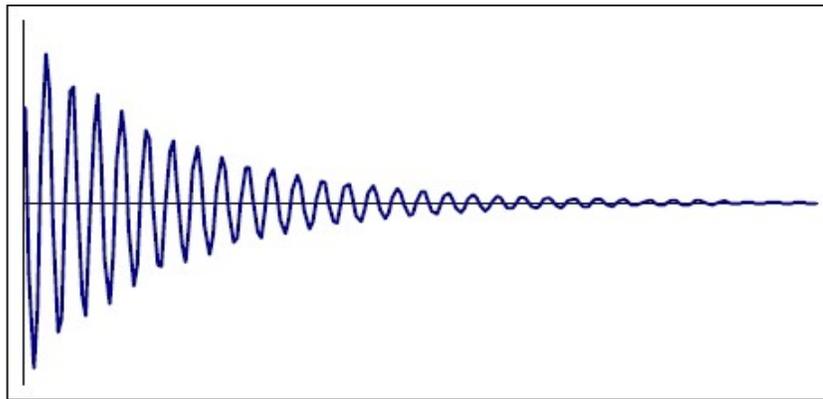
## Transitorios oscilatorios

Son un cambio súbito en la condición de estado estable de la tensión, la corriente o ambos, con polaridades positivas y negativas y de frecuencia diferente a la frecuencia de operación del sistema.

Este tipo de transitorio se describe por su contenido espectral, duración y magnitud. Por su frecuencia se clasifican en: transitorios de alta, media y baja frecuencia.

- Los transitorios oscilatorios con una frecuencia mayor de 500 kHz y una duración típica medida en microsegundos (o varios ciclos de la frecuencia fundamental) son considerados transitorios oscilatorios de alta frecuencia.
- Cuando la frecuencia se encuentra entre 5 y 500 kHz se considera un transitorio de frecuencia media.
- Un transitorio con una frecuencia inferior a 5 kHz, y una duración de 0,3 ms a 50 ms, se considera un transitorio de **baja frecuencia**.

Sucede en los niveles de subtransmisión y distribución y en los sistemas industriales y es causado por diversos tipos de eventos.



Son señales de voltaje o corriente cuyos valores instantáneos cambian de polaridad rápidamente.

Alta frecuencia:  $f > 500$  kHz y duración [microseg].

Media frecuencia:  $5 < f < 500$  kHz y duración [décadas de microseg]

Baja frecuencia:  $f < 5$  kHz y duración [0.3 a 50 ms] [3], [4],[5], [6],[7] y [8]

---

## Variaciones de tensión de corta duración

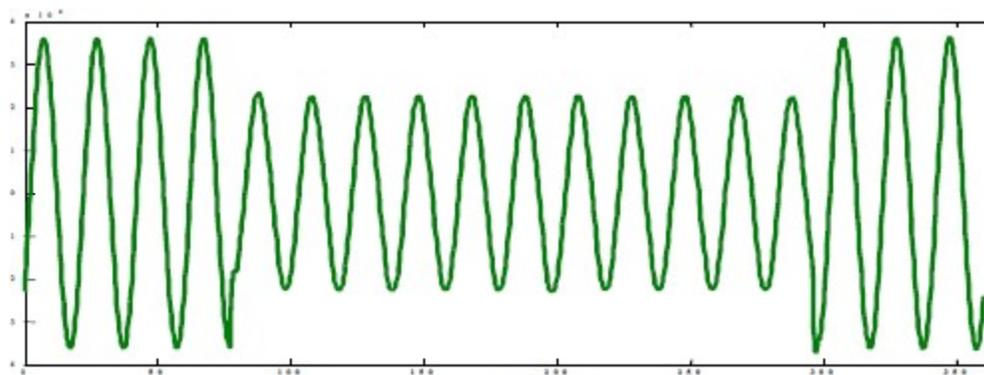
### a) Depresiones

Las depresiones (Sag o Dip), también conocidas como valles o huecos consisten en una reducción entre 0,1 y 0,9 p.u. en el valor R.M.S. de la tensión o corriente con una duración de 0,5 ciclo a un minuto.

Las depresiones de tensión son normalmente asociadas a fallas del sistema, a la energización de grandes cargas, al arranque de motores de elevada potencia y a la energización de transformadores de potencia.

Los efectos nocivos de las depresiones de tensión dependen de su duración y de su profundidad, estando relacionados con la desconexión de equipos de cómputo, PLC y contactores entre otros dispositivos. También presenta efectos sobre la velocidad de los motores.

Diferentes posibilidades existen para mitigar los efectos de los sags. La primera consiste en estabilizar la señal de tensión a través de acondicionadores de red, los cuales existen con diferentes principios y tecnologías. [3], [4],[5], [6],[7] y [8]



Disminución del valor eficaz de la tensión entre el 0,9 y el 0,1 p.u. de la tensión de funcionamiento normal y con una duración desde medio ciclo (8 ms o 10 ms) hasta algunos segundos.

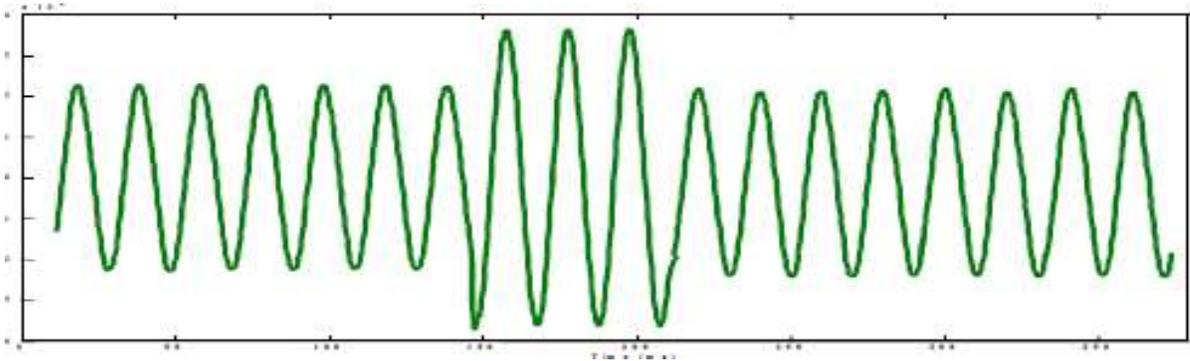
---

### b) Crestas

Una cresta (Swell) se define como un incremento del valor R.M.S. de la tensión o la corriente entre 1,1 y 1,8 p.u. con una duración desde 0,5 ciclo a un minuto. Como en el caso de las depresiones, las crestas son asociadas a fallas en el sistema, aunque no son tan comunes como las depresiones.

Un caso típico es la elevación temporal de la tensión en las fases no falladas durante una falla línea a tierra.

También pueden ser causadas por la desconexión de grandes cargas o la energización de grandes bancos de capacitores.



Incremento del valor eficaz de la tensión entre el 1,1 y el 1,8 p.u. de la tensión de funcionamiento normal, con una duración de entre medio ciclo (8 ms o 10 ms) y algunos segundos. [3], [4],[5], [6],[7] y [8]

### c) Interrupciones

Una interrupción ocurre cuando la tensión o la corriente de la carga disminuyen a menos de 0,1 p.u. por un período de tiempo que no excede un minuto. Las interrupciones pueden ser el resultado de fallas en el sistema, equipos averiados o debidas al mal funcionamiento de los sistemas de control.

El recierre instantáneo generalmente limita la interrupción causada por una falla no permanente a menos de 30 ciclos. La duración de una interrupción motivada por el funcionamiento indebido de equipos o pérdidas de conexión es irregular.

---

## Variaciones de tensión de larga duración

Son aquellas desviaciones del valor R.M.S. de la tensión que ocurren con una duración superior a un minuto. La norma ANSI C84.1 especifica las tolerancias en la tensión de estado estable en un sistema de potencia.

Una variación de voltaje se considera de larga duración cuando excede el límite de la ANSI por más de un minuto. Debe prestarse atención a los valores fuera de estos rangos.

En Nicaragua los límites están definidos por la norma retie entre +10% y -10% de la tensión nominal. [3], [4],[5], [6],[7] y [8]

**Tabla 1: Tolerancia para las Tensiones de acuerdo a la Norma ANSI**

<b>VALOR NOMINAL</b>	<b>RANGO DESEABLE</b>	<b>RANGO ACEPTABLE</b>
120	126 - 114	127 - 110
208	218 - 197	220 - 191
240	252 - 228	254 - 220
277	291 - 263	293 - 254
480	504 - 456	508 - 440
2.400	2.525 - 2.340	2.540 - 2.280
4.160	4.370 - 4.050	4.400 - 3.950
4.800	5.040 - 4.680	5.080 - 4.560
13.800	14.490 - 13.460	14.520 - 13.110
34.500	36.230 - 33.640	36.510 - 32.780

**Fuente: Norma ANSI C84.1.**

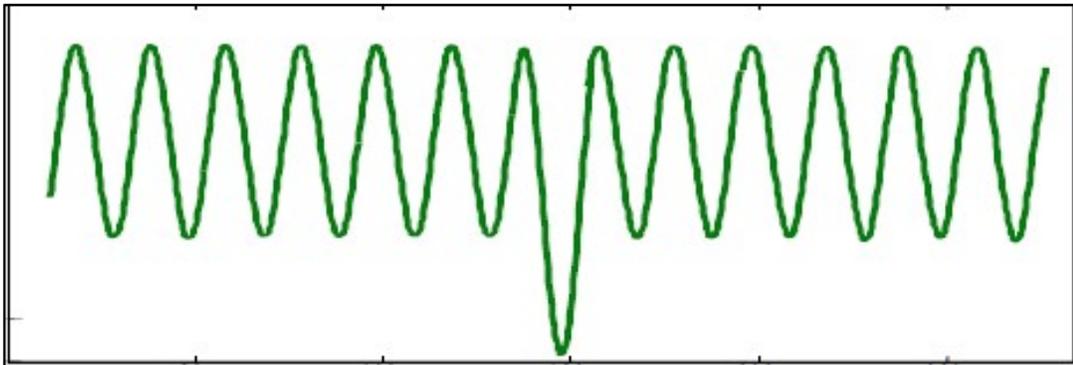
---

## Clasificación de las Variaciones de Tensión de Larga Duración

- a. **Sobretensión** es el incremento de la tensión a un nivel superior al 110% del valor nominal por una duración mayor de un minuto.

