



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Tuxtla
Gutiérrez

TECNOLOGICO NACIONAL DE MEXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIERREZ

REPORTE TECNICO DE RESIDENCIA

ESTUDIO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA DE LA PLANTA DE ALIMENTOS BALANCEADOS ALBASUR DE ACUERDO A LA NOM-022-STPS-2015

CARRERA: INGENIERÍA ELÉCTRICA

AUTOR: YULIANA ELIZABETH TAPIA VALLADARES

NO. DE CONTROL: 14270533

ASESORES

DOC. RAFAEL MOTA GRAJALES.

ING. JORGE LUIS SUAREZ ZOZAYA.

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS, ENERO- JUNIO 2019

Índice

1. Introducción.....	4
1.1 Antecedentes.....	4
1.2 Estado del Arte.....	5
1.3 Justificación.....	5
1.4 Objetivos.....	6
2. Fundamento teórico.	7
2.1 Definición.....	7
2.2 Importancia de un sistema de puesta a tierra.....	7
2.3 Elementos de un sistema de puesta a tierra.....	8
2.3.1 Electrodo.....	9
2.3.2 Conductores del sistema de puesta a tierra.....	11
2.3.3 Conectores y/o soldadura.....	11
2.4 Sistemas de protección contra descargas atmosféricas.....	13
2.5 Resistividad del terreno.....	15
2.5.1 Variables que afectan la resistividad del terreno.....	15
2.6 Métodos y dispositivos para la medición de resistividad del terreno.....	17
2.6.1 Método de los tres puntos o de potencial.....	19
2.6.2 Método de los dos puntos o método directo.....	20
2.7 Normatividad vigente.....	21
2.7.1 NOM-022-STPS-2015.....	21
3. Desarrollo.....	23
3.1 Información de la empresa.....	23
3.2 Ubicación de los electrodos de puesta a tierra.....	24
3.4 Resultado de puntos de medición.....	24
3.5 Plan de corrección del sistema de puesta a tierra.....	35
4. Resultados.....	36
4.1 Resultados de mediciones	38

4.1Conclusiones.....	39
BBIBLIOGRAFIA.....	40
ANEXO A.....	41
ANEXO B.....	43
ANEXO C.....	44
ANEXO D.....	45

1. Introducción

1.1 Antecedentes

La tierra como elemento eléctrico, desempeña varias funciones: 1) circuito de retorno de corrientes eléctricas, es decir, para cerrar circuitos; 2) disipar corrientes eléctricas hacia el seno de la tierra; por ejemplo, las corrientes del rayo, y 3) polo eléctrico, por ejemplo, en las telecomunicaciones.

En el primero de los casos, dentro de la técnica de la energía eléctrica, la tierra hace la función de un conductor, operando en paralelo con los conductores metálicos, y por ello la circulación de la corriente eléctrica a través de la tierra es posible gracias a su conductividad natural y su característica eléctrica es la conductividad γ , la cual puede representarse por medio de una magnitud escalar, que bien se le puede considerar como un índice de la facilidad del transporte de electricidad.

La conductividad γ de la tierra es de naturaleza macroscópica, ya que su magnitud depende de varios factores: la clase de roca, sus propiedades fisicoquímicas y eléctricas, de su contenido de humedad y/o agua, del medio, entre otros factores. En consecuencia, la conductividad de la tierra puede variar entre muy amplios límites, aun tratándose de la misma naturaleza geológica y/o de una zona delimitada de terreno.

Cuando Thomas Alva Edison inició su compañía eléctrica de iluminación y el sistema eléctrico de distribución utilizó un conductor aislado (de tierra) para conducir la corriente eléctrica, utilizaba la tierra (terreno natural) como conductor para el retorno de la corriente eléctrica a su origen.

Esta corriente que fluía por la tierra (terreno natural) no tenía control, con lo cual resultaba la muerte de personas y animales, por lo cual Thomas Alva Edison modificó el sistema eléctrico en 3 fases, similares a las que se usan hoy en día en las industrias y en nuestros hogares.

El mayor debate fue si se debían o no poner a tierra los sistemas eléctricos, hasta que en el año de 1913 el NEC (NATIONAL ELECTRICAL CODE) obligaba a que los sistemas eléctricos con una tensión mayor de 150 Volts, medidos de fase a fase, fueron puestos a tierra. Hoy en día, el documento principalmente utilizado para diseñar un sistema de puesta a tierra en subestaciones eléctricas, es el IEEE-STD-80

Hoy en día, tanto en Estados Unidos como en México, las compañías suministradoras utilizan la tierra (terreno natural) como conductor parcial de retorno de la corriente eléctrica a su origen, trayendo como consecuencia que fluyan corrientes eléctricas sin control por la tierra (terreno natural) tuberías metálicas o materiales conductivos.

Esta corriente que fluye por terrenos naturales es peligrosa y puede dañar a los seres humanos, y a diferentes tipos de animales. Por lo tanto, la seguridad eléctrica es fundamental para la protección de descargas eléctricas a las personas y a los equipos.

La puesta a tierra en algunos casos es generalmente recomendada, aunque hay ciertas excepciones. Existen varios métodos y criterios para la puesta a tierra, y cada uno de ellos tiene su propio objetivo. Los métodos son aplicados a los sistemas eléctricos industriales que distribuyen y utilizan la energía en alta, media y baja tensión.

1.2 Estado del arte

Cárdenas, (2015), realizó la investigación: Estudios de los sistemas de puesta a tierra de los edificios de: bellas artes, centro multidisciplinario, industrial, administrativo, bienestar universitario y centro de innovación y desarrollo tecnológico de la universidad tecnológica de Pereira. En la universidad tecnológica de Pereira, Facultad de Tecnología Pereira 2015. El objetivo de este trabajo es la realización de los estudios de la puesta a tierra de las instalaciones de la universidad tecnológica de Pereira con el fin de verificar con el cumplimiento de la resistencia del STP según el estándar IEEE 80 y la norma RETIE. [1]

Villagómez, valencia (2010) realizaron la investigación: Análisis del sistema de puesta a tierra de la casa de la cultura Núcleo Del Guayas. La finalidad de este trabajo es analizar el Sistema de Puesta a Tierra con el fin de elaborar un Informe Técnico direccionado a las autoridades de la Institución. [2]

Ajín Monroy, Guatemala (2012) realizó la investigación: Análisis del sistema de puesta a tierra de la subestación Guatemala Este, con el objetivo de esta investigación es realizar un análisis para el diseño de un sistema de puesta a tierra de manera que se puedan proporcionar consideraciones y lineamientos para el diseño del sistema de puesta a tierra de una subestación eléctrica. [3]

Morales, Chile (2008) realizó la investigación: proyecto de electrodo de puesta a tierra terrestre para sistema HVDC, con la finalidad de proponer objetivos que permitan definir la calidad del terreno para la instalación eléctrica de un sistema de puesta a tierra para un sistema HVCD. De igual forma estimar los potenciales en la superficie del suelo en el entorno del electrodo a utilizar en la instalación, por ultimo evaluar los costos del proyecto. [4]

Yanque, Perú (2006) realizó la investigación: Diseño de redes de puesta a tierra en subestación de corriente alterna. Con la finalidad de describir los métodos necesarios para la realización de un diseño de sistema de puesta a tierra, así como describir el funcionamiento de la misma. [5]

1.3 Justificación

La importancia de dar cumplimiento a las normas que han sido establecidas a lo largo de los años en el territorio mexicano, tiene como finalidad, establece reglas, especificaciones, atributos, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación. en el caso de las normas de la Secretaria del Trabajo y Prevención Social, es con la finalidad de proteger la salud de los trabajadores de manera que se puedan prevenir accidentes y enfermedades relacionadas con la actividad laboral.

De igual manera es de suma importancia tener conocimiento del comportamiento de la electricidad y los riesgos que latentes que se tiene cuando se utiliza, ya que hoy en día es un elemento imprescindible en el progreso de la humanidad, principalmente en el ámbito industrial, ya que, en ellas, su principal fuente de energía, es la energía eléctrica como tal, para dar funcionamiento a sus equipos industriales y sus procesos.

Uno de los elementos más importantes de una instalación eléctrica es la toma de tierra, también conocida como puesta a tierra. Pese a no ser un elemento visible, el sistema de puesta a tierra es imprescindible para la seguridad de las personas y los equipos, ya que protege de diferencias de potencial peligrosas, como las descargas eléctricas atmosférica y las descargas eléctricas estáticas.

1.4 Objetivos

Realizar un estudio del sistema de puesta a tierra de la Planta de alimentos ALBASUR para dar cumplimiento con los lineamientos establecidos en la NOM-022-STPS-2015.

Los objetivos específicos son:

- Realizar la Medición de la resistencia de la red de puesta a tierra, para dar cumplimiento a la Normatividad que estipula la Secretaria del Trabajo y Previsión Social, para prevenir los riesgos por electricidad.
- Realizar la comprobación de continuidad eléctrica en los puntos de conexión a tierra de los equipos que puedan generar o almacenar energía estática.
- Elaborar un estudio detallado de los resultados obtenidos de las pruebas de campo con el objetivo de conocer las condiciones en que se encuentra el sistema de puesta a tierra de la planta de alimentos ALBASUR.
- Realizar si el caso lo requiera, un plan de corrección del sistema de puesta a tierra para dar cumplimiento a la NOM-022-STPS-2015.

