



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

**Protocolo Monográfico para optar al Título de
Ingeniero Eléctrico**

Título:

**“Estudio de parámetros eléctricos y sistema de puesta a tierra para la
detección de fallas en el sistema eléctrico del centro de distribución
Walmart”.**

Autores:

- **Br. Ronaldo Efrén Reyes Valerio 2015-0688u**
- **Br. Edwin Alfonso Ruiz Gutierrez 2004-20965**

Tutor:

Ing. Juan González Mena

Managua, noviembre 2021

NDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|----|
| I. Introducción | 1 |
| II. Antecedentes | 3 |
| III. Justificación | 4 |
| IV. Objetivos | 5 |
| 4.1. Objetivo General | 5 |
| 4.2. Objetivo Especifico | 5 |
| V. Marco Teórico | 6 |
| 5 Parámetros eléctricos | 6 |
| 5.1 Características de las ondas de tensión y corriente..... | 6 |
| 5.2 Fenómenos electromagnéticos..... | 6 |
| 5.3 Características típicas de los fenómenos electromagnéticos | 7 |
| 5.4 Variaciones de tensión de larga duración | 9 |
| 5.4.1 Clasificación de las Variaciones de Tensión de Larga Duración | 10 |
| 5.5 Desequilibrio de tensiones..... | 11 |
| 5.6 Distorsión de la forma de onda | 12 |
| 5.7 Fluctuaciones de tensión..... | 15 |
| 5.8 Variaciones de frecuencia en el sistema de potencia | 16 |
| 5.9 Definición de puesta a tierra | 16 |
| 5.10 Qué es un buen valor de resistencia de puesta a tierra..... | 16 |
| 6 conexión a tierra y la unión equipotencial..... | 17 |
| 6.1 Conexión a tierra | 17 |
| 6.2 Unión equipotencial..... | 17 |
| 6.3 Valores aceptables de resistencia a tierra. | 19 |
| VI. Metodología de Trabajo..... | 23 |
| VII. Desarrollo y análisis..... | 25 |
| A. Sistema de puesta a tierra..... | 25 |
| B. Parámetros eléctricos | 31 |
| B.1 Recomendación en base a resultado del estudio de parámetros eléctricos y armónicos | 35 |
| VIII. Conclusiones..... | 40 |
| IX. Bibliografía | 41 |
| X. Anexo..... | 42 |

I. Introducción

El centro de Distribución de Walmart se encuentra en el Kilómetro 22 carretera vieja León, Mateare, con sus segmentos de supermercados los cuales son: Maxi pali, Pali, La Unión y las Tiendas Walmart en Managua las cuales aseguran un gran crecimiento en el mercado. Actualmente CEDI utiliza las instalaciones de dicho parque industrial, donde se adecuo las instalaciones eléctricas para las líneas de distribución.

Por lo tanto, el presente estudio de parámetros eléctricos y sistema de puesta a tierra se realizará en la CEDI Walmart, ubicada en mateare con la finalidad de realizar un diagnóstico actual del sistema eléctrico y recomendar soluciones a los problemas presentados en la red por medio de las mediciones respectivas.

Este diagnóstico de los parámetros eléctricos es una herramienta técnica utilizada en la evaluación del uso eficiente de la energía. Por lo tanto, el buen funcionamiento de los parámetros eléctricos puede definirse como una ausencia de interrupciones, sobre tensiones y variaciones de voltaje RMS suministrado al usuario; esto referido a la estabilidad del voltaje, la frecuencia y la continuidad del servicio eléctrico.

Por otro lado, se busca un diagnóstico que garantice un sistema de puesta a tierra con resistencia baja y un dimensionamiento adecuado para la correcta operación de los dispositivos de protección por fallas de aislación y sobretensiones transitorias Además de los equipos de protección en los últimos años se han agregado al sistema eléctrico un elevado número de equipos no tolerantes a estas variaciones, incluyendo a los controlados electrónicamente.

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: Transitorios, Interrupciones, Bajada de tensión / sub-tensión, Aumento de tensión / sobretensión, Distorsión de la forma de onda, Fluctuaciones de tensión y Variaciones de frecuencia.

El objetivo principal de este trabajo es evaluar los problemas de los parámetros eléctricos : transitorios, regulación de voltaje, consumo, factor de potencia, balanceo de fases, revisión del sistema de tierras y fluctuaciones dinámicas de voltaje, en la CEDI de Walmart , 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.

Con el análisis de sistema de puesta a tierra se busca comprobar la no permanencia de tensiones de contacto en piezas conductoras de los diferentes equipos eléctricos superiores al valor de tensión de seguridad, que eventualmente pueden producir daños a las personas, equipos eléctricos, electrónicos y garantizar que los valores de resistencia estén en los umbrales según la norma NFPA o IEEE.

II. Antecedentes

Actualmente las instalaciones del CEDI de Walmart es necesario realizar una inspección si los receptores previstos en la industria cuentan con sus protecciones eléctricas antes descargas, balanceo de carga, potencias activas, reactivas y su respectivo factor de potencia según las normas eléctrica Nacional e internacional.

Además, verificar que ocasiona el disparo de las protecciones (breaker) de algunos circuitos de derivación, además verificar por qué se han quemado equipos electrónicos ante descargas eléctricas.

Podemos decir que existe un problema en el sistema eléctrico cuando ocurre cualquier desviación de la tensión, la corriente o la frecuencia que provoque la mala operación de los equipos de uso final y deteriore la economía o el bienestar de los usuarios; asimismo cuando ocurre alguna interrupción del flujo de energía eléctrica. Además, el parque industrial cuenta con sus propias instalaciones ya previstas, habría que tomar en consideración las nuevas cargas al sistema eléctrico porque puede ocasionar un desbalanceo considerablemente en el sistema trifásico.

En el Centro de Documentación de la Facultad de Electrotecnia y Computación, se encontraron temas sobre sistemas calidad de la energía, se encontraron los siguientes trabajos monográfico que tienen cierta relación:

En el cual el profesor Ing. Juan González Mena de la Universidad Nacional de Ingeniera de Nicaragua presento como tutor del trabajo monográfico: **ESTUDIO DE AUDITORIA ELECTRICA PARA DETERMINAR LA AFECTACIONES EN EL SISTEMA ELECTRICO DE ALMACENES EZA**. En este trabajo se realizó el estudio del sistema eléctrico de una industria.

III. Justificación

Actualmente, el estudio de parámetros eléctricos y sistemas de puesta a tierra han adquirido mucha importancia y tal vez la razón más importante es la búsqueda del aumento de productividad y competitividad de las empresas. Asimismo, porque existe una interrelación entre la calidad de la energía eléctrica, la eficiencia y la productividad.

Para aumentar la competitividad las empresas requieren optimizar su proceso productivo mediante:

- Uso de equipos de alta eficiencia como motores eléctricos, bombas, etc.
- Automatizar sus procesos mediante dispositivos electrónicos y de computación (microcontroladores, computadores, PLC, etc.).
- Reducir los costos vinculados con la continuidad del servicio y la calidad de la energía.
- Reducir las pérdidas de energía.
- Evitar los costos por sobredimensionamiento.
- Evitar el envejecimiento prematuro de los equipos.

Los equipos electrónicos son una fuente de perturbaciones para el sistema eléctrico pues distorsionan las ondas de tensión y corriente. Por otro lado, los equipos de control y automatización son muy sensibles a distorsión de la onda de tensión por lo que una variación en la calidad de la energía eléctrica puede ocasionar fallas que paralicen la producción ocasionando tiempo perdido y costos de producción inesperados.

Entonces hay que convivir con el problema y encontrarle soluciones cada vez más óptimas, para lo cual el estudio de los fenómenos de la calidad de la energía es indispensable.

Es importante destacar que esta experiencia impactara positivamente tanto en los estudiantes como en los docentes que desearan conocer y profundizar en el estudio de los parámetros eléctricos.

IV. Objetivos

4.1. Objetivo General

- Realizar un estudio de parámetros eléctricos y sistema de puesta a tierra mediante el uso de equipos de medición como Analizador de redes y Telurómetro para la detección de fallas en el sistema eléctrico del centro de distribución Walmart.

4.2 Objetivo Especifico

- Estudiar la teoría de parámetros eléctricos y sistemas de puestas a tierras según las normativas para determinar los rangos correctos de mediciones.
- Medir los parámetros eléctricos de la instalación eléctrica para presentar tablas y gráficos en el informe final y análisis de resultado.
- Efectuar mediciones del sistema de puesta a tierra y comparar con los valores estándar de resistencia recomendados por la NFPA o IEEE con la ayuda de tables o gráficos.
- Elaborar recomendaciones según los resultados del estudio con el objeto de mejora del sistema eléctrico.

V. Marco Teórico

5 Parámetros eléctricos

5.1 Características de las ondas de tensión y corriente

Las ondas de tensión y corriente están definidas por las siguientes características principales:

- Número de Fases. La fase indica la situación instantánea en el ciclo, de una magnitud que varía cíclicamente.
- Amplitud de la onda: la amplitud de una onda es el valor máximo, tanto positivo como negativo, que puede llegar a adquirir la onda senoide.
- Frecuencia de la onda: La frecuencia (f) del movimiento ondulatorio se define como el número de oscilaciones completas o ciclos por segundo ($f=1/T$).
- Forma de la onda.