Las sobretensiones son usualmente el resultado de la desconexión de grandes cargas o debido a la conexión de bancos de capacitores. Generalmente se observa cuando el sistema es muy débil para mantener la regulación de la tensión o cuando el control de la tensión es inadecuado.

La incorrecta selección del TAP en los transformadores ocasiona sobretensión en el sistema. [3], [4],[5], [6],[7] y [8]



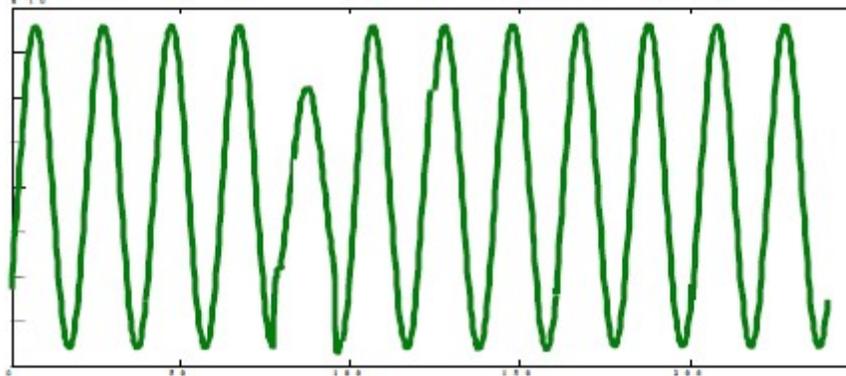
**Incremento repentino de la tensión de corta duración (menor a medio ciclo) y unidireccional.**

- b. Se entiende por **baja tensión** la reducción en el valor R.M.S. de la tensión a menos del 90% del valor nominal por una duración mayor de un minuto.

La conexión de una carga o la desconexión de un banco de capacitores pueden causar una baja tensión hasta que los equipos de regulación actúen correctamente para restablecerlo. Los circuitos sobrecargados pueden producir baja tensión en los terminales de la carga. [3], [4],[5], [6],[7] y [8]

---

La sobretensión y la baja tensión generalmente no se deben a fallas en el sistema. Estas son causadas comúnmente por variaciones de la carga u operaciones de conexión y desconexión. Estas variaciones se registran cuando se monitorea el valor R.M.S. de la tensión contra el tiempo.



**Decremento repentino de la tensión de corta duración (menor a medio ciclo) y unidireccional**

- c. Se considera una **interrupción sostenida** cuando la ausencia de tensión se manifiesta por un período superior a un minuto. Este tipo de interrupciones frecuentemente son permanentes y requieren la intervención del hombre para restablecer el sistema. [3], [4],[5], [6],[7] y [8]

### **5.3.4 Desequilibrio de tensiones**

El desequilibrio de Tensiones en un sistema eléctrico ocurre cuando las tensiones entre las tres líneas no son iguales y puede ser definido como la desviación máxima respecto al valor promedio de las tensiones de línea, dividida entre el promedio de las tensiones de línea, expresado en porcentaje.

El desbalance también puede ser definido usando componentes simétricas como la relación de la componente de secuencia cero o la componente de secuencia negativa entre la componente de secuencia positiva, expresada en porcentaje. [3], [4],[5], [6],[7] y [8].

---

Las fuentes más comunes del desequilibrio de tensiones son las cargas monofásicas conectadas en circuitos trifásicos, los transformadores conectados en delta abierto, fallas de aislamiento en conductores no detectadas.

Se recomienda que el desequilibrio de tensiones sea menor al 2%.

**Magnitud del desbalance:**

La máxima desviación de la magnitud de tensión de cada una de las tres fases con respecto a la magnitud promedio del sistema trifásico, dividida por la magnitud promedio.

**Ángulo de fase del desbalance:**

La máxima desviación de la diferencia de ángulos de fases entre las tres tensiones del sistema, dividida entre  $2\pi/3$  radianes.

**Relación de desbalance de secuencia negativa:**

Es la relación entre las tensiones de la secuencia negativa y la secuencia positiva, multiplicada por 100%.

**Relación de desbalance de secuencia cero:**

Es la relación entre las tensiones de la secuencia cero y la secuencia positiva, multiplicada por 100%.

---

### 5.3.5 Distorsión de la forma de onda

La distorsión de la forma de onda es una desviación estable del comportamiento idealmente sinusoidal de la tensión o la corriente a la frecuencia fundamental del sistema de potencia. Se caracteriza, principalmente, por el contenido espectral de la desviación.

Existen cinco formas primarias de distorsión de la forma de onda:

- Corrimiento DC
- Armónicos
- Interarmónicos
- Hendiduras
- Ruido

#### a) **Corriente DC**

La presencia de una tensión o corriente directa (DC) en un sistema de corriente alterna (AC) de potencia se denomina corrimiento DC (DC offset). Esto puede ocurrir debido al efecto de la rectificación de media onda, extensores de vida o controladores de luces incandescentes. Este tipo de controlador, por ejemplo, puede consistir en diodos que reducen el valor R.M.S. de la tensión de alimentación por rectificación de media onda.

#### **Efectos de la presencia de DC en redes de AC:**

La corriente directa en redes de corriente alterna produce efectos perjudiciales al polarizar los núcleos de los transformadores de forma que se saturan en operación normal causando el calentamiento y la pérdida de vida útil en estos equipos.

La corriente directa es una causa potencial del aumento de la corrosión en los electrodos de puesta a tierra y en otros conductores y conectores. [3], [4],[5], [6],[7] y [8]

---

## b) Armónicos

Los armónicos son tensiones o corrientes sinusoidales cuya frecuencia es un múltiplo integral de la frecuencia fundamental del sistema la cual, para el caso de nuestro país es 60 Hz.

Las formas de onda distorsionadas son descompuestas, de acuerdo con Fourier, en la suma de una componente fundamental más las componentes armónicas. La distorsión armónica se origina, fundamentalmente, por la característica no lineal de las cargas en los sistemas de potencia.

El nivel de distorsión armónica se describe por el espectro total armónico mediante las magnitudes y el ángulo de fase de cada componente individual. Es común, además, utilizar un criterio denominado distorsión total armónica (THD) como una medida de la distorsión. [3], [4],[5], [6],[7] y [8]

Dentro de los efectos nocivos que presentan los armónicos, se pueden citar los siguientes:

- Pueden causar errores adicionales en las lecturas de los medidores de electricidad, tipo disco de inducción.
- Las fuerzas electrodinámicas producidas por las corrientes instantáneas, asociadas con las diferentes corrientes armónicas, causan vibraciones y ruido acústico en transformadores, reactores y máquinas rotativas.
- Son la causa de interferencias en las comunicaciones y en los circuitos de control.
- Provocan la disminución del factor de potencia.
- Están asociados con el calentamiento de condensadores.
- Pueden provocar ferresonancia.
- Provocan calentamiento adicional debido al incremento de las pérdidas en transformadores y máquinas.
- Al incrementarse la corriente debido a los armónicos, se aumentan el calentamiento y de las pérdidas en los cables. Como caso específico, se puede mencionar la presencia de mayor corriente en los neutros de los sistemas de baja tensión.

- 
- Causan sobrecargas en transformadores, máquinas y cables de los sistemas eléctricos.
  - Los armónicos de tensión pueden provocar disturbios en los sistemas electrónicos. Por ejemplo, afectan el normal desempeño de los tiristores.

### **c) Interarmónicos**

Se llaman Interarmónicos a las tensiones o corrientes con componentes de frecuencia que no son múltiplos enteros de la frecuencia a la cual trabaja el sistema.

Los Interarmónicos se pueden encontrar en redes de todas las clases de tensiones. Las principales fuentes de Interarmónicos son los convertidores estáticos de frecuencia, los ciclos convertidores, los motores asincrónicos y los dispositivos de arco.

Efectos de calentamientos, similares a los producidos por los armónicos, son causados por los Interarmónicos. Debido a que los Interarmónicos son fuentes de son fuentes de las fluctuaciones de tensión, se presenta alto riesgo de la generación de flicker.

La mitigación de los efectos de los Interarmónicos se realiza con base en filtros pasivos

### **d) Muecas de Tensión (Notching)**

Conocidas también como hendiduras, las muecas son perturbaciones periódicas en la forma de onda de tensión, causadas por la operación normal de los dispositivos de electrónica de potencia, cuando la corriente es conmutada de una fase a otra.