2. Fundamento Teórico

2.1 Definición.

Un sistema de puesta a tierra es la conexión eléctrica entre un equipo eléctrico o circuito eléctrico a la tierra física, con la finalidad de conducir corrientes de fallas, ya sea producido por fallas atmosféricas, fallas en aislamientos, corrientes transitorias, etc.

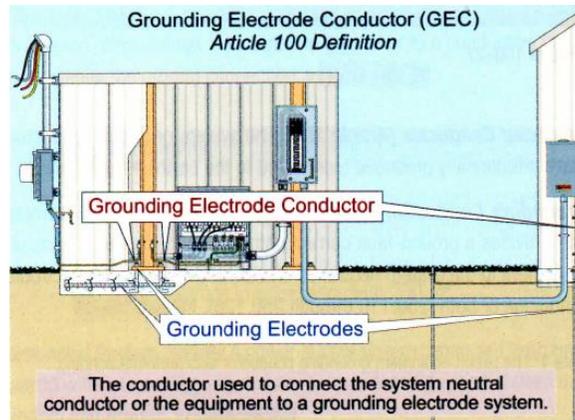


Fig. 1. Sistema de puesta a tierra. Ilustración tomada de National Electrical code.

2.2 Importancia de un sistema de puesta a tierra.

Sin duda alguna una parte fundamental de las instalaciones eléctrica es el sistema de puesta a tierra. Ya que un sistema de puesta a tierra consiste en interconectar a todo aquel objeto que pueda servir como conductor de energía eléctrica en caso de que por cualquier motivo (descarga atmosférica, falla en aislamiento de algún conductor, corriente transitoria, etc.) ocurriera una falla eléctrica a tierra.

Siendo ejemplo de estos los conductores, equipos eléctricos, partes metálicas, electrodos, etc., con el fin de proporcionar un camino de retorno para la corriente de falla que se llegara a producir dentro o fuera de la instalación eléctrica, y así evitar daños a equipos y salvaguardar la integridad de las personas que se encuentren dentro y fuera de las instalaciones en ese momento, es por eso que los sistemas de puesta a tierra son una parte muy importante dentro de un sistema eléctrico.

La tierra y la puesta a tierra proveen:

- Una conexión de baja impedancia entre el equipo y los objetos metálicos adyacentes para minimizar las descargas eléctricas peligrosas al personal.

- Un camino de retorno de baja impedancia de la corriente de falla para el funcionamiento adecuado de los fusibles o interruptores automáticos.
- Un camino de baja impedancia para las corrientes producidas por las descargas atmosféricas.
- Un camino de baja impedancia para la descarga de cargas estáticas antes de que se produzca un arco eléctrico.

Esto se debe gracias a la circulación de la corriente eléctrica a través de la tierra, esto es posible gracias a su conductividad natural de la tierra física, su característica eléctrica es la conductividad Y la cual puede representarse por medio de una magnitud escalar, que bien se le puede considerar como un índice de la facilidad del transporte de electricidad.

Las funciones principales de un sistema de puesta a tierra son:

- Conducir a tierra todas las corrientes anormales que se originan como consecuencia en los gabinetes metálicos de los equipos eléctricos energizados.
- En estado estacionario, las puestas a tierra disminuyen las tensiones de elementos metálicos que se encuentran influenciados por inducciones de objetos energizados.
- Cuando se presentan las descargas atmosféricas, proporcionan un camino seguro para la corriente eléctrica del rayo.
- Proporcionar un medio para disipar la corriente eléctrica en la tierra bajo condiciones normales o de cortocircuito, sin exceder ningún límite operacional de los equipos o afectar adversamente la continuidad del servicio.
- Asegurar el buen funcionamiento de los equipos de protección de una red, lo cual garantizara el adecuado aislamiento de las porciones de dicha red que estén en falla.
- Minimizar la interferencia de los circuitos de transmisión y distribución sobre los sistemas de comunicaciones y control.
- Mantener ciertos puntos de una red a un nivel de potencial definido con referencia a la tierra.
- Evitar las descargas eléctricas estáticas en atmosferas explosivas.
- Proteger la red contra los efectos de las descargas atmosféricas.
- Permitir la utilización de la tierra como camino de retorno en la transmisión de energía en corriente continua.

De esta manera un sistema de puesta a tierra permite garantizar la seguridad e integridad de las personas que se encuentran en los centros de trabajos.

2.3 Elementos de un sistema de puesta a tierra.

Para realizar un estudio de cualquier sistema de puesta a tierra, es necesario tener conocimientos de todos los elementos que hacen posible una puesta a tierra, dichos elementos podemos clasificarlos de la siguiente manera:

- Electrodo
- Conductor
- Conectores

2.3.1 Electrodo

El elemento central de una instalación de puesta a tierra es el electrodo, que según la NOM-001-SEDE-2012 el electrodo de puesta a tierra: es un objeto conductor a través del cual se establece una conexión directa a tierra. este elemento metálico puede ser de fierro, acero, cobre, aluminio, etc. Por medio por el cual se introduce la corriente a la tierra; los electrodos adoptan formas geométricas bien ensayadas para tal fin y son: semiesferas, pica (tubo, varilla, bastón, etc.) banda (conductor, etc.) placas y anillos.

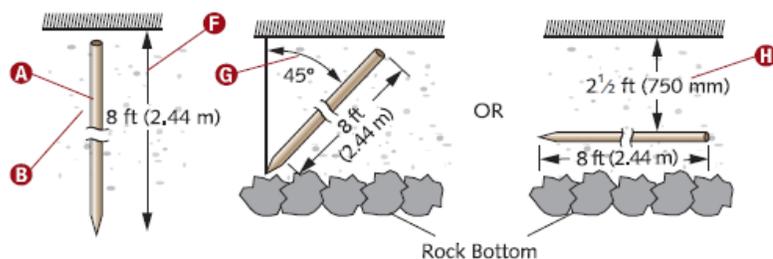


Fig. 2. Electrodo tipo Barra. Ilustración tomada de *Illustrated Guide to the National Electrical Code*.

Electrodo tipo Barra. este tipo de electrodo es el más comúnmente utilizado en las instalaciones eléctricas ya que es relativamente barato y pueden usarse para alcanzar en profundidad, suelo de baja resistividad, sólo con excavación limitada y relleno. Están disponibles en diversos tamaños, longitudes, diámetros y materiales. La barra es de cobre puro o de acero recubierto de cobre.

Comunmente se utiliza la Varilla Copperweld. Es el electrodo más comúnmente usado ya que es muy económico, este electrodo no tiene mucha área de contacto, pero si una longitud considerable, el cual logra hacer contacto con dos o más capas de tierra (algunas veces más húmedas) y obtener valores bajos de resistencia. Se fabrican de acero cubierto de cobre (copperweld), el cual combina las ventajas del cobre con la alta resistencia mecánica del acero, su longitud es de 3.05 metros y los diámetros comerciales son: 5/8" y 3/4", expresado en milímetros 14.3 mm² y 19 mm².

Electrodo tipo Placa. Según la NOM-001-SEDE-2012 Art. 250-52(7). Cada electrodo de placa debe contener mínimo 0.20 m² de superficie expuesta al suelo. Los electrodos de placas de hierro o acero, desnudos o con recubrimiento conductor, deben de tener como mínimo 1.52 milímetros de espesor, además en el art. 250-53(3) (h) se especifica que este tipo de electrodo se debe de instalar a una distancia mínima de 75 centímetros por debajo de la superficie de la tierra. Este tipo de electrodos al tener una gran área de contacto se recomienda que se use en terrenos que tengan una gran resistividad.

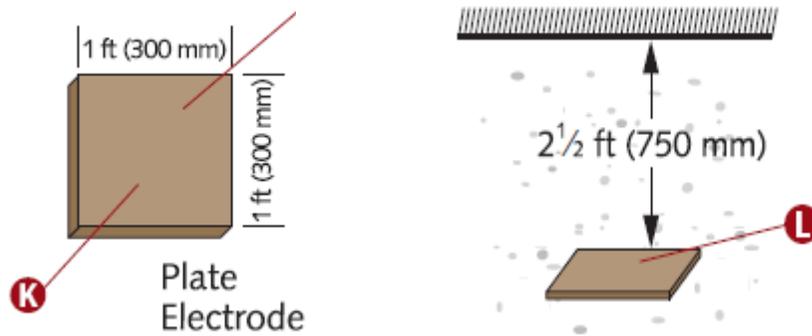


Fig. 3. Electrodo tipo placa ilustración tomada de Illustrated Guide to the National Electrical Code.