5.2 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.

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 Características típicas de los fenómenos electromagnéticos

A. 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 μsec) y descenso (20 a 150 μsec) y por su contenido espectral.

B. 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.

C. 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.

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.

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. Las interrupciones se caracterizan por su duración ya que la magnitud de la tensión es siempre inferior al 10% de su valor nominal.

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.

5.4 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.

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

| VALOR NOMINAL | RANGO DESEABLE | RANGO ACEPTABLE |
|---------------|-----------------|-----------------|
| 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 |

FIGURA 1 : Tolerancias de tensiones Fuente: Norma ANSI C84.1.

5.4.1 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.

- 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.

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.

- 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.

5.5 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 ó la componente de secuencia negativa entre la componente de secuencia positiva, expresada en porcentaje.

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%.

5.6 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

1. 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.

2. 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.

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.

3. Inter armónicos

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

Los Inter armónicos se pueden encontrar en redes de todas las clases de tensiones. Las principales fuentes de Inter armónicos 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 Inter armónicos. Debido a que los Inter armónicos 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 Inter armónicos se realiza con base en filtros pasivos

4. 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.

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

5. 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.

5.7 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.

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.

5.8 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 Colombia).

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.

5.9 Definición de puesta a tierra

El valor de resistencia de tierra se define como la resistencia entre un conductor puesto a tierra y un punto a potencial cero. Toda instalación eléctrica de baja tensión requiere de un correcto sistema de puesta a tierra, el cual tiene por objeto proteger vidas y objetos de los efectos dañinos de la corriente eléctrica, así como garantizar el funcionamiento adecuado de toda la instalación.

Un adecuado sistema de puesta a tierra con resistencia baja y un dimensionamiento adecuado asegura la correcta operación de los dispositivos de protección por fallas de aislación y sobretensiones transitorias.

El objetivo principal de un sistema de puesta a tierra es evitar la permanencia de tensiones de contacto en piezas conductoras de los diferentes equipos eléctricos superiores al valor de tensión de seguridad, que eventualmente pueden producir daños a las personas y/o a los equipos eléctricos.

5.10 Qué es un buen valor de resistencia de puesta a tierra

Existe bastante confusión con respecto a lo que constituye una buena puesta a tierra y cuál debe ser el valor de la resistencia de puesta a tierra. Idealmente, una puesta a tierra debe tener una resistencia de cero ohmios.

No existe un único umbral estándar de resistencia de puesta a tierra que sea reconocido por todas las agencias. Sin embargo, la NFPA y la IEEE han recomendado un valor de resistencia de puesta a tierra de 5,0 ohmios o menos. La NEC ha indicado lo siguiente: “Asegúrese de que la impedancia del sistema a la puesta a tierra sea de menos de 25 ohmios, tal como se especifica en NEC 250.56. En instalaciones con equipo sensible, debe ser de 5,0 ohmios o menos”. El sector de las telecomunicaciones con frecuencia ha utilizado 5,0 ohmios o menos como su valor para puesta a tierra y unión. La meta en la resistencia de puesta a tierra es lograr el mínimo valor de resistencia de puesta a tierra posible que tenga sentido tanto económica como físicamente.

6 conexión a tierra y la unión equipotencial

6.1 Conexión a tierra

El propósito de la conexión al terreno mediante los electrodos de tierra es bridar una trayectoria para la descarga de los impactos de rayo, evitar los peligros de choque y ayudar en el control del ruido.

Al diseñar la instalación de electrodos de tierra tienen que considerarse todos los requerimientos relativos a la función particular de la instalación y su ambiente, siempre teniendo en cuenta la relación costo-beneficio. El término sistema de puesta a tierra tiene un sentido amplio, o sea, incluye a las redes de protección contra falla del sistema eléctrico, de protección contra rayo, la tierra del edificio o estructura, la tierra de telecomunicaciones, etc.

6.2 Unión equipotencial

La unión equipotencial es el proceso mediante el cual se establece una trayectoria de baja impedancia para la circulación de la corriente eléctrica entre dos objetos metálicos. En cualquier sistema eléctrico y/o electrónico real, sea una parte de un equipo o toda la instalación, se deben hacer múltiples interconexiones entre los objetos metálicos con los objetivos de

- Protección de equipos y personas contra los peligros de las descargas de rayo.

-
- Establecimiento de las trayectorias de retorno de la corriente de falla.
 - Establecimiento de referencia de señal para los sistemas de telecomunicaciones.
 - Minimización de los potenciales de RF en las carcasas y cubiertas.
 - Minimizar los riesgos de choque eléctrico en las personas que surgen como consecuencia de la conexión accidental a la tierra.
 - Prevención contra la acumulación de cargas electrostáticas.

Estas interconexiones tienen que hacerse de manera tal que las propiedades mecánicas y eléctricas de las trayectorias estén determinadas fundamentalmente por las partes que se interconectan más que por las uniones de interconexión y además que sean mantenidas durante un largo período de tiempo.

Para la realización de las uniones hay que prestar especial atención a las técnicas y procedimientos establecidos para garantizar buen apriete mecánico, baja impedancia de interconexión entre las partes y alta resistencia a la corrosión. Las uniones deficientes conducen a una serie de peligros y situaciones desfavorables.

- a. En las líneas eléctricas de AC: pueden producir una caída de tensión inaceptable en el receptor eléctrico y el calor generado por la corriente de carga a través de la resistencia incrementada de la unión deficiente puede ser suficiente para dañar el aislamiento de los cables. Esto puede conducir a una falla de la línea, iniciar un incendio o ambos.
- b. En las líneas de los sistemas de telecomunicaciones: degradan su comportamiento porque provocan un funcionamiento intermitente, decrecimiento de la amplitud de la señal o incremento del ruido. Las conexiones pobres entre los elementos de la red de referencia incrementan la resistencia de las trayectorias de corriente y las tensiones desarrolladas por la circulación de corriente a través de éstas impiden que los puntos de referencia de señal de los equipos estén al mismo potencial.

-
- c. En los sistemas de protección contra rayo: pueden generar varios miles de Volts al circular la alta corriente de una descarga de rayo.
 - d. En las proximidades de transmisores de RF de alta potencia: pueden producir interferencias particularmente problemáticas como las de modulación cruzada y otros productos de mezcla cuando se radian dos o más señales de alto nivel. Algunos óxidos de metal se comportan como semiconductores (dispositivos no lineales) y producen la mezcla entre las señales incidentes. La interferencia así generada puede acoplarse en los equipos susceptibles más cercanos.

6.3 Valores aceptables de resistencia a tierra.

Véase lo que plantean al respecto diversos documentos

- i. **“Diseño de Sistemas de Puesta a Tierra”. Parte I: Teoría. Prof. Miguel Martínez Lozano. Universidad Simón Bolívar de Venezuela.**

| Aplicación | Resistencia a tierra (Ω) |
|---|--------------------------------------|
| Sistemas Eléctricos de Baja Tensión | < 25 |
| Sistemas de Protección Contra Rayos | < 10 |
| Sistemas de Telecomunicaciones y Hospitales | < 5 |

Figura 2: Valores de resistencia a tierra

- ii. **Department of the Army, TM 5-690. Grounding and Bonding in Command, Control, Communications, Computer, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance (C4ISR) Facilities, 15 February 2002.**

3-3. Subsistema de protección contra falla

Valores máximos de resistencia a tierra:

- Equipos especificados para potencias menores o igual a 500 kVA: 10 Ω
- Equipos especificados para potencias entre 500 y 1000 kVA: 5 Ω

-
- Equipos especificados para potencias mayores que 1000 kVA: 3 Ω
 - Subestaciones no cercadas y equipos de montaje en superficie: 5 Ω
 - Tierras de arqueta: 10 Ω

3-4. Subsistema de protección contra rayo

Para brindar una protección efectiva, es de suma importancia que exista una trayectoria a tierra de baja impedancia. Este criterio se aplica a todos los componentes y conexiones, desde los captadores hasta los electrodos de tierra.

Una baja impedancia es esencial para que las altas corrientes de rayo circulen por una trayectoria preestablecida en lugar de por trayectorias alternativas como las que ofrecen los materiales de construcción (madera, ladrillo, bloque, piedra u hormigón).

Cuando el rayo circula por estas trayectorias de mayor impedancia, pueden producirse grandes daños debido al calor y a las fuerzas mecánicas generadas durante el paso de su corriente. Una trayectoria de baja impedancia reduce, o al menos controla un tanto, las diferencias de potencial entre la celda de tormenta, la tierra y la protección en el punto donde no ocurre el impacto.

Aún en las edificaciones hechas de roca sólida, se requiere que exista una buena instalación de puesta a tierra, así como conexiones sólidas entre los componentes del sistema de protección contra rayo y el terreno.

Las normas no exigen un valor de resistencia a tierra específico; sin embargo, plantean que debe hacerse el esfuerzo por obtener el valor más bajo posible. Los conductores de bajada desde los captadores hasta la conexión a tierra brindarán esa trayectoria de baja impedancia.