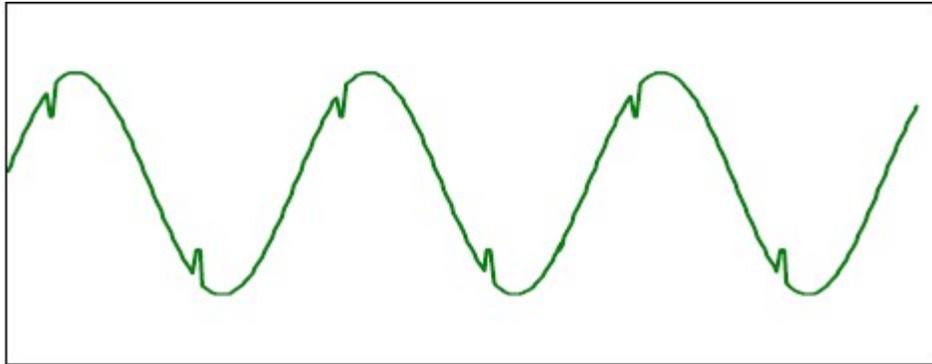
Como ocurren continuamente, son caracterizadas por el espectro armónico de la tensión afectada.

Generalmente son tratadas como un caso especial ya que los componentes de frecuencia asociados a ellas pueden ser tan altos que no son fácilmente detectados por los equipos de medición normalmente utilizados para el análisis armónico.

Las muecas de tensión causan fallas en las CPU, impresoras láser y mal funcionamiento de algunos equipos electrónicos. [3], [4],[5], [6],[7] y [8]

---

La eliminación de las muescas de tensión implica el aislamiento, de los equipos sensibles, de la fuente que las está produciendo. La inserción de inserción de reactancias inductivas también puede servir como solución, para mitigar el efecto de las muescas.



#### e) Ruido

El ruido es una señal eléctrica indeseable con un contenido espectral inferior a 200 kHz superpuesto a la tensión o a la corriente del sistema en los conductores de las fases o en los conductores neutros o líneas de señales.

### 5.3.6 Fluctuaciones de tensión

Las fluctuaciones de tensión son variaciones sistemáticas de la envolvente de la tensión o una serie de cambios aleatorios de la tensión cuya magnitud no excede normalmente los rangos de tensión especificados por la norma ANSI C84.1.

Las cargas que muestran variaciones rápidas y continuas de la magnitud de la corriente pueden causar variaciones de tensión que son frecuentemente denominadas “flicker”. El término flicker se deriva del impacto de las fluctuaciones de tensión en las lámparas al ser percibidas por el ojo humano como titilaciones.

Una de las causas más comunes de las fluctuaciones de tensión en los sistemas de transmisión y distribución son los hornos de arco. En otros sistemas más débiles las fluctuaciones se pueden deber a la presencia de equipos de soldadura por arco y cargas similares. [3], [4],[5], [6],[7] y [8]

---

La señal de flicker se define por su magnitud R.M.S. expresada como por ciento de la tensión nominal.

Típicamente magnitudes tan bajas como 0,5% de la tensión del sistema pueden producir un titileo perceptible en las lámparas si la frecuencia está en el rango de 6 a 8 Hz. El flicker de tensión se mide con respecto a la sensibilidad del ojo humano.

### **5.3.7 Variaciones de frecuencia en el sistema de potencia**

La variación de frecuencia es la desviación de la frecuencia fundamental del sistema de su valor nominal especificado (60 Hz en el caso de Nicaragua).

La frecuencia está directamente relacionada con la velocidad de rotación de los generadores que componen el sistema. Normalmente existen ligeras variaciones de frecuencia debido a la fluctuación del balance entre la generación y la demanda de potencia de un sistema. [3], [4],[5], [6],[7] y [8]

---

## 5.4 Definición de Data Center

Se denomina Data Center a aquella ubicación donde se concentran todos los recursos necesarios para el procesamiento de la información de una organización. Dichos recursos consisten esencialmente en unas dependencias debidamente acondicionadas, computadoras y redes de comunicaciones.

“Un edificio o porción de un edificio cuya función principal es albergar un cuarto de cómputo y sus áreas de soporte.” Fuente: *TIA/EIA-942 2.2 Definición de Términos*.

Un Data Center es el conjunto de recursos físicos, lógicos y humanos necesarios para la organización, realización y control de las actividades informáticas de una empresa <sup>1</sup>.

### 5.4.1 Tipos de Centros de datos

- Corporativo (“corporate”) e institucional, sirve a un cliente único y se mantienen dentro de la corporación.
- Alojamiento (“housing”) o internet, sirve a múltiples clientes, con elementos, proveedores y requerimientos diversos.

### 5.4.2 Infraestructura soporte de un Data Center se divide en cuatro subsistemas:

- Telecomunicaciones
- Arquitectura
- Sistema eléctrico
- Sistema mecánico

<sup>1</sup> Centro de Procesamiento de Datos (s.f). Extraído el 12 de septiembre del 2021 desde <http://www.monografias.com/trabajos7/ceproc/ceproc.shtml>

Dentro de cada subsistema el estándar desarrolla una serie de ítems como los de la siguiente figura:

Telecomunicaciones	Arquitectura	Eléctrica	Mecánica
<b>Cableado de rack</b>	Selección del sitio	Cantidad de accesos	Sistema de climatización
<b>Accesos redundantes</b>	Tipos de construcción	Puntos únicos de falla	Presión positiva
<b>Cuarto de entrada</b>	Protección ignífuga	Cargas críticas	Cañerías y drenajes
<b>Área de distribución</b>	Requerimientos NFPA 75	Redundancia de UPS	Chillers
<b>Backbone</b>	Barrera de vapor	Topología de UPS	CRAC's y condensadores

Telecomunicaciones	Arquitectura	Eléctrica	Mecánica
<b>Cableado horizontal</b>	Techos y pisos	PDU's	Control de HVAC
<b>Elementos activos redundantes</b>	Área de oficinas	Puesta a tierra	Detección de incendio
<b>Alimentación redundante</b>	NOC	EPO (Emergency Power OFF)	Sprinklers
<b>Patch panels</b>	Sala de UPS y baterías	Baterías	Extinción por agente limpio (NFPA 2001)
<b>Patch cords</b>	Sala de generador	Monitoreo	Detección por aspiración (ASD)
<b>Documentación</b>	Control de accesos	Generadores	Detección de líquidos
	CCTV	Transfer switch	

Figura 3: Ítems de data center Fuente TIA 942

---

### 5.4.3 Subsistema Eléctrico

Energía La electricidad es la parte vital de un Data Center. Un corte de energía de apenas una fracción de segundo es suficiente para ocasionar una falla en el servidor.

Para satisfacer los exigentes requerimientos de disponibilidad de servicio, los Data Center hacen todo lo posible para garantizar un suministro de energía confiable.

#### Requerimientos de Suministro Eléctrico

- Alimentación de energía de la empresa de servicio.
- **Reguladores:** Suministran voltaje estable a los equipos
- **UPS** (Sistema no interrumpible de potencia): Suministran energía eléctrica constante al equipo, soportados por un banco de baterías con una duración nominal de X minutos.
- **Planta Eléctrica:** Generador electromecánico de energía, trabaja en base a algún combustible, su tiempo de respuesta es de segundos. Pueden funcionar en períodos prolongados de tiempo.
- **Tierra Física:** Instalación eléctrica que permite absorber descargas eléctricas, conformada por 1 varilla de cobre de 3 mts. enterrada bajo el nivel del suelo y de preferencia en un lugar con humedad, complementada con sales y carbón para mejorar asimilación de descargas <sup>2</sup>.

### 5.4.4 Eficiencia energética

El sistema de suministro de energía eléctrica está formado por el conjunto de medios y elementos útiles para la generación, el transporte y la distribución de la energía eléctrica. Este conjunto está dotado de mecanismos de control, seguridad y protección.

Garantizar la continuidad operativa en un Data Center y evitar pérdidas de información e improductivos paros laborales por interrupciones o fallas del suministro de energía, es un tema de vital importancia que requiere la atención proactiva de cualquier empresa u organización.

<sup>2</sup> Administración de recursos de computo (s.f). Extraído el 12 de septiembre del 2021 desde [http://antiguo.itson.mx/dii/jgaxiola/admon\\_tecnologia/capitulo2.html](http://antiguo.itson.mx/dii/jgaxiola/admon_tecnologia/capitulo2.html)

---

Un Data Center debe contar con suministro de energía de emergencia, mediante la utilización de sistemas de generadores diesel, configuración redundante y UPS, que aseguran la provisión de energía ante cualquier eventualidad. Utilizando múltiples fuentes de energía, todos ellos redundantes, un Data Center debe tomar las acciones necesarias para garantizar la ininterrupción del suministro de energía para cada servidor albergado.

#### UPS-Uninterruptible Power Supply

Un Data Center cuenta con equipos UPS de suministro ininterrumpido de energía eléctrica adecuados para soportar el nivel de carga instalado y con suficiente espacio para futuro crecimiento.

Estos proveen electricidad ininterrumpida a los servidores, computadores y equipamiento instalados en el Data Center, ya que su conexión en línea y sus bancos de baterías jamás dejan de alimentar a los servidores y equipamiento en general, a pesar de cualquier contingencia en el suministro por parte de la compañía de luz.

---

## VI. Análisis y presentación de Resultados

La presente investigación estuvo enmarcada dentro del paradigma crítico propositivo por lo tanto tendrá un enfoque cuali-cuantitativo porque se realizó una investigación de todas las causas y factores referentes al sistema eléctrico del “Data Center aplicando normas y estándares internacionales.