Anillo de tierra. Es un anillo en contacto directo con la tierra, que rodea el edificio o estructura, con una longitud mínima de 6 metros de conductor de cobre desnudo de tamaño 33.6 mm² (2 AWG) o mayor. Este tipo de electrodo se deberá enterrar a una profundidad mínima de 75 centímetros. Art. 250-52(4) y Art. 250-53(3) (f) (NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEDE-2012 Instalaciones Eléctricas, 2012).

Otros electrodos. Según la NOM-001-SEDE-2012, en su artículo 250-52(a) establece que además de los electrodos ya antes mencionados también se pueden usar como electrodo de puesta a tierra los siguientes elementos:

- Las tuberías metálicas para agua siempre y cuando estén en contacto directo con la tierra 3 metros o más.
- Las estructuras metálicas de los edificios solo si está conectada a tierra mediante alguno de los siguientes métodos:
 - (1) Cuando menos un elemento metálico estructural está en contacto directo con la tierra 3 metros o más, con o sin recubrimiento.
 - (2) Los tornillos de sujeción de alguna estructura están conectados a un electrodo recubierto en concreto, y este está localizado en los pilotes o la cimentación. Estos tornillos deberán estar conectados por medio de soldadura autógena, eléctrica o por soldadura exotérmica.
- Electrodo recubierto en concreto, estos electrodos deben de consistir al menos de:
 - (1) Una o más barras o varillas reforzadas de acero, desnudas o galvanizadas con zinc u otro recubrimiento eléctricamente conductor, de al menos 13 milímetros de diámetro e instaladas en una longitud continua de 6 metros.
 - (2) Conductor desnudo de cobre no menor que 21.2 mm² (4 AWG).

No permitido para uso como electrodo de puesta a tierra. Los siguientes materiales no podrán ser usados como electrodos de puesta a tierra de acuerdo con el Art. 250-52(b):

- Sistemas de tubería metálica subterránea para gas.
- Aluminio.

2.3.2 conductor

Para formar un sistema de puesta a tierra eficiente, se debe interconectar el conductor de puesta a tierra de equipos al conductor del electrodo de puesta a tierra formando puentes de unión. El Material del conductor del electrodo de puesta a tierra debe ser cobre, aluminio o aluminio revestido de cobre.

El material seleccionado debe ser resistente a cualquier condición corrosiva existente en la instalación o debe estar protegido adecuadamente contra la corrosión artículo 250-62 de la NOM-001-SEDE-2012. El conductor del electrodo de puesta a tierra debe estar dimensionado de acuerdo a la tabla 250-66 de la NOM-001-SEDE-2012. Presentado en el anexo I.

Para el caso del conductor de puesta a tierra de equipos, el material usado puede ser cobre, aluminio, o aluminio recubierto de cobre. Puede ser sólido o cableado, aislado, cubierto o desnudo, en forma de un alambre o una barra de cualquier forma. En caso de que se usen conductores cubiertos o aislados individualmente deben tener un acabado exterior continuo color verde.

El tamaño de los conductores de puesta a tierra de equipos no debe ser menor a los mostrados en la tabla 250-122 de la NOM-001-SEDE-2012 que se muestra en el anexo I pero en ningún caso se exigirá que sean mayores a los conductores que alimentan al equipo.

Un conductor de puesta a tierra de equipo no se debe utilizar como conductor del electrodo de puesta a tierra. Cuando se incrementa el tamaño de los conductores de fase, también se debe incrementar el tamaño de los conductores de puesta a tierra de equipos.

Conductor de puesta a tierra de los equipos: trayectorias conductoras utilizadas para conectar las partes metálicas, que normalmente no conducen corrientes, de todos los equipos y al conductor de sistema de puesta a tierra o al conductor del electrodo de puesta a tierra o a ambos.

Capacidad adecuada del conductor de puesta a tierra: El conductor de puesta a tierra deberá ser capaz de conducir la corriente de falla a tierra sin deteriorarse. La instalación eléctrica puede presentar trayectorias en paralelo de retorno de falla a tierra con una capacidad de corriente inadecuada.

2.3.3 conectores y/o soldadura.

Los conectores son los elementos que se utilizan para unir los conductores de puesta a tierra, a los electrodos con los conductores de la malla y para la conexión de la puesta a tierra de equipos al sistema de puesta a tierra. La NOM-001-SEDE-2012 en su artículo 250-8. Establece los métodos permitidos para conectar los conductores de puesta a tierra, los conductores del electrodo de puesta a tierra y los puentes de unión, que son los siguientes.

- Conectores a presión.
- Barras terminales.
- Conectores a presión aprobados para puesta a tierra de equipos y para unión.

- Procesos de soldadura exotérmica.
- Abrazaderas tipo tornillo que enrosquen por lo menos dos hilos o que se aseguren con una tuerca.
- Pijas que entren cuando menos dos hilos en la envolvente.
- Conexiones que son parte de un ensamble.
- Otros medios aprobados.

Dejando en claro que se pueden usar dispositivos de conexión o accesorios que dependan únicamente de soldadura de bajo punto de fusión.

Características de los conectores. El conector será de cobre o aleación de cobre y debe ser apto para usar a la intemperie y además debe tener un buen agarre sobre los conductores después de ser instalado, de acuerdo a las instrucciones del fabricante, de tal forma que no presente incrementos de resistencia y temperaturas por encima de los límites establecidos para cada tipo de conector, además debe presentar un acabado uniforme, las superficies deben estar exentas de grietas, de aristas agudas o de rebabas que puedan dañar los conductores al ser instalados.

El cuerpo del conector debe tener una forma geométrica tal que garantice la fuerza de compresión aplicada en la superficie de contacto. El conector debe ser dúctil de tal forma que sea fácil de realizar los esfuerzos de compresión. El conector debe sujetar permanentemente los cables o conductores sin deformarlos de tal manera que estén dentro de los límites de elasticidad del material.

El diseño del conector debe garantizar su correcto funcionamiento, para el rango de calibres de conductores y para todas las herramientas mecánicas de compresión manual y automática, además deberá tener identificado las zonas o puntos donde se le realiza la compresión, también deberá indicar el tipo de dados y el número de compresiones. Y así eliminar la necesidad de realizar reaprietos u otro tipo de mantenimiento preventivo o periódico.

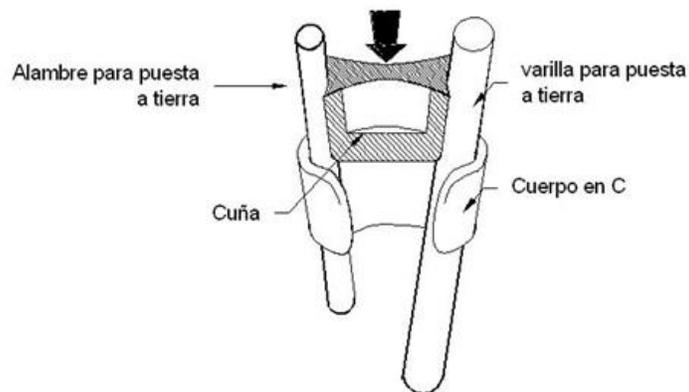


Fig. 7. Conector de puesta a tierra tipo cuña.

2.4 Sistema de protección contra descargas atmosféricas

Las tensiones inducidas en los sistemas eléctricos resultan de la potencia existente entre la nube y la tierra, cuando se rompe el dieléctrico entre la nube y la tierra, en este caso el dieléctrico es el aire, se desarrolla una corriente de descarga, estas corrientes van desde unos cientos Amperes a más de 50 KA, la duración es rápida del orden de 50 a 100 microsegundos.

Los niveles grandes de corrientes asociados a la descarga atmosférica en la tierra crean un volumen ionizante dentro de la tierra (región ionizante). Esta región es de particular importancia en el impacto de la descarga atmosférica sobre los circuitos electrónicos cercanos y/o de los cables conductores. Las descargas eléctricas entre nubes pueden inducir transitorios en los conductores enterrados o aéreos.

La proximidad de los equipos y circuitos a un evento de descarga atmosférica pueden producir campos electromagnéticos destructivos a una distancia de 6 a 9 m., debido a que las tensiones de descargas están entre 5 a 40 kV y los niveles de energía tienden a ser de orden de unidades de milijoules hasta cientos de milijoules.

Los circuitos electrónicos que físicamente están cercanos, pero que no están en contacto directo con la trayectoria de la descarga atmosférica, pueden tener interferencias con la señal de proceso y siempre en peligro cuando ocurre una descarga atmosférica.