3. IEC 62305: 2006 Lightning Protection

Debe tenerse en cuenta que es preferible una instalación de puesta a tierra común para las diferentes aplicaciones (protección contra rayo, de distribución eléctrica de baja tensión y de telecomunicaciones).

Como se asume el cumplimiento de la unión equipotencial sistemática de todos los componentes que participan en el sistema de protección contra rayo, no se requiere un valor específico de resistencia de la instalación de puesta a tierra.

4. Proyecto Final del Reglamento Electrotécnico Cubano.2008, Ed.1.0

Capítulo 4: Distribución en instalaciones de baja tensión

4.2 Esquemas de puesta a tierra

4.2.6 Sistema de puesta a tierra y su medición

Para asegurar la dispersión de la corriente del rayo en la tierra sin provocar sobretensiones peligrosas, son más importantes la disposición y las dimensiones del sistema de puesta a tierra que un valor específico de la resistencia de puesta a tierra. Aunque, en general, se recomienda un valor bajo de la resistencia de puesta a tierra.

Desde el punto de vista de la protección contra el rayo, una solución adecuada puede ser un sistema de puesta a tierra único integrado a la edificación y apropiado para todos los fines (por ejemplo, protección contra el rayo, sistemas electroenergéticos a baja tensión y sistemas de telecomunicaciones).

Los sistemas de puesta a tierra deben ser interconectados de forma tal que se garantice una conexión equipotencial en presencia del rayo.

6. NEC-2005: NFPA 70

250.56 Resistencia de electrodo de tierra de tipo varilla

Cuando la resistencia de una única varilla de tierra es mayor que 25Ω , se requiere de un electrodo adicional, y éste tiene que instalarse a no menor de 6 pies de separación.

No se requiere más de dos varillas de tierra, aún si la resistencia total de las dos varillas en paralelo excede los 25Ω .

Aunque no está claramente definido para una localización dada el “valor aceptable”, se conoce que mientras más bajo mejor. Para instalaciones comerciales e industriales, pueden no estar dadas las especificaciones del sistema de electrodos de tierra (excepto en conformidad con el NEC) y este aspecto se deja a la definición por parte del instalador del sistema electroenergético, quien tendrá que cumplir únicamente con los requerimientos mínimos aplicables del NEC.

Una razón para desear un sistema de electrodos de tierra de baja resistencia es para reducir la elevación de tensión en el sistema de tierra durante el evento de un rayo.

Dicho evento es más probable en un edificio o torre dotado con un LPS. Si la instalación de electrodos de tierra está diseñada para un valor bajo de resistencia y con una capacidad suficiente para la rápida disipación del rayo, la elevación de tensión se reduce sustancialmente y la unión entre sistemas exigida por el NEC se estresa menos.

Además, puede mejorar significativamente el comportamiento en la operación de los SPDs al manejar las corrientes del rayo si se garantiza una baja resistencia de conexión a la instalación de electrodos de tierra. Mientras más baja sea esta resistencia, más baja será la tensión que se desarrolla entre el SPD y la tierra remota que el rayo busca. Esta tensión inferior en el SPD reduce el estrés a los equipos conectados aguas abajo.

VI. Metodología de Trabajo

En esta metodología realizaremos un análisis de parámetros eléctricos y sistema de puesta a tierra en el CEDI de Walmart, para determinar los disturbios y propuestas de solución a anomalías presentes en los puntos a medir.

El análisis estará enfocado a cumplir con las normas nacionales e internacionales principales a este respecto. El análisis cumplirá los siguientes puntos:

A. Análisis previo

Se discutirá con los usuarios los antecedentes que se han detectado referentes a todos y cada uno de los problemas que se atribuyen a una mala calidad de energía eléctrica.

B. Inspección visual y recopilar datos de fenómenos electromagnéticos

Se llevará a cabo una inspección visual y levantamiento de información al respecto a la instalación eléctrica, carga conectada y equipos afectados.

El objetivo de este paso es el de reunir datos de todo aquello relacionado con el uso de la energía de la agencia, tales como: historial de consumo de energéticos, información recopilada como resultado de una inspección visual a toda la planta y levantamiento de datos de equipos consumidores de energía.

C. Medición de Parámetros Electromagnéticos y sistema de puesta a tierra

Se considera 72 horas ,3 días hábiles del equipo especialista en calidad de la energía eléctrica, se podrán realizar las mediciones necesarias para evaluar los sistemas y diagnosticar los problemas con sus posibles soluciones.

Para la realización del presente estudio, se utilizará el equipo trifásico marca Fluke 43B (POWER QUALITY ANALYZER) y **TELUROMETRO GROUND TESTER GEO, marca FLUKE, MODELO 1623**

Para la medición de resistencia del sistema de puesta a tierra se utilizará el método de medición sin estaca y el método de los 3 polos

D. Analizar los datos

Una vez que la información ha sido recopilada en los pasos anteriores, la información deberá ser capturada y ordenada para proceder a su análisis, con la finalidad de identificar las fallas.

E. Elaborar el informe final del estudio

El paso final es el de preparar un informe que contenga las observaciones y conclusiones del estudio, haciendo énfasis en las oportunidades de mejora, y el plan de acción para implantarlas, conteniendo las bases y los pasos seguidos en el análisis.

VII. Desarrollo y análisis

A. Sistema de puesta a tierra

INFORME DE MEDICIÓN DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA CENTRO DE DISTRIBUCION WALMART KILOMETRO 22 CARRETERA MATEARE.

1. OBJETIVO

El objetivo de este informe es dar a conocer los resultados de las mediciones realizadas al sistema puesta a tierra existente en la Subestación y los 2 pararrayos.

Se midió la malla de puesta a tierra existente en la **subestación**, Malla de tierra compuesta de 3 varillas (**TO2**) y los **2 pararrayos**, los que se detallan a continuación:

- Puesta a tierra de fuerza

2. DEFINICIÓN

El valor de resistencia de tierra se define como la resistencia entre un conductor puesto a tierra y un punto a potencial cero. Toda instalación eléctrica de baja tensión requiere de un correcto sistema de puesta a tierra, el cual tiene por objeto proteger vidas y objetos de los efectos dañinos de la corriente eléctrica, así como garantizar el funcionamiento adecuado de toda la instalación.

Un adecuado sistema de puesta a tierra con resistencia baja y un dimensionamiento adecuado asegura la correcta operación de los dispositivos de protección por fallas de aislación y sobretensiones transitorias.

El objetivo principal de un sistema de puesta a tierra es evitar la permanencia de tensiones de contacto en piezas conductoras de los diferentes equipos eléctricos superiores al valor de tensión de seguridad, que eventualmente pueden producir daños a las personas y/o a los equipos eléctricos.

¿Qué es un buen valor de resistencia de puesta a tierra?

Existe bastante confusión con respecto a lo que constituye una buena puesta a tierra y cuál debe ser el valor de la resistencia de puesta a tierra. Idealmente, una puesta a tierra debe tener una resistencia de cero ohmios. No existe un único umbral estándar de resistencia de puesta a tierra que sea reconocido por todas las agencias. Sin embargo, la NFPA y la IEEE han recomendado un valor de resistencia de puesta a tierra de 5,0 ohmios o menos. La NEC ha indicado lo siguiente: “Asegúrese de que la impedancia del sistema a la puesta a tierra sea de menos de 25 ohmios, tal como se especifica en NEC 250.56. En instalaciones con equipo sensible, debe ser de 5,0 ohmios o menos”. El sector de las telecomunicaciones con frecuencia ha utilizado 5,0 ohmios o menos como su valor para puesta a tierra y unión. La meta en la resistencia de puesta a tierra es lograr el mínimo valor de resistencia de puesta a tierra posible que tenga sentido tanto económica como físicamente.

3. PROCEDIMIENTOS

3.1 Equipo utilizado

El equipo utilizado para la medición de la resistencia de puesta a tierra es el instrumento certificado: **TELUROMETRO GROUND TESTER GEO, marca FLUKE, MODELO 1623**

3.2 Personal que efectúa las mediciones

El personal que efectúa las mediciones es un instalador eléctrico autorizado o personal técnicamente competente.

Se conocen las normas básicas de seguridad en el ámbito de este procedimiento y está familiarizado con el manejo del telurómetro.

3.3 Metodología utilizada

Para la medición de resistencia del sistema de puesta a tierra se utilizó el método de medición sin estaca y el método de los 3 polos.

a. Comprobación de Resistencias de tierra

Medición sin estacas

El comprobador de tierra física a tierra Fluke 1623 puede medir las resistencias de bucles de conexión de tierra física a tierra para sistemas con múltiples conexiones a tierra física, utilizando únicamente pinzas amperimétricas. Esta técnica de comprobación elimina la actividad peligrosa y engorrosa de desconectar conexiones paralelas a tierra física, así como el proceso de encontrar ubicaciones idóneas para estacas auxiliares de conexión a tierra física.

También puede realizar pruebas de conexión a tierra física en lugares que no hubiera considerado antes: en el interior de edificios, en torres de alimentación eléctrica o en cualquier lugar en donde no tenga acceso al terreno mismo.