El método utilizado, en general, consistió en realizar una evaluación general de todo el sistema. A través de inspecciones visuales (oculares) de las condiciones de los equipos eléctricos (o cuartos eléctricos) y de las instalaciones. Se realizaron mediciones de parámetros eléctricos en el suministro de la red al centro de datos y en el sistema de respaldo tomando como referencia algunos criterios del NFPA 70A: **National Electric Code 2017** con objetivos de identificar área o puntos de riesgos a la seguridad de las instalaciones, los equipos eléctricos y las personas

Antes, y durante la ejecución de los trabajos de remoción de cubiertas o tapas de equipos eléctricos, fueron implementados los procedimientos de operación seguro (basados en comportamientos) de las áreas y equipos a evaluar.

### 6.1 Ubicación del área

El trabajo se llevó a cabo en el centro de datos de la PGR ubicado en costado sur del restaurante los Ranchos Montoya, Managua.



Figura 4: Ubicación del centro de datos

---

## 6.2 Medición de energía

### 6.2.1 Suministro eléctrico



El suministro eléctrico del centro de datos proviene de un panel de distribución donde se alimentan las principales cargas del edificio, contamos con una acometida de 5 líneas (3fases+N+T), calibre de conductores 4AWG, 208/120 VAC con longitud de 30m aproximadamente canalizada en tubería rígida EMT, la capacidad del interruptor principal es de 3x100Amp.

Figura 5: Panel de distribución del centro de datos

### 6.2.2 Parametrización de analizador de energía FLUKE 438-II

Parametrización general del equipo:

- Topología de medición 3Ø EN ESTRELLA
- Modo de aplicación Registrador
- Intervalo de grabación 0h 0m 1s 0mseg
- Tensión nominal 120V
- Corriente nominal 300A
- Frecuencia nominal 60Hz
- Tipo de pinzas amperimétricas i430TF
- Rango de pinza N/D
- Rango nominal 300 A

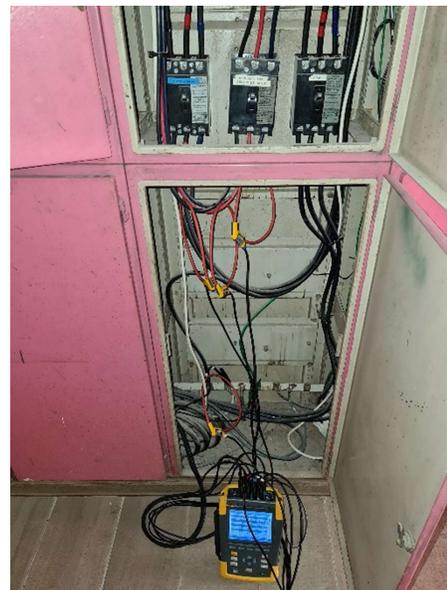


Figura 6: Medición en Panel de distribución

Este equipo recolecta información por 3 días en el sitio.

## Los parámetros eléctricos que se tomaron fueron:

- Voltajes: (Fase y Línea) Volt L1-N, L2-N, L3-N, Volt L1-2, Volt L2-3, Volt L3-1 incluyendo Voltajes pico
- Amperajes: L1, L2, L3 y N incluyendo amperajes picos
- Potencia kW, kVA
- Frecuencia, Factor de Potencia, % Desbalance
- Energía: kW/h, Tasa de distorsión armónica THD de Voltaje y Corriente

### 6.2.3 Resumen de medición en acometida principal

- Duración 0d 1h 50m 14s 0mseg
- Primera medida 2/10/2021 10:58:51 122mseg
- Ultima medida 2/10/2021 12:49:04 122mseg

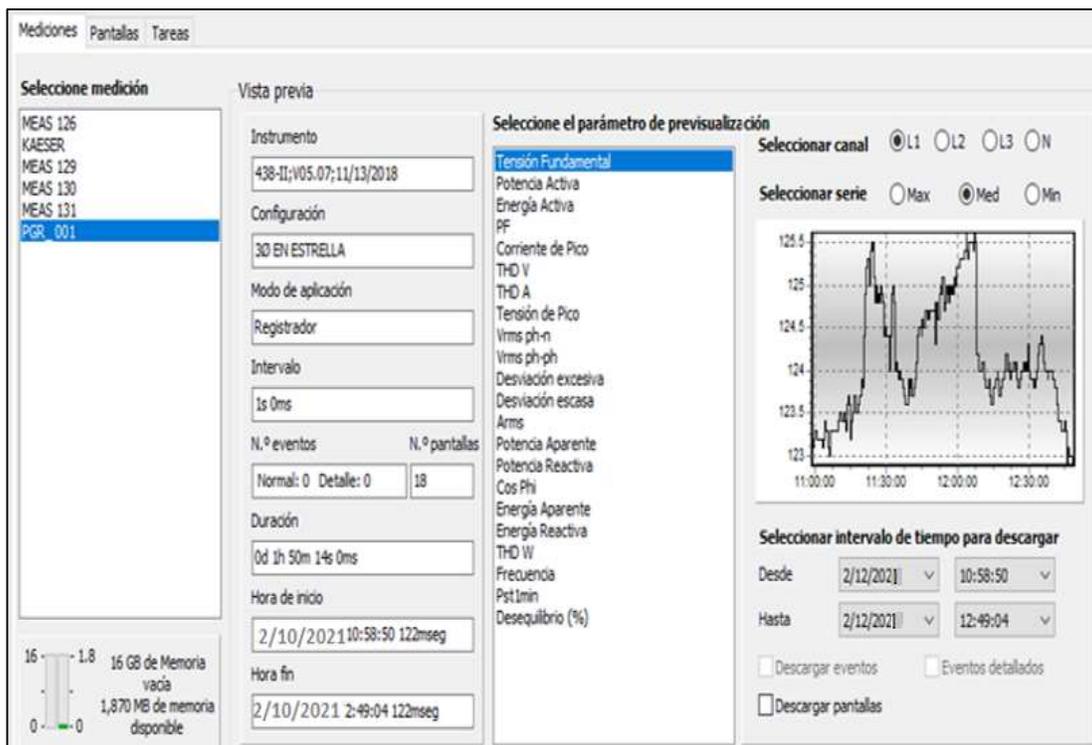


Figura 7: Medición en intervalos de tiempo con el fluke 438 II

Los límites de tolerancia para la medición fueron ajustados en base a la norma UNE-EN50160. Se verificó la correcta conexión del equipo analizando el diagrama fasorial en tiempo real.

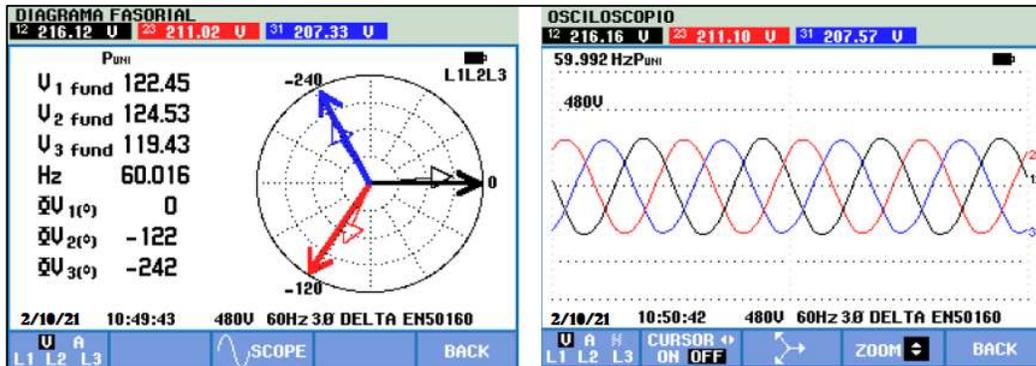


Figura 8: Conexión del fluke 438 II

En las imágenes podemos observar el consumo del centro de datos al inicio de la medición (15Amp en promedio).

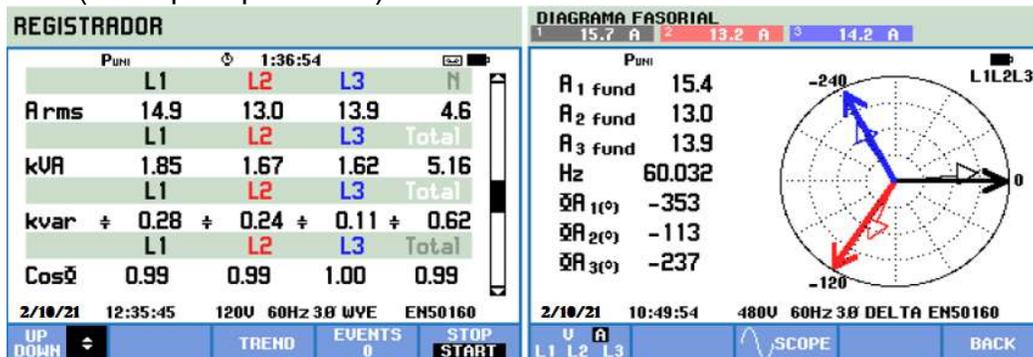


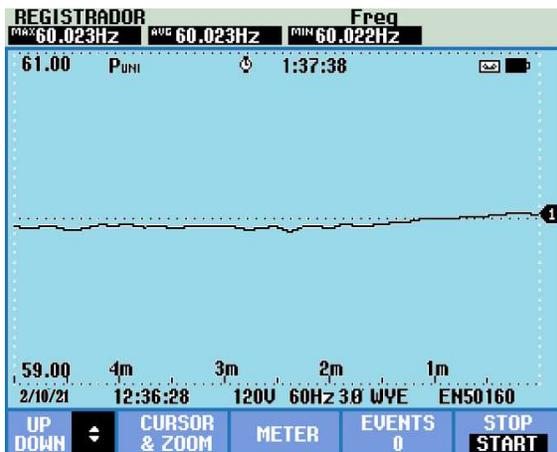
Figura 9: Medición de la corriente con el fluke 438 II

Observamos un balance de cargas bastante estable con un factor de potencia de 0.99, esto se debe a que las únicas cargas conectadas a la acometida del centro de datos son 2UPS trifásicas.