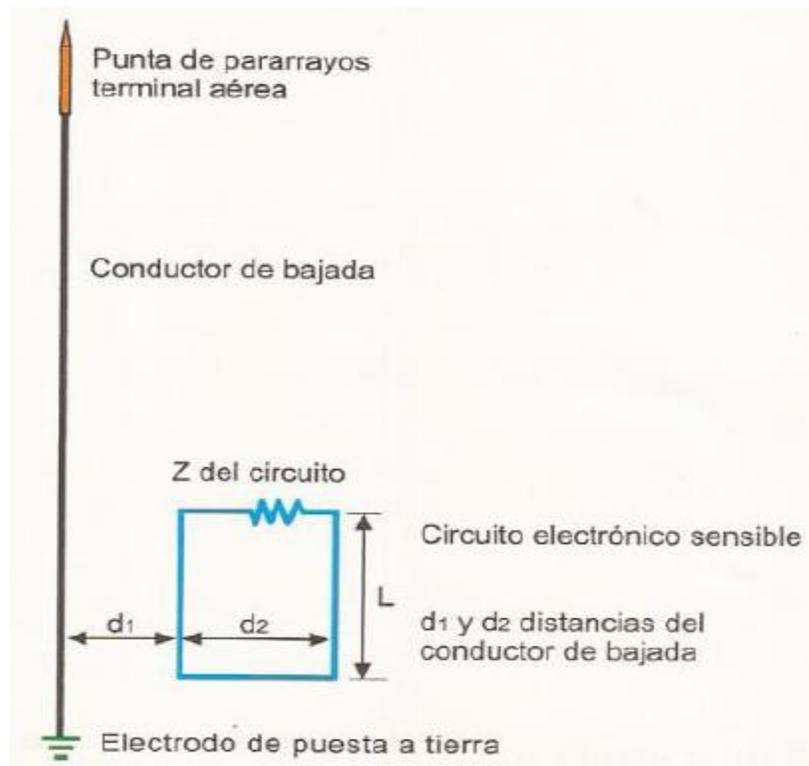


Fig. 8. Tensión inducida en un circuito electrónico sensible. Ilustración extraída del Libro de Oro de Puesta a Tierra.

Un sistema de protección contra descargas atmosféricas son dispositivos Los Sistemas de Protección contra Descargas Atmosféricas son dispositivos que desvían el rayo a tierra. Un protector contra sobretensión incorporado al medidor, crea una vía para conducir el exceso de tensión a tierra, y permite que ingrese a la vivienda la tensión de nivel seguro.

Las descargas atmosféricas no pueden ser detenidas, por tal motivo la energía debe de ser desviada de manera segura, ya que estas ocurren con diferentes intensidades, el sistema instalado deberá de proteger contra sus efectos, considerando las descargas promedio sobre un área.

Lo que debe proporcionar Un sistema de protección contra descargas atmosféricas, son lo siguiente:

- Capturar el impacto del rayo directo en puntos preferentes y conocidos. Esto significa la instalación de uno o más terminales aéreas de captación en los edificios.
- Conducir la descarga a tierra de una forma segura a través de una ruta conocida. Se debe instalar dos o más sistemas de conducción o bajantes a tierra.
- Disipar a tierra las descargas del rayo. Esto requiere la instalación y mantenimiento de un sistema de puesta a tierra efectivo y de baja impedancia.
- Eliminar inducciones a través de tierra o lazos de tierra. Se requiere la planificación cuidadosa de la creación de un sistema de puesta a tierra. Una red de tierras de baja impedancia es esencial.
- Proteger todas las líneas de potencia que entren en la estructura o edificio contra sobretensiones. Se requiere la instalación de protectores o filtros reductores específicos contra sobretensiones, equipos estabilizadores, sistemas de alimentación ininterrumpida y otras medidas dependiendo de las circunstancias de cada lugar.
- Proteger todas las líneas de datos y de señal que entren o salgan de la estructura o edificio contra sobretensiones. Esto implica la instalación de barreras y aparatos de protección de alta velocidad y la correcta puesta a tierra de los cables con pantalla electrostática.



Fig. 9. Puesta a Tierra de un sistema de Pararrayo.

2.5 Resistividad del terreno.

Conocer el tipo de terreno o desuelo en donde se pondrá el sistema de puesta a tierra es clave fundamental ya que este tiene una resistencia natural, y es necesario tener conocimiento en qué tipo de suelo se encuentra nuestro sistema de puesta a tierra, de manera que se utilice de la forma más óptima para la seguridad del personal y los equipos.

Existe una gran cantidad de tipos de suelos en todo el mundo con características únicas y diferentes entre sí de los cuales cada uno presenta diferentes tipos de resistencia y conductividad eléctrica, algunos de los cuales pueden presentar una alta resistencia y por lo tanto ser un mal conductor.

La resistividad del terreno depende de la naturaleza química, de la humedad presente, de la temperatura y de otras condiciones. Uno de los métodos para conocer la resistividad del terreno es de forma empírica mediante tablas conociendo el tipo de terreno. Aunque no se recomienda utilizarlas, puesto que no se puede pensar en un tratamiento analítico del problema sin antes considerar un gran número de variables y posibilidades, las cuales dadas las diversas cualidades del terreno sean desfavorables. Tabla 3 en anexo I.

2.5.1 Variables que afectan la resistividad del terreno.

Para cualquier tipo de terreno, existen condiciones o factores que pueden variar su resistividad significativamente, y es importante tomarlos en cuenta a la hora de diseñar, algunos de ellos son la humedad, la temperatura, la compactación del suelo, la concentración de sales disueltas y los cambios climáticos en el terreno.

Estratigrafía del terreno. La resistividad del terreno varía tanto en sentido horizontal como en vertical. En general la variación de resistividad en la dirección horizontal es reducida comparada con las dimensiones normales de una puesta a tierra y puede por lo tanto ser despreciada. Los terrenos están formados por diferentes capas de agregados y por lo tanto de distintas resistividades.

Por consiguiente, en los casos prácticos, un terreno puede ser razonablemente representado por un modelo de estratos paralelos a la superficie del suelo, caracterizado cada uno de ellos por su espesor y un valor constante de resistividad. El estrato homogéneo más profundo se considera de espesor infinito. Entonces la resistividad media o aparente será la combinación de las resistividades de todas las capas que componen el terreno.

Humedad. La humedad que posee un terreno determina fuertemente su resistividad. Debido a su estado higrométrico, el agua que contiene o absorbe el terreno es el que influye. Por esto, siempre que se añada agua al terreno disminuirá su resistividad respecto a la que tendría si estuviera seco. Además, el contenido de humedad también depende de los cambios climáticos en las diferentes épocas del año.

En épocas de lluvias, el nivel freático se aproxima a la superficie del terreno, presentando éste una resistividad menor que en el periodo de sequía, en el que dicho nivel se aleja en profundidad de la superficie. Por lo tanto, el valor del grado de humedad no es constante,

pero tampoco se puede decir que es nulo, ni siquiera en las zonas desérticas donde rara vez hay humedad.

Temperatura. La temperatura del terreno es otro factor importante a considerar, como se explicó arriba un terreno seco es un buen aislador; el aire, el sol y las capas de arena seca de la superficie favorecen mucho esta condición. En general, el grosor de tales capas secas no es muy grande alcanzan entre 10 y 20 centímetros.

Sin embargo, para zonas frías donde en invierno el suelo se congela hasta una cierta profundidad, la temperatura toma más importancia. La resistividad crece lentamente a medida que la temperatura disminuye hasta llegar al punto de congelación del agua. Por debajo del punto de congelación la resistividad crece rápidamente al disminuir la temperatura.

La escarcha generalmente tiene una penetración más profunda de entre 50 a 100 centímetros o más dependiendo el estrato. En estos casos el sistema de puesta a tierra debe instalarse por debajo del nivel de congelación si se pretende obtener un valor aceptable de resistividad a lo largo del año. En lugares donde la temperatura disminuye de 20 °C a -10 °C la resistividad puede variar alrededor de 200 veces.

Debido a que la temperatura y la humedad son más estables a mayor distancia de la superficie se concluye que para ser más efectivo al sistema de puesta a tierra en cualquier época del año se deben enterrar profundamente los electrodos. Este es uno de los motivos del porque se entierran a 3m las varillas (electrodos), puesto que cuando se llega a la capa freática la resistencia no solo es baja, sino que también es estable.

Concentración de sales disueltas. La concentración de sales disueltas en el terreno es un factor determinante en la resistividad del mismo. Al existir una mayor concentración de sal en el suelo, éste mejora su conductividad. En forma general, entonces, se puede decir que, para mejorar la conductividad de un terreno, incluso si era malo y hacerlo bueno se logra simplemente añadiendo sales

Para comprender este fenómeno, sólo se debe recordar el comportamiento eléctrico del agua. El agua disocia las sales en iones y cationes que se encargan de transportar los electrones por el terreno. En los lugares de lluvias estacionales, hay que tener muy presente estos fenómenos, debido a que en la época de lluvias el terreno presenta una resistividad muy baja (la lluvia disuelve las sales del terreno), mientras que en la época seca la resistividad es muy alta.

Compactación del terreno. La compactación del suelo también influye en la resistividad del terreno, cuanto más compacto se encuentre mejor será la conductividad del terreno. Esto tiene porque cuando se colocan los electrodos de varilla y el conductor de la malla, la vibración al ir enterrando va creando pequeños espacios en entre la varilla y el terreno por lo que después habrá que compactar de nuevo para tener un mejor contacto electrodo-terreno.

2.6 Métodos de medición de la resistencia a tierra de un electrodo de puesta a tierra

La medición de la resistencia a tierra de un electrodo de puesta a tierra se deberá realizar con un instrumento de medición de resistencia a tierra de tres puntos.