Con este método de prueba, se colocan dos pinzas alrededor de la varilla de conexión a tierra física o del cable de conexión, conectando cada una de ellas al comprobador. No se utiliza ninguna estaca de conexión a tierra física. Se induce una tensión conocida en una pinza y se mide la corriente utilizando la segunda pinza. El comprobador automáticamente determina la resistencia del bucle de tierra física en esta varilla de conexión a tierra física.

En primer lugar, se realizó una comprobación sin picas en todas las puestas a tierra provenientes de la barra maestra de puesta a tierra. El propósito es asegurar que todas las puestas a tierra estén conectadas, especialmente a de la red de neutros con múltiples puestas a tierra.

Es importante observar que no se está midiendo la resistencia individual, sino la resistencia de bucle del elemento rodeado por la pinza. Tal como se muestra en la figura 3, conecte el modelo 1623-2 de Fluke y ambas pinzas, la de inducción y la de detección, que se colocan alrededor de cada conexión para medir la resistencia del bucle de la red de neutros con múltiples puestas a tierra, el campo de puesta a tierra, la tubería de agua y el acero de construcción.



Figura 3: Medicion de resistencia bucle

Se mida las resistencias de los diversos tramos de la barra maestra de puesta a tierra usando el método Selectivo Sin picas. Funciona como el método Sin picas, pero se diferencia en la manera de emplear las dos pinzas por separado. Se coloca la pinza de tensión de inducción alrededor del cable que se dirige hacia la barra maestra de puesta a tierra, y dado que se conecta la barra a la alimentación entrante, que es paralela al sistema de puesta a tierra, se logrado dicho requisito. Tome la pinza de detección y colóquela alrededor del cable de puesta a tierra que sale hacia el campo de puesta a tierra. Cuando medimos la resistencia, esta es la resistencia real del campo de puesta a tierra, además de la ruta paralela de la barra maestra de puesta a tierra. Y dado que este valor debe ser muy bajo en cuanto al valor óhmico, no debiera tener un efecto real en la lectura medida.

4. MEDICIÓN DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA

Nota: Se realizaron 2 método de mediciones de resistencia de puesta a tierra.

Valores obtenidos:

| Lugar | Medición 1 (Ω) | Medición 2 (Ω) | Promedio (Ω) |
|--|-------------------|-------------------|--------------|
| Medición de bucle de tierra sin estaca (Método de las 2 pinzas) | | | |

| | | | |
|---|-------|-------|--------|
| Transformador seco | 7.85 | 7.85 | 7.85 |
| Malla perimetral | 0.018 | 0.018 | 0.018 |
| Malla Tierra cuarto UPS | 0.067 | 0.067 | 0.067 |
| Malla a tierra canasta | 0.015 | 0.016 | 0.0155 |
| PAT de Pararrayo 1 | 0.021 | 0.022 | 0.0215 |
| PAT de Pararrayo 2 | 0.037 | 0.037 | 0.037 |
| Mediciones de RA de 3 polos (Método de 2 picas) 20m Distancia entre pica | | | |
| Transformador de sub TO2 | 0.75 | 0.75 | 0.75 |

Figura 4: Mediciones realizadas de puesta a tierra

FOTOS DE MEDICIÓN DE RESISTENCIA PAT



Figura 5: Fotos de mediciones

5. Conclusiones del apartado de mediciones a tierra

La resistencia de puesta a tierra tiene un valor promedio

- La medición sin estaca tiene valores que van desde 0.015 Ω hasta valores de 7.35 Ω

Los valores obtenidos en esta medición se encuentran dentro de los valores requeridos y permitidos por la Norma IEEE y NEC 250.56.

6. Recomendaciones: Como parte del **protocolo de medición de la puesta a tierra**, se recomienda realizar dicha medición en el mismo periodo de tiempo del próximo año, incluso una medición en verano y una en invierno (esta última ya realizada).

NOTA:

- *No existe un único umbral estándar de resistencia de puesta a tierra que sea reconocido por todas las agencias. Sin embargo, la NFPA y la IEEE han recomendado un valor de resistencia de puesta a tierra de 5,0 ohmios o menos.*
- *La NEC ha indicado lo siguiente: “Asegúrese de que la impedancia del sistema a la puesta a tierra sea de menos de 25 ohmios, tal como se especifica en NEC 250.56. En instalaciones con equipo sensible, debe ser de 5,0 ohmios o menos”.*

B. Parámetros eléctricos

Se realiza el presente Estudio de parámetros eléctricos y armónicos en el CEDI Walmart, con la finalidad de conocer el comportamiento actual del Sistema Eléctrico y recomendar soluciones a los problemas por pérdida de energía.

Se realizaron y analizaron los monitoreos de parámetros eléctricos (perfil de voltaje, corriente, potencia, factor de potencia, distorsión armónica en voltaje y distorsión armónica en corriente), encontrándose comportamientos diferentes para las mediciones consideradas, debido principalmente al tipo de carga instalada.

El reporte muestra las conclusiones sobre violaciones a la norma, instalación eléctrica, y sobre cada uno de los disturbios de los parámetros eléctricos y armónicos registrados, recomendando el sistema de protección más adecuado para la solución de los problemas.

Los puntos considerados para el monitoreo, los cuales forman una parte del total de la carga instalada en el panel principal.

Para la realización del presente estudio, se hizo uso de un equipo trifásico marca Fluke 43B (POWER QUALITY ANALYZER) con sensores de corriente de una capacidad de 1,000 amperes.

El equipo fue conectado en las terminales de entrada del interruptor principal del transformador, tomando así el total de la carga conectada durante el período de medición.

El período de medición fue de 3 días, durante las 24 horas continuas en el panel principal, tomado muestras cada 10 segundos. Esto representa un muestreo total de 25,920 muestras para cada parámetro eléctrico registrado.