Figura 10: Medición del factor de potencia con el fluke 438 II

La frecuencia del suministro eléctrico permanece estable a 1 hora y 38min de medición registramos valores mínimos de 60.022Hz y máximos de 60.023Hz



En el reporte del software PowerLog V-2 no se registraron eventos esto se debe a los valores medidos no excedieron los limites durante la medición.

Figura 11: Medición del factor de potencia con el fluke 438 II

## 6.2.4 Gráficas de los parámetros eléctricos medidos

- Voltajes

### Medición de los voltajes de fase

En la gráfica se muestra el perfil del voltaje máximo en un período de 24 horas. El comportamiento del voltaje promedio es de 123.13 Volts, valor que se encuentra 2.6 % arriba del valor nominal de 120 Volts de la red, La ventana de variación presenta un máximo de 128.94 Volts (7.45% arriba del valor nominal). Los valores máximos se presentaron de manera instantánea.

Sin embargo, el valor promedio se encuentra DENTRO del rango recomendado por el NEC y el estándar IEEE 1100-1999 tabla 4-3 (variación no mayor al 5% del valor nominal). Mientras que el voltaje de fase en L2 se encuentra fuera de los valores recomendado.

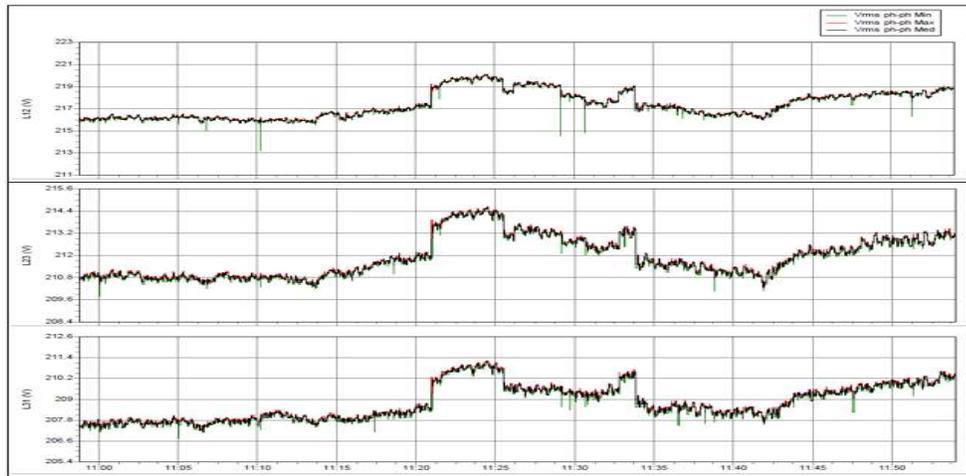


---

## Medición del voltaje de línea

En la gráfica se muestra el perfil del voltaje máximo en un período de 24 horas. El comportamiento del voltaje promedio es de **211.61 Volts**, valor que se encuentra 0.038 % abajo del valor nominal de **220 Volts** de la red, La ventana de variación presenta un máximo de **216.16 Volts** (1.74% abajo del valor nominal). Los valores máximos se presentaron de manera instantánea.

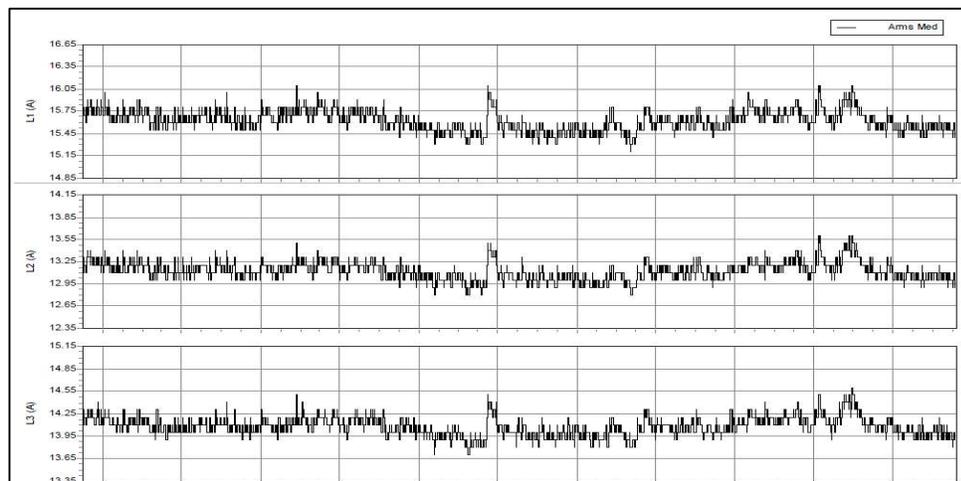
Sin embargo, estos valores se encuentran DENTRO del rango recomendado por el NEC y el estándar IEEE 1100-1999 tabla 4-3 (variación no mayor al 5% del valor nominal).



- **Corrientes**

## Medición de corrientes por fase

En la gráfica se muestra el perfil de corriente en un período de 24 horas. El valor de corriente promedio durante el período normal de operación fue de 13.93 Amp., registrando un valor máximo en corriente de 14.9 Amp. En el período completo de monitoreo se registró una corriente mínima de 13 Amp.