La resistencia a tierra de cualquier sistema de electrodos de puesta a tierra, teóricamente puede ser calculada por formulas basadas en las siguientes formulas generales.

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (1)$$

Donde:

ρ = Resistividad del terreno en Ohms-m

L= es la longitud en metros

A= área de la sección transversal en m^2

Existen muchos factores indeterminados en cualquier fórmula para el cálculo de la resistencia a tierra, como, por ejemplo, la resistividad del terreno variara inversamente con la temperatura del terreno y directamente con el contenido de humedad y con la profundidad.

Es necesario realizar la medición de la resistencia a tierra por un método directo después de que el sistema de puesta a tierra ha sido determinado; además se recomienda que se efectúen las mediciones de la resistencia a tierra de cada uno de los electrodos de puesta a tierra durante su instalación.

Los principios utilizados en la medición de la resistencia a tierra son esencialmente los mismos que son usados en las mediciones de otros tipos de resistencias. Es muy importante que las mediciones de las resistencias a tierra se hagan durante la instalación y periódicamente se hagan durante un año, para observar los cambios que sufre con el tiempo; se recomienda que se efectúe 2 mediciones cada año durante la época de lluvias y otra durante la época de secas, y los resultados asentarlos en una bitácora única del mantenimiento del sistema de puesta a tierra.

Estas mediciones se efectúan con un instrumento de medición de resistencia de tierra calibrado, de 3 ó 4 puntos.

Para entender el principio de medición de la resistencia a tierra, se considerará el siguiente diagrama eléctrico.

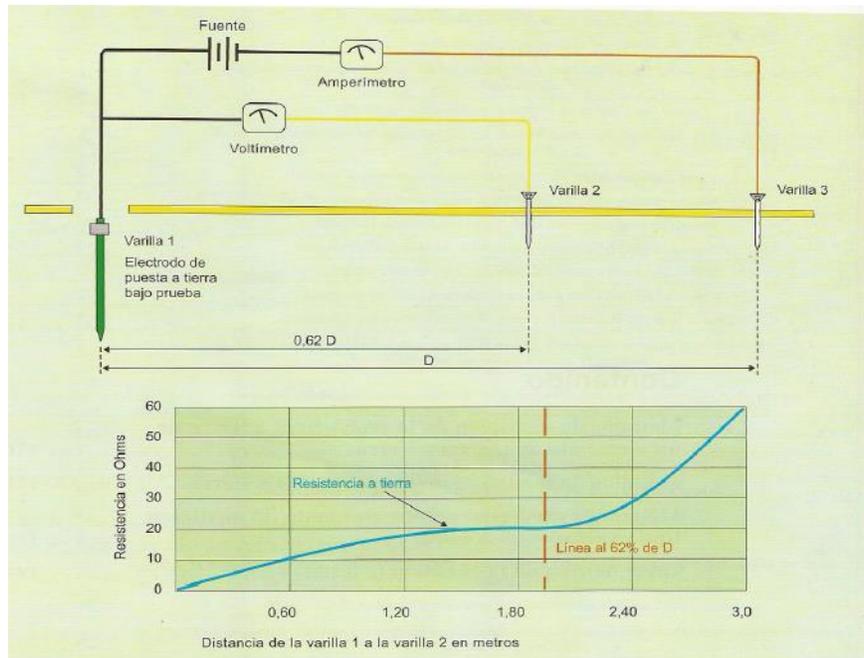


Fig. 10. Principio de medición de la resistencia a tierra ilustración tomada del Libro de Oro de pues a tierra.

Teniendo como base un electrodo de puesta a tierra como el de la figura cuando se incrementa la distancia afuera del electrodo de puesta a tierra, las líneas de tierra son más grandes en superficie y, por lo tanto, la resistencia es baja. Ahora, asumiendo que las varillas se encuentran dentro del terreno y distanciadas, se aplicara una tensión tal y como se ve en la figura anterior.

La corriente que para a través de la varilla 1 y 3, es medida por un amperímetro, la tensión entre la varilla 1 y 2 será medida por un voltímetro.

Si la varilla 2 es localizada en varios puntos entre la varilla 1 y 3 preferentemente en una línea recta, se podrá conseguir una serie de lecturas de tensión. Por la ley de Ohm:

$$R = \frac{E}{I} \quad (2)$$

Los valores de la resistencia pueden ser graficados contra la distancia para obtener una curva. Si la varilla 2 es movida en dirección de la varilla 1, los valores de la resistencia a tierra se incrementarán, pero el incremento conseguido será menos y menos hasta un punto alcanzado, donde el rango del incremento llegará a ser menos, por lo que se considerará constante.

Las líneas de tierra entre las dos varillas (1 y 2) tiene una gran superficie que adicionan poco, en el valor la resistencia total a la tierra. Entonces, en este punto, así como la varilla 2 se acerca

a las líneas de tierra de la varilla 3, la resistencia gradualmente se eleva. cerca de la varilla 3, los valores suben bruscamente.

2.6.1 método de los tres puntos o de potencial.

Este método de medición es recomendado por la IEEE Std 1100-2005

Antes de realizar la prueba debe tener la instalación eléctrica energizada mediante un procedimiento de seguridad eléctrica en el punto en el que se desea realizar la prueba. Para ello es importante no desconectar ninguna puesta a tierra de ningún equipo, subestación o transformador que se encuentre energizado, ya que puede sufrir una descarga eléctrica y dañar los equipos que se encuentran energizados.

Posteriormente se procede a desconectar el conductor del electrodo de puesta a tierra, colocar el instrumento de medición en un lugar apropiado y mediante una cinta métrica, trace un alineamiento recta imaginaria desde el electrodo bajo prueba.

De acuerdo al espacio que tenga para realizar la medición, deberá de colocar la varilla de prueba 3 del instrumento de medición a una distancia D , que se medirá desde el electrodo de bajo prueba, para este procedimiento la distancia D será de 20m.

Posteriormente se coloca la varilla de prueba 2 del instrumento de medición a una distancia del 62% D , medida del electrodo bajo prueba en línea recta. Se colocan los cables al electrodo de prueba, a la varilla de prueba 2 y a la varilla de prueba 3. Y por último se realiza la prueba de acuerdo a las especificaciones del instrumento de medición.

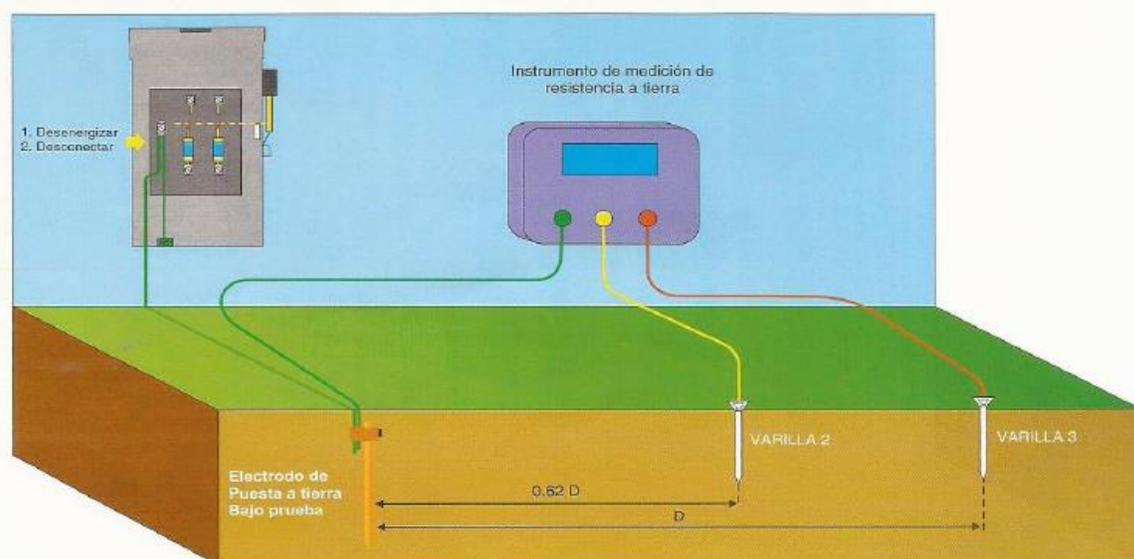


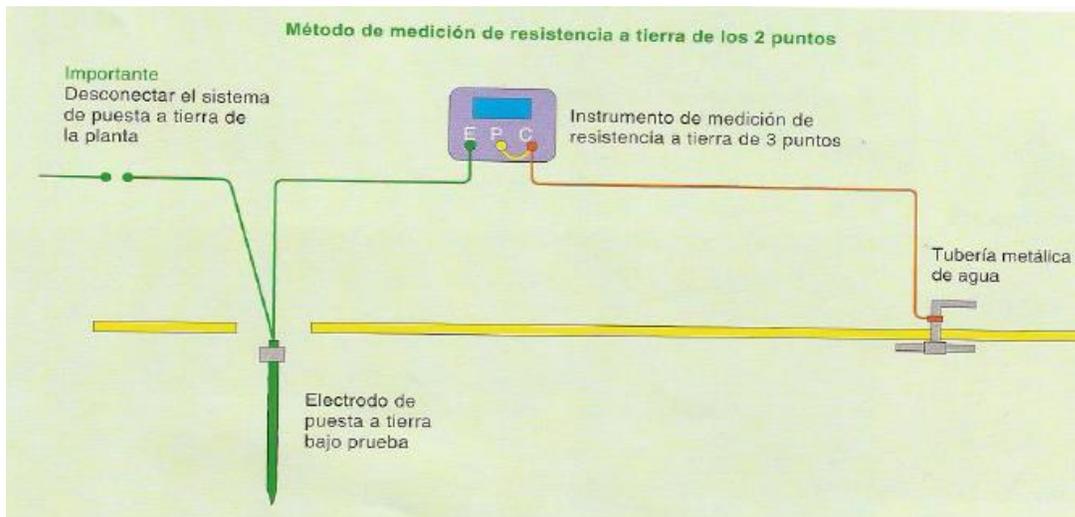
Fig. 11. Método de medición de los 3 puntos. Ilustración tomada del Libro de Oro de Puesta a Tierra.