a) Medición de armónicos

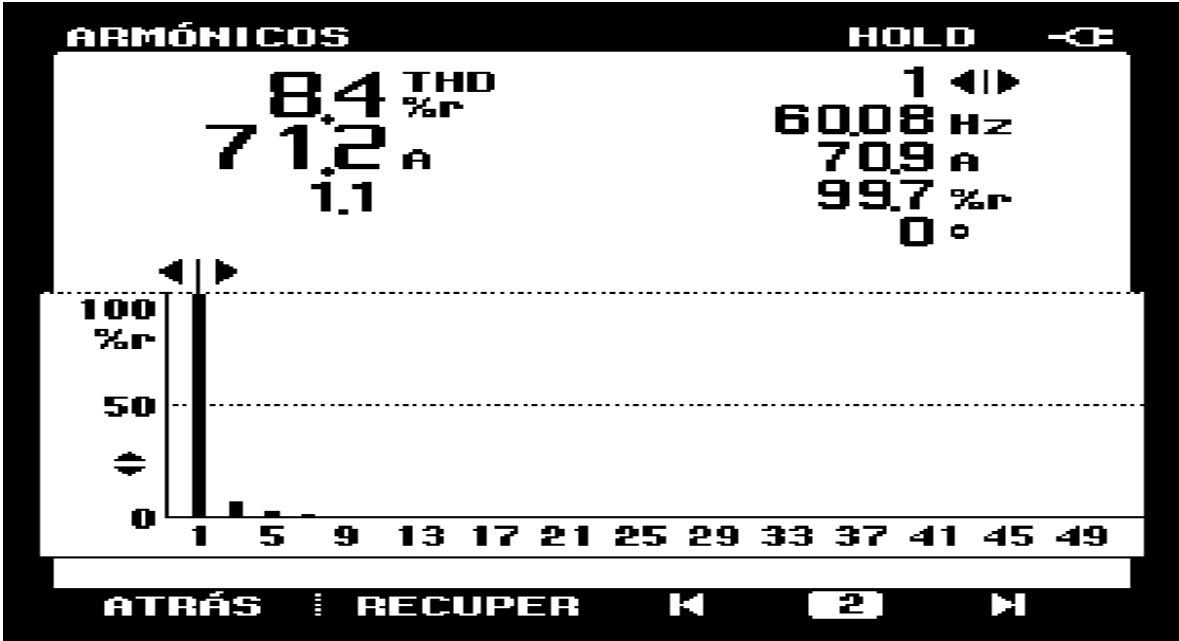


Figura 6: Medición de armónicos

b) Medición de fluctuaciones

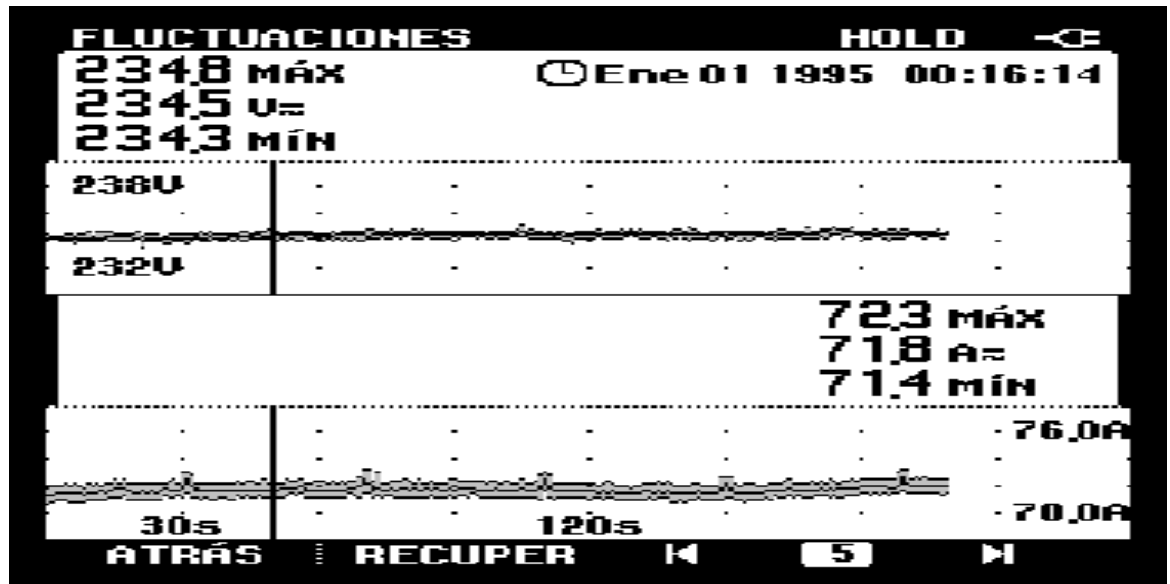


Figura 7: Medición de fluctuaciones

c) Medición de Transitorios

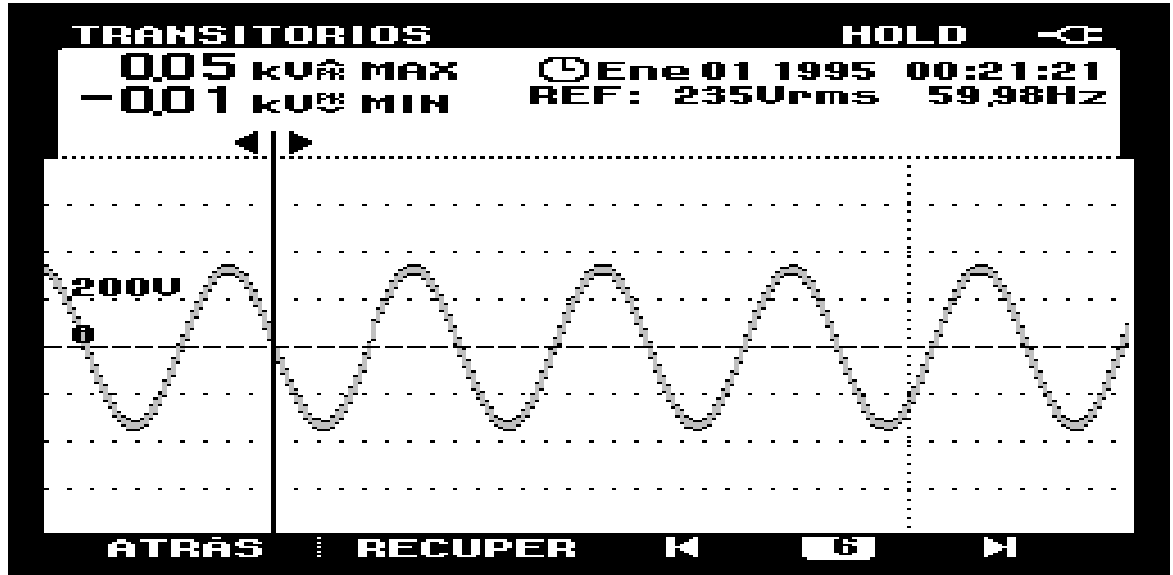


Figura 8: Medición de transitorios

d) Señal de voltaje y amperaje

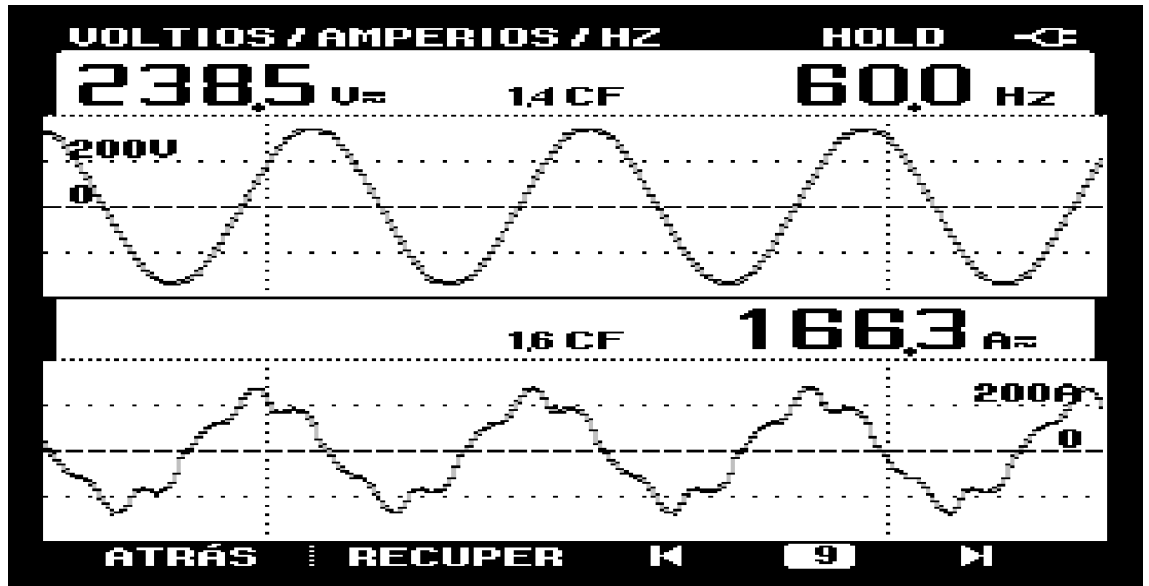
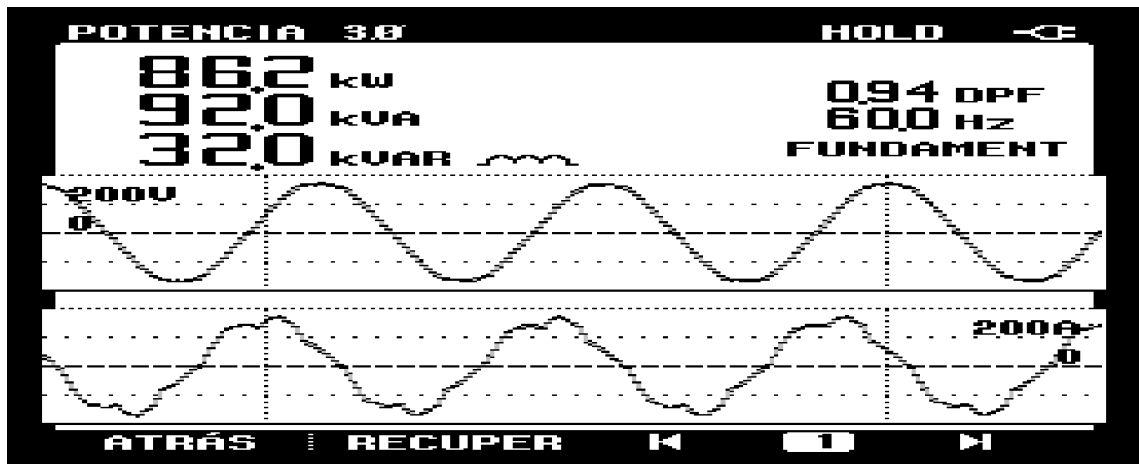