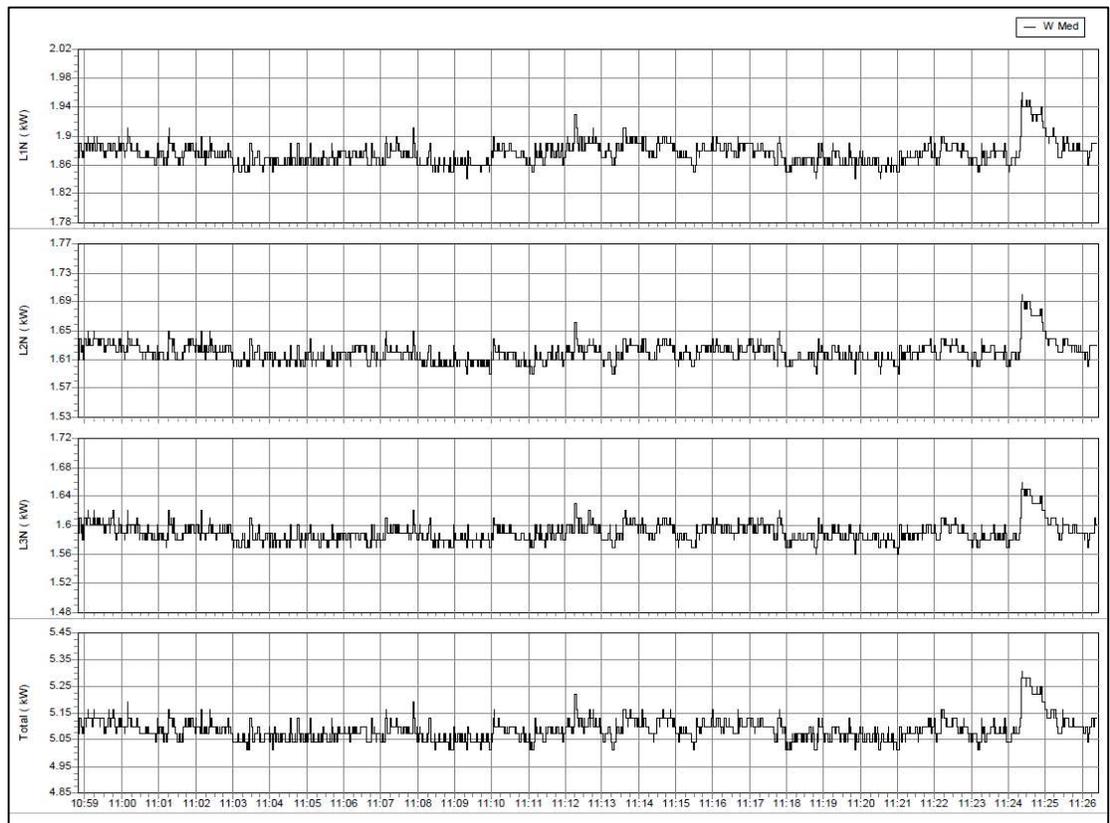


---

- **Potencia**

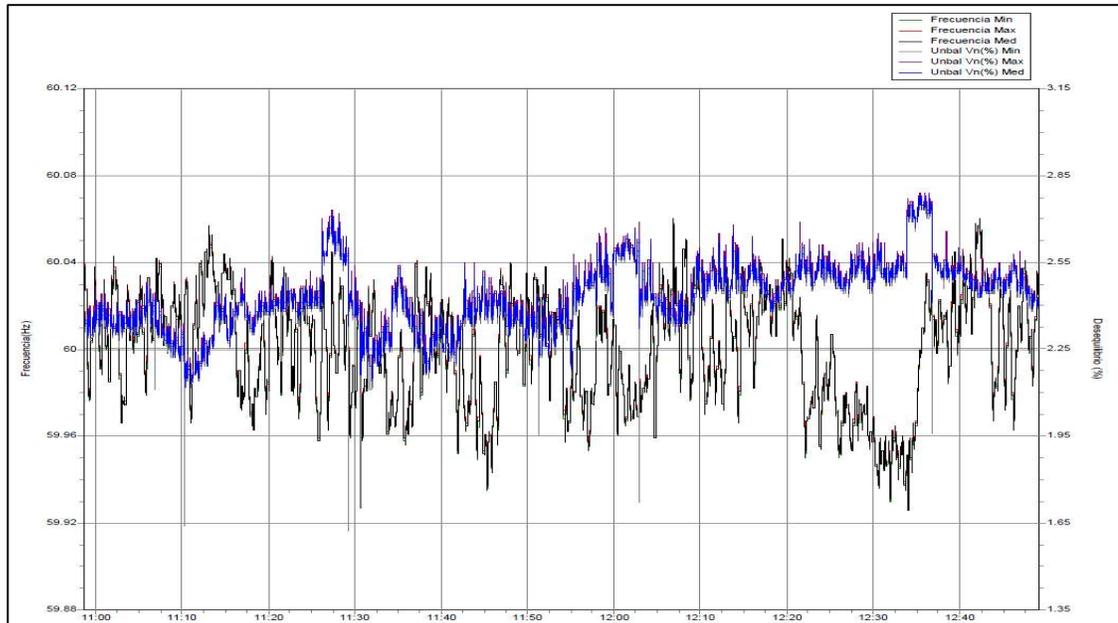
Grafica de medición de potencia

En la gráfica se puede observar la demanda de potencia aparente en kVA durante el período de monitoreo de 24 hrs. El valor de potencia aparente promedio durante el **período de operación normal** fue de **1.65 kW**, registrando un valor máximo de **1.78 kwh**. En el **ciclo completo de operación** se registró una potencia mínima de **1.57 kw**.



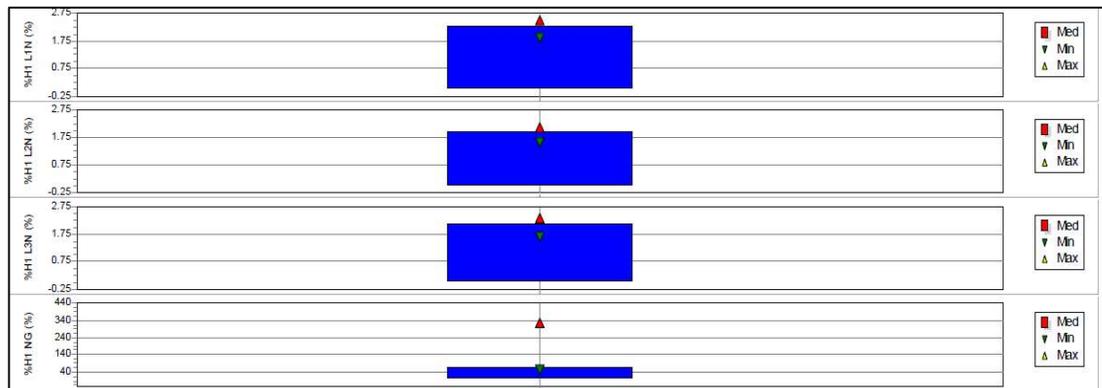
- **Frecuencia**

La frecuencia del suministro eléctrico permanece estable a 1 hora y 38min de medición registramos valores mínimos de 60.022Hz y máximos de 60.023Hz



- **Armónicos**

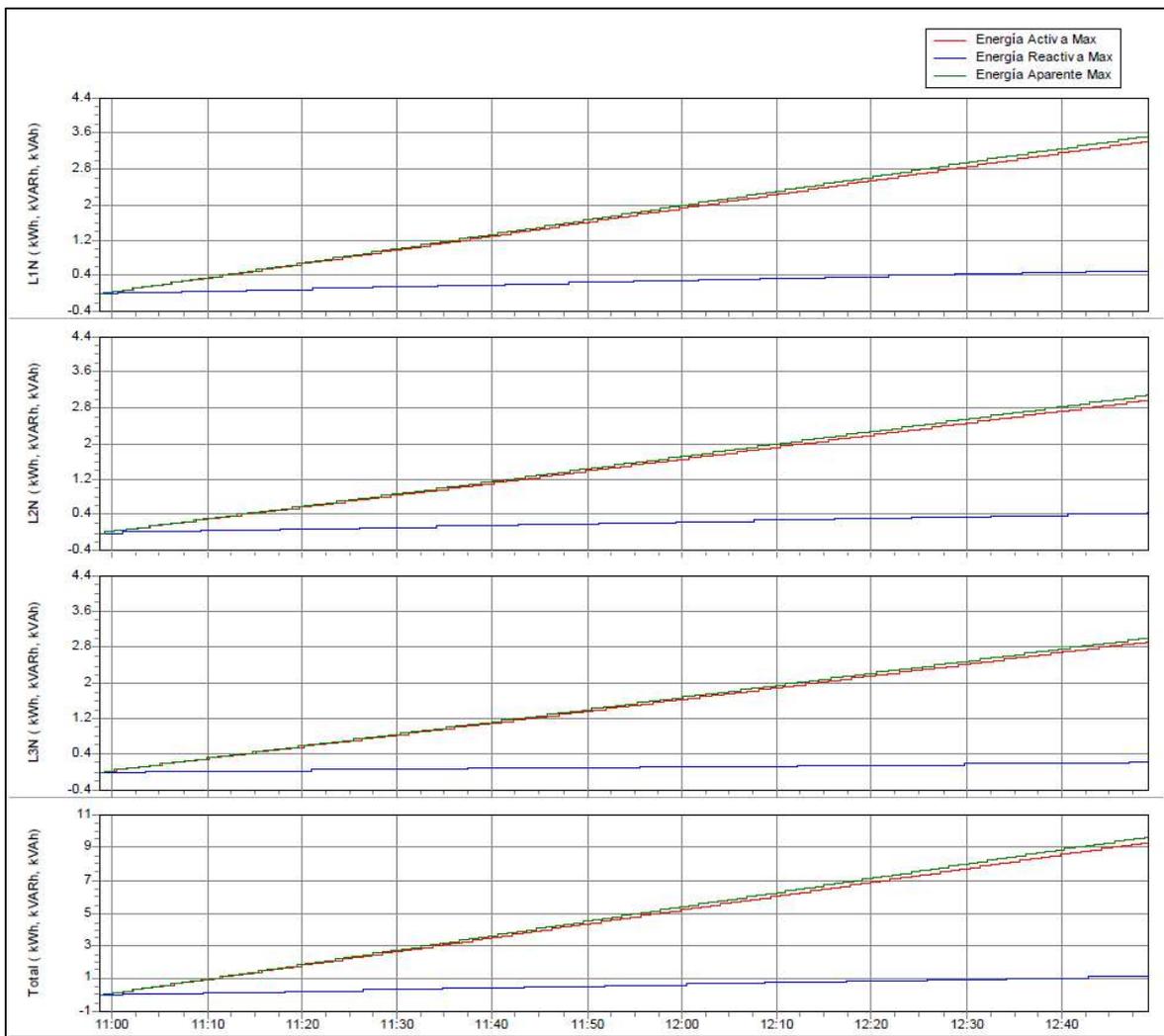
En la gráfica se muestra el perfil de distorsión armónica en corriente (THDi) en un período de 24 hrs. Se registró un porcentaje máximo de **1.91%** y un valor promedio de **1.8%**, lo cual se encuentra **dentro** del porcentaje recomendado por el STD.IEEE 519-1992.



- **Energía en KWh-KVARh y KVAh**

Comportamiento del consumo de las 3 potencias medidas (Activa, Reactiva y Aparente)

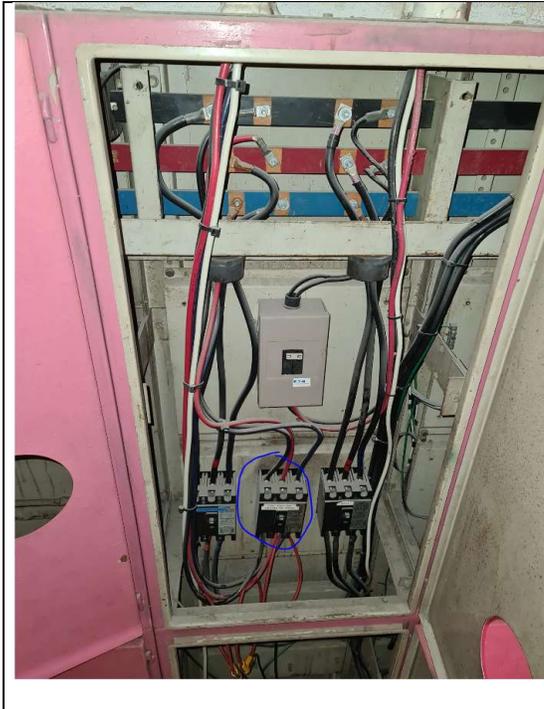
En la gráfica se puede observar la demanda 3 (Activa, Reactiva y Aparente) durante el período de monitoreo de 24 hrs. El valor de potencia KWh promedio durante el **período de operación normal** fue de (L13.09) kwh, el valor registrando en (L2) **2.6 kwh** y en valor en (L3) **2.55 kwh**.