2.6.2 Método de los 2 puntos o método directo.

Es uno de los más simples para obtención de la resistencia a tierra de un electrodo de puesta a tierra; una lectura con resistencia baja indicara una alta calidad en la conexión a tierra. Este método se utiliza cuando no existe terreno natural para enterrar las varillas de prueba y se deberá considerar lo siguiente.

- La tubería de agua deberá estar en contacto con el suelo y deberá de tener una baja resistencia.
- La tubería de agua deberá ser metálica sin conexión aislada.
- La tubería de agua deberá estar a fuera de la influencia de la esfera.

Este método es auxiliar para conocer la resistencia a tierra del electrodo de puesta a tierra, pero es poco recomendable ya que puede dar lecturas erróneas.



*Fig. 13. Método de medición de los dos puntos aproximados.
Ilustración tomada del Libro de Oro de Puesta a Tierra.*

Otro método que se utiliza cuando hay concreto, es colocar una varilla de prueba del instrumento de medición sobre el concreto y agregar agua.

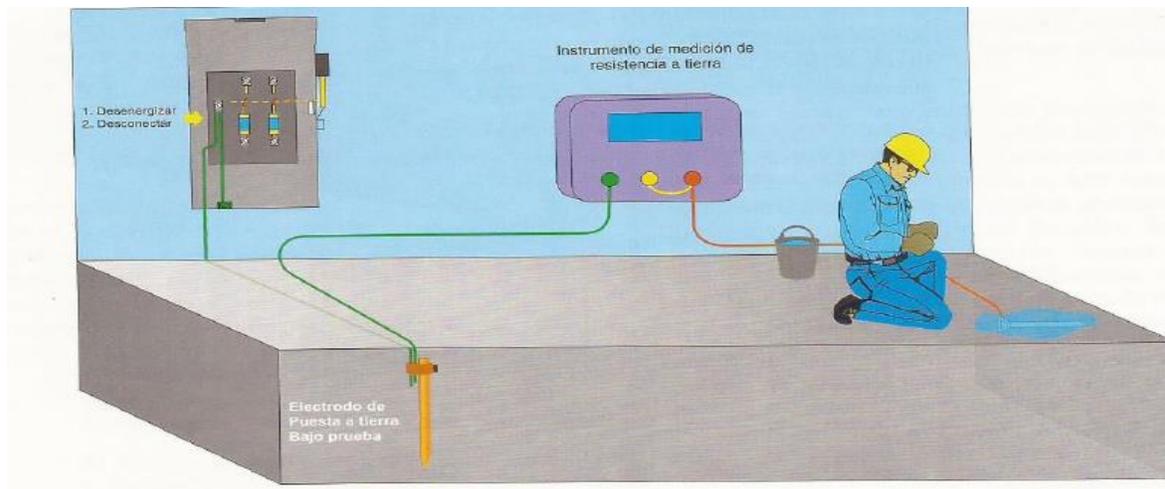


Fig. 14. Método de medición de 2 puntos en concreto. Ilustración tomada del Libro de Oro de Puesta a Tierra.

2.7 Normatividad vigente

El objetivo principal de una Norma Oficial Mexicana de Seguridad y Salud en el Trabajo es establecer medidas legales sobre la higiene y seguridad en las instalaciones de cualquier establecimiento, de modo que el patrón está obligado a dar cumplimiento a ellas, para prevenir accidentes que puedan darse al momento del uso de maquinarias, instrumentos y materiales de trabajo, de igual manera es necesario tener una buena organización dentro de las instalaciones, para asegurar la integridad de los trabajadores.

Las normas oficiales mexicanas que emite la Secretaría del Trabajo y Previsión Social determinan las condiciones mínimas necesarias para la prevención de riesgos de trabajo y se caracterizan por que se destinan a la atención de factores de riesgo, a los que pueden estar expuestos los trabajadores.

2.7.1 NOM-022-STPS-2015

El objetivo principal de la NOM-022-STPS-2015 es establecer las condiciones de seguridad en los centros de trabajo para prevenir los riesgos por electricidad estática, así como por descargas eléctricas atmosféricas. Dentro de todo el territorio nacional y aplicada en todos los centros de trabajo donde se almacenen, manejen o transportan sustancias inflamables o explosivas, o en aquellas en que, por la naturaleza de sus procesos, materiales y equipos, sean capaces de almacenar o generar cargas eléctricas estáticas.

La NOM-022-STPS-2015 exige al patrón un sistema de puesta a tierra, para los dispositivos o equipos que sean propicios a acumular cargas eléctricas estáticas en las instalaciones o procesos, estos dispositivos pueden ser aquellos dispositivos con conexión a tierra, materiales conductivos, dependiendo de cada proceso que realice la empresa.

En las zonas donde se almacenen, manejen o transporten sustancias inflamables o explosivas se debe conectar a tierra las partes metálicas que no estén destinadas a conducir energía

eléctrica, tales como tanques metálicos, maquinarias o tuberías. De modo que los valores de resistencia de la red de puesta a tierra que sean obtenidas por medio de las pruebas realizadas, debe de ser de un valor menor a 10 Ohms (Ω).

De igual manera otro aspecto relevante que exige esta Norma Oficial Mexicana de Seguridad e Higiene en los centros de trabajos es la instalación de pararrayos en las áreas o instalaciones donde se almacene, maneje o transporte sustancias inflamables o explosivas, tales como combustibles, que son comúnmente utilizado en la industria. Esta red de puesta a tierra de pararrayos debe estar conectado con otras redes de puesta a tierra, tales como las de motores, subestación o sistema eléctrico en general.

Cuando se realice la medición de puesta a tierra de un sistema de pararrayo tal como lo marca la Norma Oficial Mexicana de Seguridad e Higiene, los valores que debe arrojar las mediciones deben estar comprendidos entre 0 y 25 Ohms (Ω) Con el objetivo de drenar las corrientes generadas por las descargas atmosféricas y que estas tengan un menor índice de resistencia .

DESARROLLO

A continuación, se muestra el estudio de puesta a tierra realizado a la empresa “Alimentos Balanceados del Sur S.A. de C.V.”

3.1 Información de la empresa

ALBASUR S.A. DE C.V. es una empresa que se dedica a abastecer alimentos balanceados de alta calidad a granjas avícolas, porcícolas y ganaderas dentro del estado de Chiapas, con la finalidad de ser los mejores dentro del estado.

Tabla 1. Datos generales de la empresa.

Nombre del Encargado de la planta	ING. MIGUEL A. MATA MARTINEZ
Nombre Fiscal de la Empresa	ALIMENTOS BALANCEADOS DEL SUR S. A DE C.V.
Nombre Comercial	ALBASUR
Domicilio	KM. 15 CARRETERA TUXTLA-OCOZOCOAUTLA S/N C.P. 29130., BERRIOZABAL CHIAPAS
Localidad	BERRIOZABAL
Estado	CHIAPAS



Fig. 16. Ubicación de ALBASUR S. A. DE C.V. imagen tomada de Google Maps.

Tabla 2. Resultados de punto de medición, Tanque de combustible.

SITIO DE ESTUDIO: TANQUE DE COMBUSTIBLE			
NUMERO DE MEDICION :	1	NOMBRE DE ELECTRODO	ELECTRO DE PUESTA A TIERRA DE TANQUE DE COMBUSTIBLE.
FOTOGRAFIAS:			
			
RESULTADO DE MEDICION (Ω)	CONTINUIDAD:	HUMEDAD:	
5.6 OHMS	(X) SI () NO	76%	
METODO DE MEDICION	METODO DE CAIDA DE TENSION		
INFORMACION DEL EQUIPO DE MEDICION DE TIERRA.			
NOMBRE GENERICO DEL EQUIPO:	MEDIDIOR DE RESISTENCIA DE TIERRA.		
MARCA: UNI-T	MODELO: UT522	NO. SERIE: C150641335	
OBSERVACIONES			
Para realizar la medicion de puesta a tierra, se procedió a conectarse a la parte metálica de los tanque de combustible como marca la NOM-022-STPS-2015.			