Figura 9: Medición de voltaje y amperaje

e) Medición de potencia



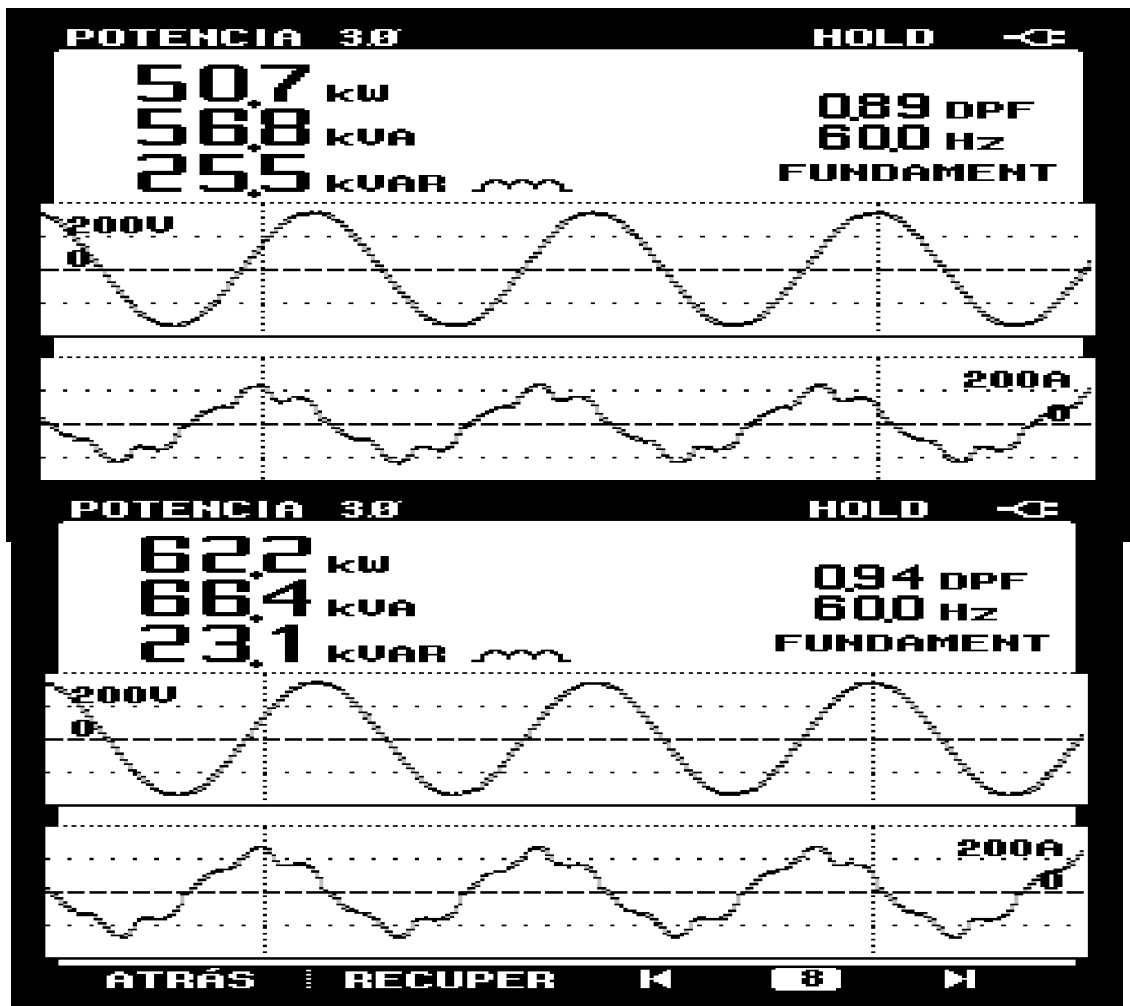


Figura 10: Medición de potencia

B.1 Recomendación en base a resultado del estudio de parámetros eléctricos y armónicos

Con el analizador de carga FLUKE POWER QUALITY ANALYZER 43B, se han obtenidos datos de la planta de los parámetros eléctricos como: potencia aparente (S), potencia reactiva (Q), potencia activa (P), factor de potencia (FP), además se han obtenido las curvas del comportamiento de los parámetros eléctricos que se muestran anteriormente ; esto se ha logrado mediante el software del equipo del analizador de carga que permaneció tomando mediciones, durante un período de tiempo que va desde el 21 de enero al 26 de septiembre del 2021.

Con todos estos parámetros eléctricos y los datos obtenidos en el levantamiento de campo, se procederá al diseño del banco de condensadores y al cálculo del valor de los condensadores en kVAr, que permitirá realizar la corrección del factor de potencia en el caso que lo necesite el sistema eléctrico de la planta textiles válidos.

Los datos que desplegó el analizador de carga se muestran en la tabla 6, los cuales fueron obtenidos del software **Power Quality Analyzer 43B (Ver anexo B)** del analizador de carga. De esta manera el analizador de carga toma mediciones de los parámetros eléctricos, de manera instantánea; los mismos que facilitarán el análisis al obtener una mayor información de las variaciones de los parámetros eléctricos.

Una vez obtenidos estos datos se procedió a seleccionar parámetros eléctricos como: potencia activa, potencia reactiva y factor de potencia. Estos datos se tomaron del periodo del 21 de septiembre al 26 de septiembre, para ser analizados y poder determinar cuanta potencia reactiva requiere la industria textil y cómo varía el factor de potencia a diferentes horas del día.

| Paneles de Distribución | KW | KVAR | KVA | FP | I (Amp) |
|-------------------------|------|------|------|------|---------|
| Panel 1 | 86,2 | 32 | 92 | 0,90 | 200 |
| Panel 2 | 50,7 | 25,5 | 56,8 | 0,88 | 174,6 |
| Panel 3 | 38,8 | 15,5 | 41,8 | 0,89 | 100 |

Tabla 1: Medición de parámetros eléctrico

Otros datos importantes de analizar son el historial de consumo de energía reactiva y el comportamiento del factor de potencia de la planta en el año 2021 mostrado en la figura 11 y 12.

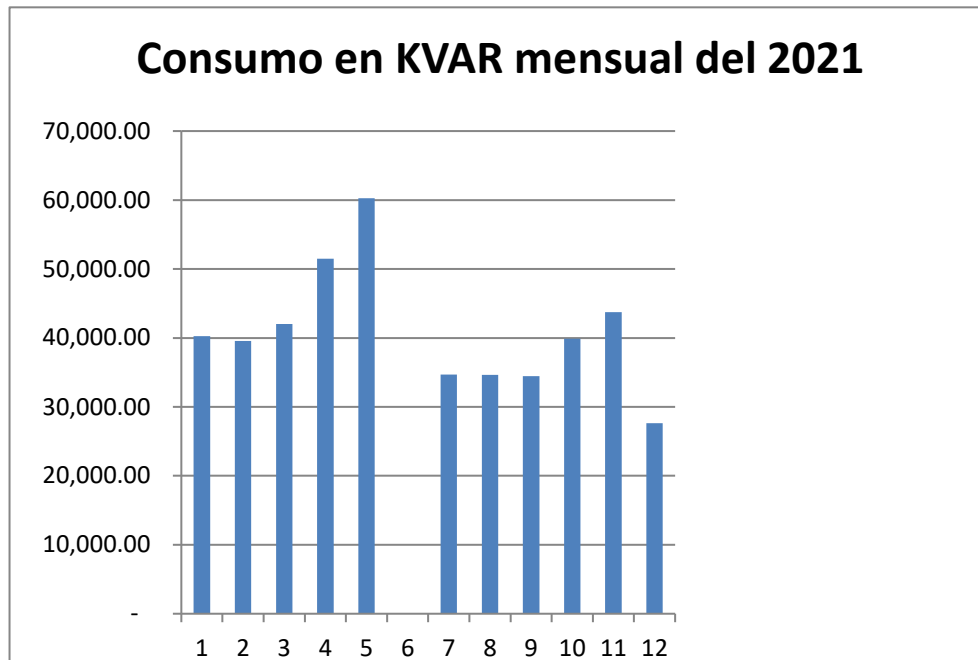


Figura 11: Consumo en Kvar mensual 2021

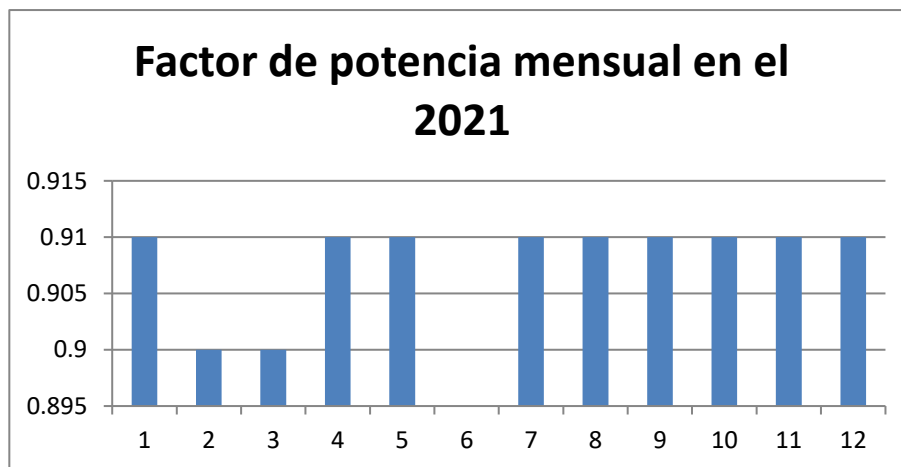


Figura 12: Factor de potencia mensual 2021

A. Cálculo del banco de condensadores trifásico

Con los parámetros eléctricos que se adquirieron con el analizador de carga mostrados en el anexo B: los valores de potencia activa, potencia reactiva y factor de potencia se

procederá a realizar el diseño del banco de condensadores para la corrección del factor de potencia en la industria textiles válidos.

Estos parámetros permitirán seleccionar el tipo de banco de condensadores a utilizar, es decir, si se va a utilizar una compensación fija o una compensación variable automática; además se podrá seleccionar el valor de la potencia reactiva en kVAr del banco de condensadores, esta selección dependerá de la curva de carga, de la demanda de potencia reactiva y del factor de potencia de la empresa.

B. Cálculo de la potencia reactiva en kVAr para la corrección del factor de potencia

Este cálculo permitirá obtener el valor de los kVAr necesarios para no tener penalizaciones por un bajo factor de potencia y obtener beneficios técnicos económicos. A continuación, se muestra el proceso para obtener el valor de la potencia reactiva necesaria que corregirá el factor de potencia.

Con los datos obtenidos por el analizador de carga mostrada , se procederá a calcular los kVAr necesarios en el período de tiempo de análisis. Con la ayuda de la tabla 1, se obtendrán los kVAr necesarios que requiere la planta para corregir el factor de potencia y no incurrir en penalizaciones.