## 6.2.5 Análisis e Inspección de sistema eléctrico y hallazgos

### a) Acometida e interruptor principal

IMAGEN	HALLAZGOS
	<p><b>1. PANEL DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL</b></p> <p>Puertas de acceso a interruptores en mal estado</p> <p>Falta de sellos en aberturas de las puertas y en entradas de cables permitiendo ingreso de polvo.</p>
	<p><b>2. SECCIONADOR PANEL PRINCIPAL</b></p> <p>Se observa falta de mantenimiento a seccionador principal</p> <p>Falta de rotulación para la identificación del cableado</p> <p>No hay diagrama unifilar de la instalación</p>
	<p><b>3. BARRA TRIFÁSICA PANEL PRINCIPAL</b></p> <p>Se observa falta de mantenimiento a barra principal, bastante presencia de polvo</p>



#### 4. INTERRUPTOR ALIMENTACIÓN AL CENTRO DE DATOS

La capacidad del Interruptor es de 3x100Amp

Acometida de 5 líneas (3fases+N+T), calibre de conductores 4AWG, 208/120 VAC con longitud de 30m aproximadamente canalizada en tubería rígida EMT.

Cables de acometida mantienen el mismo código de colores, pero no están rotulados.

#### b) Transferencia Manual y Automática

IMAGEN	HALLAZGOS
A photograph of a black, rectangular manual transfer switch (ATS) mounted on a wall. The brand name "TRIPP-LITE" is visible at the top. Below the brand name, there are three switches labeled "SW1", "SW2", and "SW3". A "DANGER" warning label is prominently displayed in the center. At the bottom, there are several technical labels and diagrams, including a wiring diagram and a safety instruction sheet. The device is connected to two large metal conduits at the top and bottom.	<p><b>1. TRANSFERENCIA MANUAL ALIMENTACIÓN DE UPS</b></p> <p>Para la alimentación de las UPS se cuenta con una transferencia manual Marca Tripp.Lite modelo SUT20KMBP para cuando se necesite aplicar mantenimiento a estas</p> <p>No se cuenta con instructivo para la manipulación de la transferencia ni diagrama de conexiones de esta.</p>



## **2. TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA PARA CARGAS DE UPS**

Se cuenta con una transferencia automática que se encarga de conectar la UPS de respaldo cuando la que esta en línea entra en falla

También de esta transferencia no se cuenta con instructivo para la manipulación ni diagrama de conexiones de esta.



## **3. TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA**

El panel no cuenta con diagrama eléctrico de conexiones, los componentes internos no están rotulados, ni los selectores ubicados en la puerta para la operación de esta.

c) Panel de distribución y UPS

IMAGEN	HALLAZGOS
 A black Tripp Lite SUT20K UPS unit is shown in a room. It is a tall, vertical cabinet with a digital display on the front. A smaller, silver-colored component is placed on top of the unit. The unit is on a tiled floor.	<p><b>1. UPS TRIPP. LITE 20KVA</b></p> <p>UPS marca TRIPP. LITE de 20KVA, 208VAC 3 Fases + Neutro</p> <p>Modelo SUT20K</p> <p>Equipo moderno en óptimas condiciones</p>
 A black ABLEREX AB-TAUR30KV UPS unit is shown in a room. It is a tall, vertical cabinet with a digital display on the front. The unit is on a tiled floor.	<p><b>2. UPS ABLEREX 30KVA</b></p> <p>UPS marca ABLEREX de 30KVA, 208/120VAC 3 Fases + Neutro</p> <p>Modelo AB-TAUR30KV</p> <p>Equipo moderno en óptimas condiciones</p>



### 3. PANEL DE UPS ABLEREX

Los breakers se encuentran enumerados, pero no hay tabla que describa que alimenta cada circuito



### 4. PANEL DE UPS ABLEREX

Panel se observa en muy buenas condiciones, el cableado esta ordenado cuenta con sus respectivas barras de neutro y tierra.

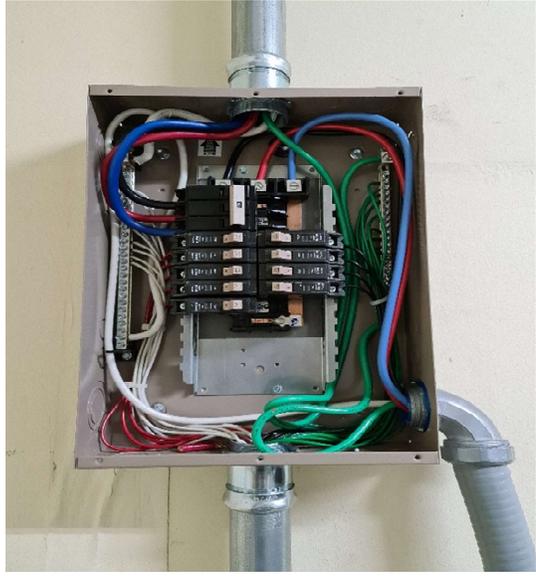
Los conductores por fase respetan el código de colores utilizado desde el panel principal



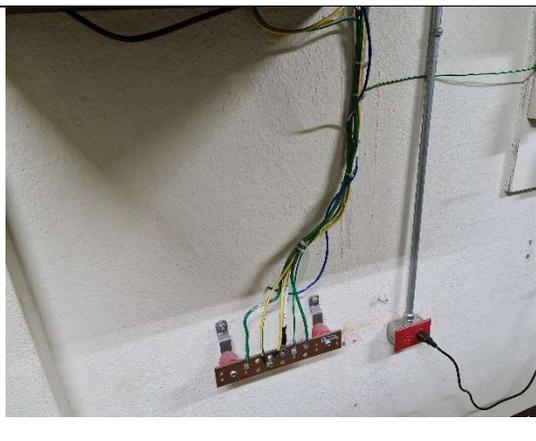
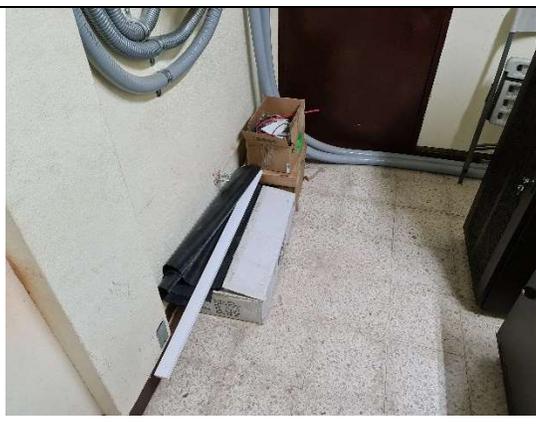
### 5. PANEL DE UPS TRIPP. LITE

Los breakers se encuentran enumerados, pero no hay tabla que describa que alimenta cada circuito

Falta de tapa en espacio vacío.

	<p><b>6. PANEL DE UPS TRIPP. LITE</b></p> <p>Misma observación que el pto4</p>
---	--

**d) Hallazgos generales**

IMAGEN	HALLAZGOS
	<p><b>1. BARRA DE TIERRA CUARTO UPS</b></p> <p>Barra de tierra ubicado en el centro de datos no cuenta con aterrizamiento físico a la malla de tierra del edificio</p> <p>Falta de canalización adecuada para el cableado conectado a la barra</p> <p>Las terminales de ojo utilizado se recomiendan utilizar de doble ojo</p>
	<p><b>2. CANALIZACIÓN DE ALIMENTACIÓN A UPS</b></p> <p>La canalización hacia las UPS esta en tubo flexible tirada en el piso obstaculizando el acceso de personas y expuesta a daño prematuro</p>



### 3. MATERIALES Y HERRAMIENTAS SIN USO

Se observa la presencia de herramientas, escaleras y equipos fuera de uso dentro del centro de datos obstaculizando el acceso del personal generando polvo y desorden del área



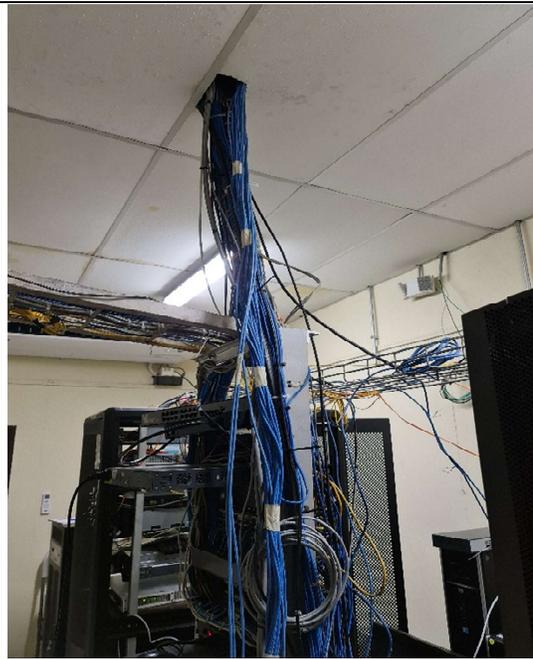
### 4. MATERIALES Y HERRAMIENTAS SIN USO

Misma observación que el pto3



### 5. RACKS, SERVIDORES Y CABLEADO DE RED

El cableado de los Racks y Servidores se observa desordenado y no cuenta con la canalización adecuada



#### **6. RACKS, SERVIDORES Y CABLEADO DE RED**

**Equipos mal soportados**

**Bandeja para cables de red mal instalada no cuenta con los soportes adecuados ni las bridas de unión entre segmentos.**



#### **7. RACKS, SERVIDORES Y CABLEADO DE RED**

**Rack en mal estado no cuenta con sus tapas laterales, equipos en su interior se observan mal soportados, cableado en general se aprecia desordenado.**



#### **8. RACKS, SERVIDORES Y CABLEADO DE RED**

**Cableado desordenado, equipos no cuentan con guarda de protección (case)**



#### **9. PRESENCIA DE FILTRACIÓN DE HUMEDAD EN CIELO FALSO**

En el cielo falso se observa filtración de agua y varias laminas en mal estado, la zona del techo con mayor riesgo de filtración de agua es arriba de un rack de pared ubicado al lazo izquierdo de la puerta de acceso



#### **10. SELLADO DE DUCTOS ELÉCTRICOS**

Se observa falta de sellado en partes donde la canalización eléctrica atraviesa el cielo falso permitiendo el acceso de polvo y roedores al centro de datos



### 11. SELLADO DE DUCTOS ELÉCTRICOS

Mismas recomendaciones que el pto10



### 12. ESPERA PARA EXTINTOR UBICADO DENTRO DEL CENTRO DE DATOS

No se cuenta con extintor dentro del centro de datos.