Tabla 3. Resultados de punto de medición, Tanque de combustible.

SITIO DE ESTUDIO: TANQUE DE COMBUSTIBLE			
NUMERO DE MEDICION:	2	NOMBRE DE ELECTRODO	ELECTRO DE PARARRAYO DE TANQUE DE COMBUSTIBLE
FOTOGRAFIAS:			
			
RESULTADO DE MEDICION (Ω):	CONTINUIDAD:	HUMEDAD:	
9.5 OHMS	(X) SI () NO	76%	
METODO DE MEDICION	METODO DE CAIDA DE TENSION		
INFORMACION DEL EQUIPO DE MEDICION			
NOMBRE GENERICO DEL EQUIPO:	MEDIDIOR DE RESISTENCIA DE TIERRA.		
MARCA: UNI-T	MODELO: UT522	NO. SERIE: C150641335	
OBSERVACIONES			
El tipo de pararrayo de las instalaciones es dipolo corona y cumple con el calibre de conductor de puesta a tierra.			

Tabla 4. Resultados de punto de medición, Tanque de grasa.

SITIO DE ESTUDIO: TANQUE DE GRASA			
NUMERO DE MEDICION:	3	NOMBRE DE ELECTRODO	ELECTRO DE PARARRAYO DE TANQUE DE GRASA
FOTOGRAFIAS:			
			
RESULTADO DE MEDICION (Ω):	CONTINUIDAD:	HUMEDAD:	
8.32 OHMS	(X) SI () NO	76%	
METODO DE MEDICION	METODO DE CAIDA DE TENSION		
INFORMACION DEL EQUIPO DE MEDICION			
NOMBRE GENERICO DEL EQUIPO:	MEDIDOR DE RESISTENCIA DE TIERRA.		
MARCA: UNI-T	MODELO: UT522	NO. SERIE: C150641335	
OBSERVACIONES			
El tipo de pararrayo de las instalaciones es dipolo corona y cumple con el calibre de conductor de puesta a tierra.			

Tabla 5. Resultados de punto de medición, Calderas.

SITIO DE ESTUDIO: CALDERAS			
NUMERO DE MEDICION:	4	NOMBRE DE ELECTRODO	ELECTRO DE PUESTA A TIERRA
FOTOGRAFIAS:			
			
RESULTADO DE MEDICION (Ω):	CONTINUIDAD:	HUMEDAD:	
5.4 OHMS	(X) SI () NO	76%	
METODO DE MEDICION	METODO DE CAIDA DE TENSION		
INFORMACION DEL EQUIPO DE MEDICION			
NOMBRE GENERICO DEL EQUIPO:	MEDIDOR DE RESISTENCIA DE TIERRA.		
MARCA: UNI-T	MODELO: UT522	NO. SERIE: C150641335	
OBSERVACIONES			

Tabla 6. Resultados de punto de medición, Tanque de grasa.

SITIO DE ESTUDIO: TANQUE DE GRASA			
NUMERO DE MEDICION:	5	NOMBRE DE ELECTRODO	ELECTRO DE PUESTA A TIERRA
FOTOGRAFIAS:			
			
RESULTADO DE MEDICION (Ω)	CONTINUIDAD:		HUMEDAD:
5.6 OHMS	(X) SI () NO		
METODO DE MEDICION	METODO DE CAIDA DE TENSION		
INFORMACION DEL EQUIPO DE MEDICION			
NOMBRE GENERICO DEL EQUIPO:	MEDIDOR DE RESISTENCIA DE TIERRA.		
MARCA: UNI-T	MODELO: UT522	NO. SERIE: C150641335	
OBSERVACIONES			
El tipo de pararrayo de las instalaciones es dipolo corona y cumple con el calibre de conductor de puesta a tierra.			

Tabla 7. Resultados de punto de medición, subestación.

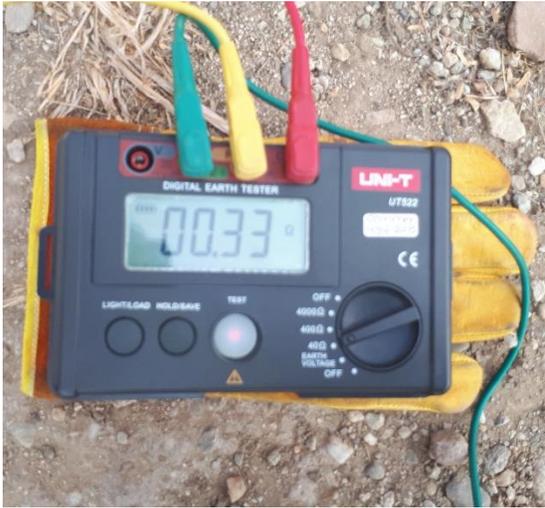
SITIO DE ESTUDIO: SUBESTACION			
NUMERO DE MEDICION:	6	NOMBRE DE ELECTRODO	ELECTRO DE PUESTA A TIERRA
FOTOGRAFIAS:			
			
RESULTADO DE MEDICION (Ω)	CONTINUIDAD:	HUMEDAD:	
0.33 OHMS	(X) SI () NO	76%	
METODO DE MEDICION	METODO DE CAIDA DE TENSION		
INFORMACION DEL EQUIPO DE MEDICION			
NOMBRE GENERICO DEL EQUIPO:	MEDIDIOR DE RESISTENCIA DE TIERRA.		
MARCA: UNI-T	MODELO: UT522	NO. SERIE: C150641335	
OBSERVACIONES			

Tabla 8. Resultados de punto de medición, Cuarto de combustible.

SITIO DE ESTUDIO: CUARTO DE COMBUSTIBLE			
NUMERO DE MEDICION:	7	NOMBRE DE ELECTRODO	ELECTRO DE PUESTA A TIERRA
FOTOGRAFIAS:			
			
RESULTADO DE MEDICION (Ω)	CONTINUIDAD:	HUMEDAD:	
7.59 OHMS	(X) SI () NO	76%	
METODO DE MEDICION	METODO DE CAIDA DE TENSION		
INFORMACION DEL EQUIPO DE MEDICION			
NOMBRE GENERICO DEL EQUIPO:	MEDIDIOR DE RESISTENCIA DE TIERRA.		
MARCA: UNI-T	MODELO: UT522	NO. SERIE: C150641335	
OBSERVACIONES			

Tabla 9. Resultados de punto de medición, Torre de producción.

SITIO DE ESTUDIO: TORRE DE PRODUCCION			
NUMERO DE MEDICION:	8	NOMBRE DE ELECTRODO	ELECTRO DE PARARRAYO
FOTOGRAFIAS:			
			
RESULTADO DE MEDICION (Ω)	CONTINUIDAD:	HUMEDAD:	
1.17 OHMS	(X) SI () NO	76%	
METODO DE MEDICION	METODO DE CAIDA DE TENSION		
INFORMACION DEL EQUIPO DE MEDICION			
NOMBRE GENERICO DEL EQUIPO:	MEDIDIOR DE RESISTENCIA DE TIERRA.		
MARCA: UNI-T	MODELO: UT522	NO. SERIE: C150641335	
OBSERVACIONES			

Tabla 10. Resultados de punto de medición, Elevador.

SITIO DE ESTUDIO: ELEVADOR			
NUMERO DE MEDICION:	9	NOMBRE DE ELECTRODO	ELECTRO DE PARARRAYO
FOTOGRAFIAS:			
			
RESULTADO DE MEDICION (Ω)		CONTINUIDAD:	HUMEDAD:
5.50 OHMS		(X) SI () NO	76%
METODO DE MEDICION	METODO DE CAIDA DE TENSION		
INFORMACION DEL EQUIPO DE MEDICION			
NOMBRE GENERICO DEL EQUIPO:		MEDIDIOR DE RESISTENCIA DE TIERRA.	
MARCA: UNI-T	MODELO: UT522	NO. SERIE: C150641335	
OBSERVACIONES			

Tabla 11. Resultados de punto de medición, Área de volcado y silos.

SITIO DE ESTUDIO: AREA DE VOLCADO Y SILOS			
NUMERO DE MEDICION:	10	NOMBRE DE ELECTRODO	ELECTRO DE PARARRAYO
FOTOGRAFIAS:			
			
RESULTADO DE MEDICION (Ω)	CONTINUIDAD:	HUMEDAD:	
2.1 OHMS	(X) SI () NO	76%	
METODO DE MEDICION	METODO DE CAIDA DE TENSION		
INFORMACION DEL EQUIPO DE MEDICION			
NOMBRE GENERICO DEL EQUIPO:	MEDIDIOR DE RESISTENCIA DE TIERRA.		
MARCA: UNI-T	MODELO: UT522	NO. SERIE: C150641335	
OBSERVACIONES			
El tipo de pararrayo de las instalaciones es dipolo corona y cumple con el calibre de conductor de puesta a tierra.			