Los datos a utilizar para obtener la potencia reactiva expresada en VAr (voltamperios reactivos) son: la potencia activa en vatios (P), el CosØ inicial (tomado por el analizador de carga), el ángulo Ø inicial y el ángulo Ø final (CosØ final deseado 0,96) , a continuación en la Tabal 2 se muestra el resumen y el valor en faradio de los bancos de capacitores .

| Paneles de Distribución | Actual | | | | | Corregido | | | Banco en micro Faradio |
|-------------------------|--------|------|------|------|---------|-----------|-------|------|------------------------|
| | KW | KVAR | KVA | FP | I (Amp) | KW | KVAR | FP | |
| Panel 1 | 86,2 | 32 | 92 | 0,9 | 200 | 86,2 | 16,61 | 0,96 | 832,73 |
| Panel 2 | 50,7 | 25,5 | 56,8 | 0,88 | 174,6 | 50,7 | 12,58 | 0,96 | 630,68 |
| Panel 3 | 38,8 | 15,5 | 41,8 | 0,89 | 100 | 38,8 | 8,56 | 0,96 | 429,29 |

| | | | | | | |
|--|-------|----|--|---------|-----|--|
| | f(Hz) | 60 | | Voltaje | 230 | |
|--|-------|----|--|---------|-----|--|

Tabla 2: Medición de parámetros eléctricos en la industria textiles validos

Entonces según la tabla 2, se necesitará una potencia reactiva de 16.61 kVAr que asegurará un factor de potencia de 0,96 para el panel 1, una potencia reactiva de 12.58 kVAr que asegurará un factor de potencia de 0.96 para el panel 2 y una potencia reactiva de 7.56 kVAr que asegurará un factor de potencia de 0.96 para el panel 3.

La potencia reactiva a compensar es totalmente variable de acuerdo a los cálculos del Anexo B, con los datos de la tabla 2 se procederá a realizar la selección del tipo de compensación, que por ser variable el FP, sería mejor automático con lo que se realizará la corrección del factor de potencia.

Por tanto, el ajuste del parámetro C/K permitirá el accionamiento de los pasos siguientes, una vez accionado el primer paso y si el controlador de factor de potencia detecta un $\cos\phi$ medio, accionará el siguiente paso y se tendrá una potencia reactiva mayor.

De igual manera cuando el controlador de factor de potencia detecte un valor de $\cos\phi$ mínimo accionará el siguiente paso. Finalmente se logrará que en cualquier momento del día se tenga un factor de potencia lo más cercano a 0,96. Como se muestra en la tabla 3.

Ahorros

| Paneles de Distribución | KW | KVAR | KVA | FP |
|-------------------------|------|-------|--------------|------|
| Panel 1 | 86,2 | 16,61 | 87,78 | 0,96 |
| Panel 2 | 50,7 | 12,58 | 52,23 | 0,96 |
| Panel 3 | 38,8 | 8,56 | 39,73 | 0,96 |

Tabla 3: Cálculos de ahorros en KVar

Características de tarifas horarias T3-MTH y T3-BTH según normas Nicaragua

Para los clientes de Grandes Demandas se efectuará la medición de energía por bloque horario típico, la medición de la demanda máxima de potencia en el bloque horario de punta, y la demanda máxima de potencia en el período fuera de punta. Las tarifas por el servicio convenido en cada punto de entrega y opción tarifaria, estarán compuestas por:

- Un cargo fijo mensual, independiente de los consumos registrados, de acuerdo a

la capacidad de suministro contratada.

- Un cargo por cada kW de la capacidad de suministro en punta convenida, haya o no consumo de energía.
- Un cargo por cada kW de la capacidad de suministro fuera de punta convenida, haya o no consumo de energía.
- Un cargo por la energía eléctrica entregada, de acuerdo con el consumo registrado en cada uno de los bloques horarios: punta, madrugada y horas restantes.
- Si correspondiere, un recargo por factor de potencia.

Cargo por bajo factor de Potencia.

Cargo por factor de potencia. Se aplica sólo a servicios con medición de reactiva cuando el factor de potencia registrado es menor de 0.85.

En este caso no existe penalización por bajo factor de potencia, por lo tanto, resultaría costoso compensar la energía reactiva de los equipos y esta inversión no será reflejada en la factura eléctrica.

VIII. Conclusiones

El presente trabajo de análisis parámetros eléctricos y sistema de puesta a tierra para la detección de fallas en el sistema eléctrico del centro de distribución Walmart ha logrado cumplir con los alcances propuestos en el inicio del mismo. Debido a las pruebas realizadas, ha sido posible comprobar y verificar el correcto funcionamiento del sistema eléctrico, basado en mediciones vs los estándares comparados.

Las diferentes mediciones de parámetros eléctricos y mediciones del sistema puesta a tierra fueron monitoreadas en el sistema eléctrico en estudio con el objetivo de recomendar mejoras en el mismo.

Se logro realizar mediciones con el Fluke438-II sobre los parámetros eléctricos de la instalación eléctrica para presentar tablas y gráficos en el informe final y análisis de resultado para determinar su correcto funcionamiento.

Ademas de estudiar la teoría de parámetros eléctricos y sistemas de puestas a tierras según las normativas para determinar los rangos correctos de mediciones.

Se logro efectuar mediciones del sistema de puesta a tierra (Con el teluometro) y comparar con los valores estándar de resistencia recomendados por la NFPA o IEEE con la ayuda de tables o gráficos.

Como informe final se elaboro este documento con recomendaciones según los resultados del estudio con el objeto de mejora del sistema eléctrico.

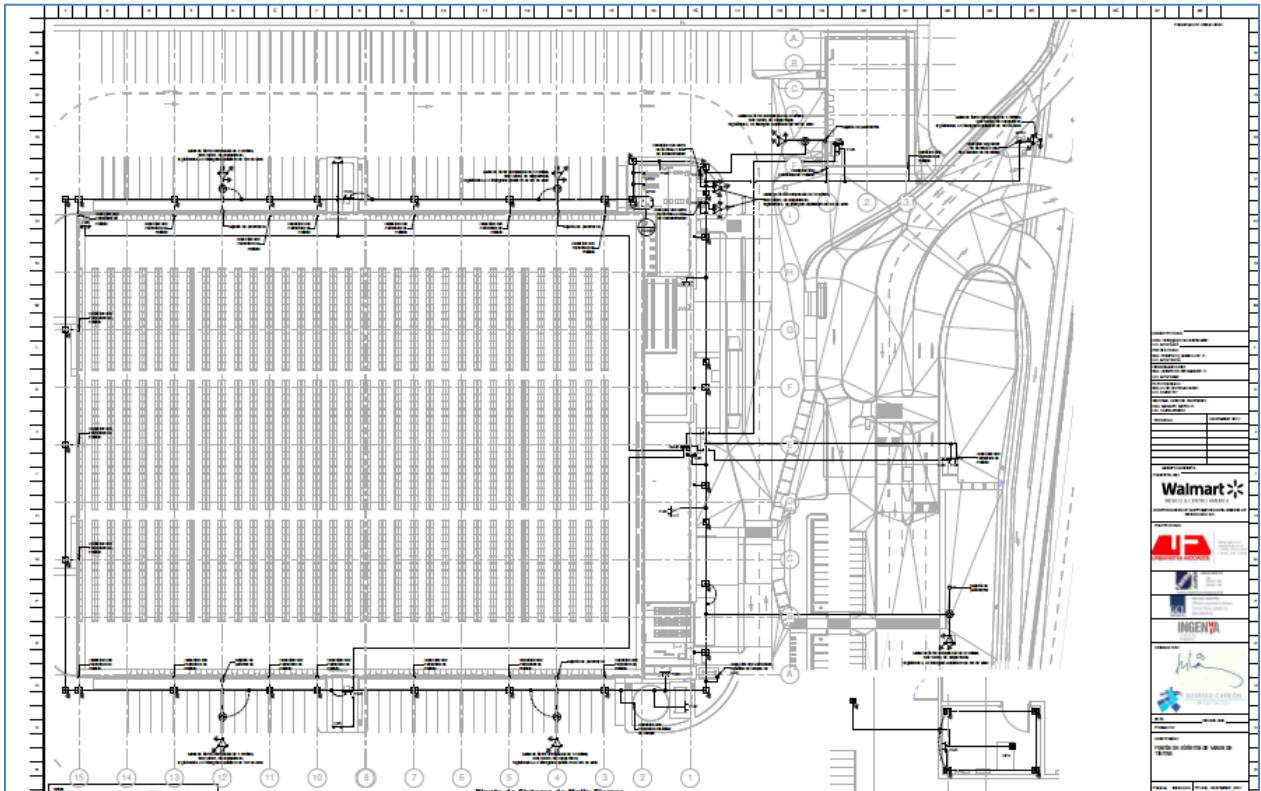
IX. Bibliografía

1. Roberto Hernández Sampieri. Metodología de la Investigación. Editorial, MCGRAW HILL.
2. Compendio de opciones de eficiencia energética, elaborado por CPmL-N. Managua, Nicaragua 2010.
3. 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.