### 13. TOMACORRIENTES DE UPS

Se observan algunos tomacorrientes de respaldo de (UPS) en mal estado desprendidos de su base

No se observa rotulación de estos para saber a qué circuito derivado pertenecen



#### **14. TOMACORRIENTES DE UPS**

**Misma observación que el pto13**



#### **16. CABLES ELÉCTRICOS DE LAMPARA DE EMERGENCIA**

**Cables eléctricos fuera de servicio  
posiblemente de alimentación de lámpara de  
emergencia**

---

## VII. Conclusiones

El presente análisis de auditoría eléctrica en la PGR ha logrado cumplir con los alcances propuestos en el inicio del mismo. Debido a las diferentes mediciones de parámetros eléctricos y distorsiones en el sistema eléctrico fueron monitoreadas diferentes variables con el objetivo de recomendar mejoras en el sistema eléctrico, datos y para seguridad de las personas.

Un centro de datos o Data Center es un lugar acondicionado para albergar un buen número de servidores y equipos de comunicaciones acomodados en racks, con temperatura y humedad constante y altos niveles de seguridad

Otro aspecto muy importante es el sistema de puesta a tierra es muy importante en el diseño de una red ya que ayuda a maximizar el tiempo de vida de los equipos, además de proteger la vida del personal a pesar de que se trate de un sistema que maneja voltajes bajos. El estándar que describe el sistema de puesta a tierra para las redes de telecomunicaciones es ANSI/TIA/EIA-607.

Como resultados se logró realizar mediciones de los parámetros eléctricos de la red eléctrica del centro de datos con lecturas tomadas por equipos de medición como el analizador de red instalado en el área por un periodo de 3 días para posterior analizarlos los resultados.

Se logró incluir una serie de recomendaciones y hallazgos sobre el sistema eléctrico actual en base al NFPA 70B para que este sea mejorado y se acople a las normativas.

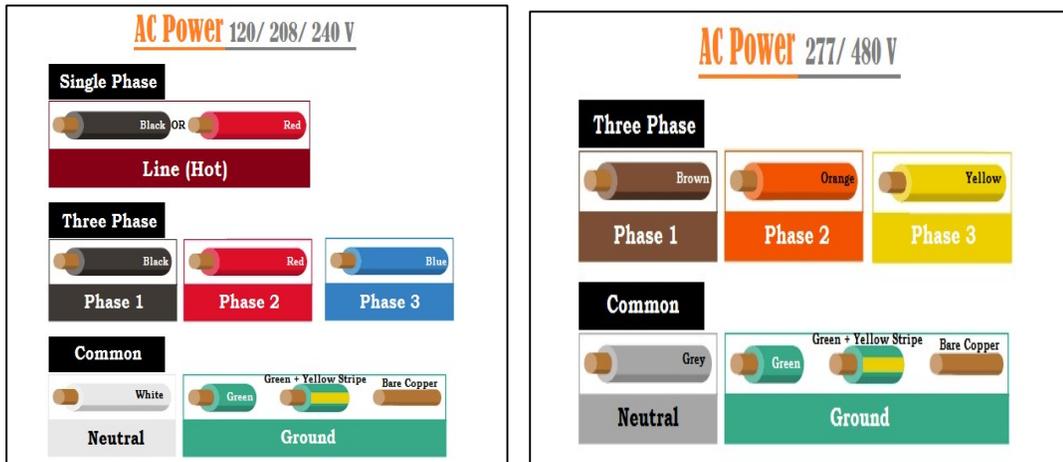
También se logró efectuar una evaluación física de todo el sistema eléctrico para identificar puntos vulnerables y de riesgo para los colaboradores.

**b. Codificación de conductores y tableros eléctricos**

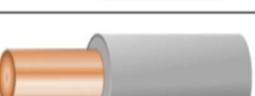
Uso de etiquetas emplastacados para identificación de distribución de circuitos derivados.



El NEC (código eléctrico americano) no exige uso de colores para distinguir los niveles o tipos de tensión en conductores eléctricos. Sin embargo, el uso de códigos colores estandarizados para identificación de sistemas voltajes se ha convertido en una práctica común en la industria.



## Códigos de colores según el NEC

<i>Function</i>	<i>Color Code (for 120//208/240 V)</i>	<i>Color Code (for 277/480 V)</i>
Three Phase Line (L1)		
Three Phase Line (L2)		
Three Phase Line (L3)		
Neutral (N)		
Protective Earth or Ground (PG)	 	
Single Phase Line		 (for 2 <sup>nd</sup> hot)

*North America AC Wire Colors*

---

**c. Pruebas y verificaciones recomendadas por NFPA 70B**

Verificación de torques (presiones) de apriete en los bornes, lugs, tornillos de toda conexión eléctrica para garantizar los torques recomendados por fabricantes de los equipos o componentes eléctricos, Se recomienda Usar torquímetros de uso industrial con su certificado de calibración vigente.



Verificación de status de valores dieléctricos (resistencia) de los aislamientos de conductores eléctricos, acorde a Recomendaciones de mantenimientos preventivos indicados en código NFPA 70B para determinar la “el estado” de los aislamientos en los materiales o equipos eléctricos.



Pruebas de Resistencias de Redes de Tierras para determinar estado del sistema de puesta a tierra (grounding) en los cuartos eléctricos o subestaciones principales, la red de tierra perimetrales y sistema de protección contra rayos:



---

## 6.2.6 Recomendaciones

### a. Infraestructura eléctrica

- ✓ Elaborar diagrama unifilar del panel principal y de las transferencias ubicadas dentro del centro de datos con el objetivo de evitar confusiones del personal al realizar maniobras de despeje de las UPS.
- ✓ Se recomienda elaborar plan de mantenimiento al panel principal de distribución de cargas del edificio que incluya: Limpieza general, apriete de la pernería, aislamiento de zócalos del panel y ductos del cableado, etc.
- ✓ Se recomienda realizar medición de tierra para validar el valor equipotencial del centro de datos, como se mencionó anteriormente observamos que la barra de tierra no cuenta con conexión directa a la malla de tierra del edificio.
- ✓ Rotular cargas en los paneles de distribución de las UPS.
- ✓ Se recomienda soportar en pared la canalización eléctrica de entrada y salida a las UPS, como se mencionó anteriormente se utilizó tubo flexible y quedó tirado por el piso, expuesto a que el personal se pise sobre él, que al meter un equipo nuevo puedan prensarlo y dañarlo.
- ✓ Actualizar bandeja para los cables de red incluyendo su correspondiente soporte.
- ✓ Ordenamiento general del cableado y de los equipos de red utilizando cintas de amarre plásticas, cintas de velcro, cinta en espiral, etc. para agrupar los cables de alimentación y de comunicación.
- ✓ Realizar limpieza general del área, desinstalación de equipos en desuso y retiro de materiales sobrantes.
- ✓ Colocar dentro del centro de datos extintor con tarjeta de recarga actualizada y rótulo de ubicación.

---

## VIII. Bibliografía

1. National Fire Protection Association. 2014. NFPA 70 Código Eléctrico Nacional, NEC 2014 en español. Estados Unidos, NFPA. [Internet] disponible: <http://www.nfpa.org/AboutTheCodes/AboutTheCodes.asp?DocNum=70&EditionID=238>
2. CPML. Guía de eficiencia energética. Nicaragua, 2012.
3. IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality (IEEE Std. 1159-1995). Institute of Electrical and Electronics Engineers. ISBN 1-55937-549-3. Estados Unidos, 1995.
4. Electrical Power Systems Quality. Roger C. Dugan, Mark F. Mc Granaghan, Surya Santoso, H. Wayne Beaty. Ed. Mc Graw -Hill. Estados Unidos, 1996.
5. Característica de la tensión suministrada por las redes generales de distribución (UNE-EN 50160). Ed. AENOR. España, 2001.
6. NEMA Standards Publication ANSI/NEMA MG 1-2003, "Motors and Generators ". National Electrical Manufacturers Association. Estados Unidos, 2004.
7. IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems (IEEE Std. 519-1992). Institute of Electrical and Electronics Engineers. ISBN 1-55937-239-7. Estados Unidos, 1993.
8. IEEE Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plant (IEEE Std. 141-1994). ISBN 1-55937-333-4. New York, USA, 1994.
9. Centro de Procesamiento de Datos (s.f). [Internet]. Disponible: <http://www.monografias.com/trabajos7/ceproc/ceproc.shtml>
10. Wildi. Maquinas eléctricas y sistemas de potencia. Sexta edición. PEARSON EDUCACION, Mexico, 2007.
11. Compendio de opciones de eficiencia energética, elaborado por CPmL- Managua, Nicaragua 2010.
12. Manual de procedimientos para el uso eficiente de la energía en la industria y el comercio. Comisión de energéticos México, 1977.
13. Investigación del Buró de eficiencia energética de la India. [http://beeindia.in/content.php?page=miscellaneous/useful\\_download.php](http://beeindia.in/content.php?page=miscellaneous/useful_download.php)