-
4. NEMA Standards Publication ANSI/NEMA MG 1-2003, "Motors and Generators". National Electrical Manufacturers Association. Estados Unidos, 2004.
 5. Electrical Power Systems Quality. Roger C. Dugan, Mark F. Mc Granaghan, Surya Santoso, H. Wayne Beaty. Ed. Mc Graw -Hill. Estados Unidos, 1996.
 6. Nassir Sapag Chain . Preparación y Evaluación de Proyectos 2da Edición.
 7. TELUROMETRO GROUND TESTER GEO, marca FLUKE, MODELO 1623
 8. <https://www.fluke.com/en-us/product/electrical-testing/earth-ground/fluke-1623-2#>

X. Anexo

- A. Sistema de puesta a tierra.



B. Sistema de Tierras (Referencias técnicas)

Norma eléctrica. Corrientes eléctricas indeseables en los conductores de puesta a tierra. La puesta a tierra de sistemas eléctricos, conductores de circuitos, apartarrayos y partes conductoras de equipo y materiales normalmente sin energía, se debe hacer y disponer de modo que se evite el flujo de corrientes eléctricas indeseables por los conductores de puesta a tierra o por la trayectoria de puesta a tierra.

Norma eléctrica. Equipo considerado eficazmente puesto a tierra. En las condiciones especificadas en los siguientes incisos, se considera que las partes metálicas no conductoras de equipo están eficazmente puestas a tierra.

a) Equipos sujetos a soportes metálicos puestos a tierra. Los equipos eléctricos sujetos y en contacto con eléctrico con bastidores o con estructuras metálicas diseñadas para su soporte y puestos de tierra por uno de los medios indicados en Norma, se debe

usar la estructura metálica de un edificio como conductor de puesta a tierra de equipo de c.a.

NEC 2002 Art 250.50 & Norma eléctrica. Uniendo todos los electrodos de tierras (sistemas existentes) limitará las diferencias de potencial entre ellos, logrando formar de esta manera un sistema de tierras equipotencial. La conexión se debe realizar como se indica en 250-115.

Norma eléctrica. Resistencia de los electrodos fabricados. Un electrodo único que consiste en una varilla, tubería o placa, que no tenga una resistencia a tierra de 25Ω o menos se debe complementar con un electrodo adicional de cualquiera de los tipos especificados en 250-81 o 250-83.

Norma eléctrica. Varillas de pararrayos. No se deben usar conductores de puesta a tierra de los pararrayos, ni tubos, varillas u otros electrodos fabricados utilizados para poner a tierra las bajadas de los pararrayos, en sustitución de los electrodos de tierra indicados en normas para la puesta a tierra de sistemas eléctricos y de equipo.

Norma eléctrica. Conexión a electrodos. El conductor de puesta a tierra de equipo se debe conectar al electrodo de puesta a tierra mediante soldadura exotérmica, zapatas, conectadores a presión, abrazaderas u otros medios aprobados y no listados.

Tamaño nominal mínimo de los conductores de tierra para canalizaciones y equipos.

| Capacidad o ajuste máximo del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc. (A) | Tamaño nominal mm ² (AWG o kcmil) | |
|---|--|-------------------|
| | Cable de cobre | Cable de aluminio |
| 15 | 2,082 (14) | --- |
| 20 | 3,307 (12) | --- |
| 30 | 5,26 (10) | --- |
| 40 | 5,26 (10) | --- |
| 60 | 5,26 (10) | --- |
| 100 | 8,367 (8) | 13,3 (6) |
| 200 | 13,3 (6) | 21,15 (4) |
| 300 | 21,15 (4) | 33,62 (2) |
| 400 | 33,62 (2) | 42,41 (1) |
| 500 | 33,62 (2) | 53,48 (1/0) |
| 600 | 42,41 (1) | 67,43 (2/0) |
| 800 | 53,48 (1/0) | 85,01 (3/0) |
| 1000 | 67,43 (2/0) | 107,2 (4/0) |
| 1200 | 85,01 (3/0) | 126,7 (250) |
| 1600 | 107,2 (4/0) | 177,3 (350) |
| 2000 | 126,7 (250) | 202,7 (400) |
| 2500 | 177,3 (350) | 304 (600) |
| 3000 | 202,7 (400) | 304 (600) |
| 4000 | 253,4 (500) | 405,37 (800) |
| 5000 | 354,7 (700) | 608 (1200) |
| 6000 | 405,37 (800) | 608 (1200) |

Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados para 0 a 2000 V nominales y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores activos en una canalización, cable o directamente enterrados, para una temperatura ambiente de 30 °C.

| mm ² | 60 °C | 75 °C | 90 °C | 60 °C | 75 °C | 90 °C | AWGkcmil |
|-----------------|-----------|---|---|----------|-------------------|---|----------|
| | TIPOS TW* | TIPOS RHW*, THHW*, THW*, THW-LS, THWN*, XHHW* | TIPOS RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-2*, THW-LS, THWN-2*, XHHW*, XHHW-2 | TIPOS UF | TIPOS RHW*, XHHW* | TIPOS RHH*, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2 | |
| Cobre | | | Aluminio | | | | |
| 0,8235 | --- | --- | 18 | --- | --- | --- | 18 |
| 1,307 | --- | --- | 24 | --- | --- | --- | 16 |
| 2,082 | 25* | 30* | 35* | --- | --- | --- | 14 |
| 3,307 | 30* | 35* | 40* | --- | --- | --- | 12 |
| 5,26 | 40 | 50* | 55* | --- | --- | --- | 10 |
| 8,367 | 60 | 70 | 80 | --- | --- | --- | 8 |
| 13,3 | 80 | 95 | 105 | 60 | 75 | 80 | 6 |
| 21,15 | 105 | 125 | 140 | 80 | 100 | 110 | 4 |
| 26,67 | 120 | 145 | 165 | 95 | 115 | 130 | 3 |
| 33,62 | 140 | 170 | 190 | 110 | 135 | 150 | 2 |
| 42,41 | 165 | 195 | 220 | 130 | 155 | 175 | 1 |
| 53,48 | 195 | 230 | 260 | 150 | 180 | 205 | 1/0 |
| 67,43 | 225 | 265 | 300 | 175 | 210 | 235 | 2/0 |
| 85,01 | 260 | 310 | 350 | 200 | 240 | 275 | 3/0 |
| 107,2 | 300 | 360 | 405 | 235 | 280 | 315 | 4/0 |
| 126,67 | 340 | 405 | 455 | 265 | 315 | 355 | 250 |
| 152,01 | 375 | 445 | 505 | 290 | 350 | 395 | 300 |
| 177,34 | 420 | 505 | 570 | 330 | 395 | 445 | 350 |
| 202,68 | 455 | 545 | 615 | 355 | 425 | 480 | 400 |
| 253,35 | 515 | 620 | 700 | 405 | 485 | 545 | 500 |

Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados individualmente de 0 a 2000 V nominales, al aire para una temperatura del aire ambiente de 30 °C

| mm ² | 60 °C | 75 °C | 90 °C | 60 °C | 75 °C | 90 °C | AWGkcmil |
|-----------------|------------------------------------|--|---|--------------|--------------------------------|-----------------------------------|----------|
| | TIPOS: TW*, TWD*, CCE TWD-UV | TIPOS: RHW*, THHW*, THW*, THW-LS, THWN*, XHHW*, TT | TIPOS: RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THHW-LS, THW-2*, XHHW*, XHHW-2, | TIPOS UF* | TIPOS RHW*, XHHW*, BM-AL | TIPOS RHW-2, XHHW, XHHW-2, DRS | |
| | Cobre | | | Aluminio | | | |
| 0,8235 | --- | --- | 14 | --- | --- | --- | 18 |
| 1,307 | --- | --- | 18 | --- | --- | --- | 16 |
| 2,082 | 20* | 20* | 25* | --- | --- | --- | 14 |
| 3,307 | 25* | 25* | 30* | --- | --- | --- | 12 |
| 5,26 | 30 | 35* | 40* | --- | --- | --- | 10 |
| 8,367 | 40 | 50 | 55 | --- | --- | --- | 8 |
| 13,3 | 55 | 65 | 75 | 40 | 50 | 60 | 6 |
| 21,15 | 70 | 85 | 95 | 55 | 65 | 75 | 4 |
| 26,67 | 85 | 100 | 110 | 65 | 75 | 85 | 3 |
| 33,62 | 95 | 115 | 130 | 75 | 90 | 100 | 2 |
| 42,41 | 110 | 130 | 150 | 85 | 100 | 115 | 1 |
| 53,48 | 125 | 150 | 170 | 100 | 120 | 135 | 1/0 |
| 67,43 | 145 | 175 | 195 | 115 | 135 | 150 | 2/0 |
| 85,01 | 165 | 200 | 225 | 130 | 155 | 175 | 3/0 |
| 107,2 | 195 | 230 | 260 | 150 | 180 | 205 | 4/0 |
| 126,67 | 215 | 255 | 290 | 170 | 205 | 230 | 250 |
| 152,01 | 240 | 285 | 320 | 190 | 230 | 255 | 300 |
| 177,34 | 260 | 310 | 350 | 210 | 250 | 280 | 350 |
| 202,68 | 280 | 335 | 380 | 225 | 270 | 305 | 400 |
| 253,35 | 320 | 380 | 430 | 260 | 310 | 350 | 500 |