3.4 Resultado de puntos de medición

A continuación, se muestran los resultados obtenidos mediante las mediciones en los puntos de puesta a tierra de la planta de alimentos ALBASUR

Tabla 12. Resultados de mediciones.

PUNTO DE MEDICION	AREA	VALOR MEDIDO	CONTINUIDAD
1	PUESTA A TIERRA DE TANQUES DE COMBUSTIBLE	5.6 Ohms	SI
2	PARARRAYOS TANQUES DE COMBUSTIBLE	9.5 Ohms	SI
3	PARARRAYOS DE TANQUES DE GRASA	8.32 Ohms	SI
4	CALDERAS	5.4 Ohms	SI
5	PUESTA A TIERRA DE TANQUES DE GRASA	5.6 Ohms	SI
6	SUBESTACION	0.33 Ohms	SI
7	CUARTO DE COMBUSTIBLE	7.59 Ohms	SI
8	PARARRAYOS TORRE DE PRODUCCION	1.17 Ohms	SI
9	PARARRAYOS ELEVADOR	5.50 Ohms	SI
10	PARARRAYOS AREA DE VOLCADOR Y SILOS	2.1 Ohms	SI

3.5 Plan de corrección del sistema de puesta a tierra

Al realizar el estudio y las pruebas de las instalaciones del sistema de puesta a tierra de la planta de alimentos Albasur S. A. de C.V. se pudo constatar que dicha instalación eléctrica se encuentra dentro de los rangos establecidos por la NOM-022-STPS-2015 vigente, por lo tanto, no se encontró la necesidad de llevar a cabo un plan de corrección del sistema de puesta a tierra.

Sin embargo, a continuación, se presenta los métodos más eficaces para corregir un sistema de puesta a tierra que presenten valores de resistencia muy elevada y que por lo tanto no cumplan con la NOM-022-STPS-2015 actualmente vigente en todo el territorio mexicano. A continuación, se muestran dichas alternativas.

Aumento de número de electrodos en paralelo: Al colocar varios electrodos en paralelo es una de las maneras más eficientes de mejorar los valores de resistencia de puesta a tierra, estos electrodos deben ser colocados a una cierta distancia, de modo que no queden muy cercanos uno del otro, ya que cada electrodo afecta la impedancia del circuito.

Aumento del diámetro de electrodos. La resistencia de un electrodo de sección circular se reduce al incrementar su diámetro, sin embargo, tiene un límite en el que ya no es recomendable aumentarlo debido a que el valor de la resistencia del terreno permanece prácticamente constante.

Aumento de la longitud de penetración de electrodo: Haciendo que el electrodo alcance capas más profundas del terreno se puede obtener una resistencia más baja, si el terreno presenta mayor porcentaje de humedad.

El tratamiento químico del suelo, permite mejorar los valores de resistencia de puesta a tierra sin necesidad de incrementar los números de electrodos o enterrarlos más, sino que basta con verter las sales puros dentro de los pozos de los electrodos.

Sales electrolíticas: Como anteriormente se ha mencionado, la conductividad eléctrica del suelo dependerá de diferentes variables, una de ellas es la humedad del suelo, que es inversamente proporcional a la resistividad de suelo, ya que el este puede conducir una corriente eléctrica por medio del agua que contiene electrolitos disueltos y por medio de cationes intercambiables que se encuentran cerca de la superficie de las partículas del suelo, cargadas de esta manera son eléctricamente móviles en el suelo.

Bentonita: Es una arcilla, de formación natural, que es levemente ácida, con un pH de 10,5. Puede absorber casi cinco veces su peso de agua y de este modo, expandirse hasta treinta veces su volumen seco. Su nombre químico es montmorillonita sódica. En terreno, puede absorber humedad del suelo circundante y ésta es la principal razón para usarla, ya que esta propiedad ayuda a estabilizar la impedancia del electrodo a lo largo del año. Tiene baja resistividad aproximadamente 5 ohm-metro y no es corrosiva.

Bajo condiciones extremadamente secas, la mezcla puede resquebrajarse ofreciendo así poco contacto con el electrodo. La Bentonita es de carácter tixotrópica y por lo tanto se encuentra

en forma de gel en estado inerte. La Bentonita se usa más a menudo como material de relleno al enterrar barras profundas. Se compacta fácilmente y se adhiere fuertemente.

Marconita: Es esencialmente un concreto conductivo en el cual un agregado carbonáceo reemplaza el agregado normal usado en la mezcla del concreto. Tiene algunas propiedades similares a la bentonita, es decir, provoca poca corrosión con ciertos metales y tiene baja resistividad. Cuando la Marconita se mezcla con concreto, su resistividad puede bajar tanto como a 0,1 ohm-metro. Mantiene su humedad aún bajo condiciones muy secas, de modo que ha sido usada en los climas más cálidos como una alternativa a la Bentonita.

4. Resultados

4.1 Resultados

A continuación, se presenta los resultados obtenidos a través de las mediciones de resistencia de puesta a tierra de la planta de alimentos ALBASUR según lo establecido en la NOM-022-STPS-2015 De modo de que todos los puntos de puesta a tierra medidos cumplen con los valores de resistencia mínimos aceptables en la Norma de Seguridad e Higiene en los centros de trabajos, por lo tanto, no hubo necesidad de proponer un plan de corrección en el sistema de puesta a tierra.

Tabla 13. Resultados de mediciones.

PUNTO DE MEDICION	AREA	VALOR MEDIDO	RESULTADO
1	PUESTA A TIERRA DE TANQUES DE COMBUSTIBLE	5.6 Ohms	CUMPLE
2	PARARRAYOS TANQUES DE COMBUSTIBLE	9.5 Ohms	CUMPLE
3	PARARRAYOS DE TANQUES DE GRASA	8.32 Ohms	CUMPLE
4	CALDERAS	5.4 Ohms	CUMPLE
5	PUESTA A TIERRA DE TANQUES DE GRASA	5.6 Ohms	CUMPLE
6	SUBESTACION	0.33 Ohms	CUMPLE
7	CUARTO DE COMBUSTIBLE	7.59 Ohms	CUMPLE
8	PARARRAYOS TORRE DE PRODUCCION	1.17 Ohms	CUMPLE
9	PARARRAYOS ELEVADOR 1	5.50 Ohms	CUMPLE
10	PARARRAYOS AREA DE VOLCADOR Y SILOS	2.1 Ohms	CUMPLE

4.2 Conclusiones y recomendaciones.

- Cada punto de puesta a tierra dentro de las instalaciones de la Planta de Alimentos ALBASUR S.A.DE C.V. cumple con el valor de resistencia mínimo requerido en la NORMA-022-STPS-2015.
- Los puntos de puesta a tierra estudiados no contaban con ningún registro de medición de años pasados, por lo cual se recomienda mantener un registro con las condiciones generales del sistema de puesta a tierra.
- Se recomienda hacer la medición de resistencia de puesta a tierra de las instalaciones cada 12 meses, y de igual forma comprobar la continuidad en los puntos de conexión de manera de estar cumpliendo con la NORMA-022-STPS, además de mantener un registro de tales estudios.
- Se recomienda mantener una bitácora de mantenimiento a los puntos de puesta a tierra para evitar corrosión en el punto de unión entre el cable y el electrodo. A demás de mantener los señalamientos de advertencia en buen estado.

BILIOGRAFIA

[1] Daza Guzmán Rafael, G. C. (2012). *DISEÑO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA DE LA UNIVERSIDAD DE LA COSTA APLICANDO LAS REGLAMENTACIONES VIGENTES*. Barranquilla, Colombia.

[2] Edison Gabriel Mora Villagomez, Carlos Enrique Muñoz Valencia, (2010) *ANALISIS DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA DE LA CASA DE LA CULTURA NUCLEO DEL GUAYAS*. Guayaquil, Ecuador.

[3] Miguel Ángel Ajín Monroy, (2012). *ANALISIS DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA DE LA SUBESTACION GUATEMALA ESTE*. Guatemala, Guatemala.

[4] Leopoldo Andrés Vallejo Hidalgo, (2008). *PROYECTO ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA TERRESTRE PARA SISTEMA HVDC*. Santiago de Chile, Chile.

[5] Mirko Mashenko Yanque Tomasevich (2006). *DISEÑO DE REDES DE PUESTA A TIERRA EN SUBESTACIONES DE CORRIENTE ALTERNA*. Lima, Perú.

[6] Oropeza Ángeles Javier. (2007). *LIBRO DE ORO DE PUESTA A TIERRA*. Ciudad de México, México.

[7] Secretaria de Energía (2012) *NORMA OFICIAL MEXICANA NOM- 001-SEDE-2012 Instalaciones eléctricas*, México.

[8] National Fire Protection Association (2017) *NATIONAL ELECTRICAL CODE HANDBOOK*, Quincy, Massachusetts.

[9] Charles R. Miller (2014) *ILLUSTRATED GUIDE TO THE NATIONAL ELECTRICAL CODE 6 TH EDITION*,

ANEXO A

Tabla A1. Conductor del electrodo de puesta a tierra para sistemas de corriente alterna. Conforme a la NOM-001-SEDE-2012

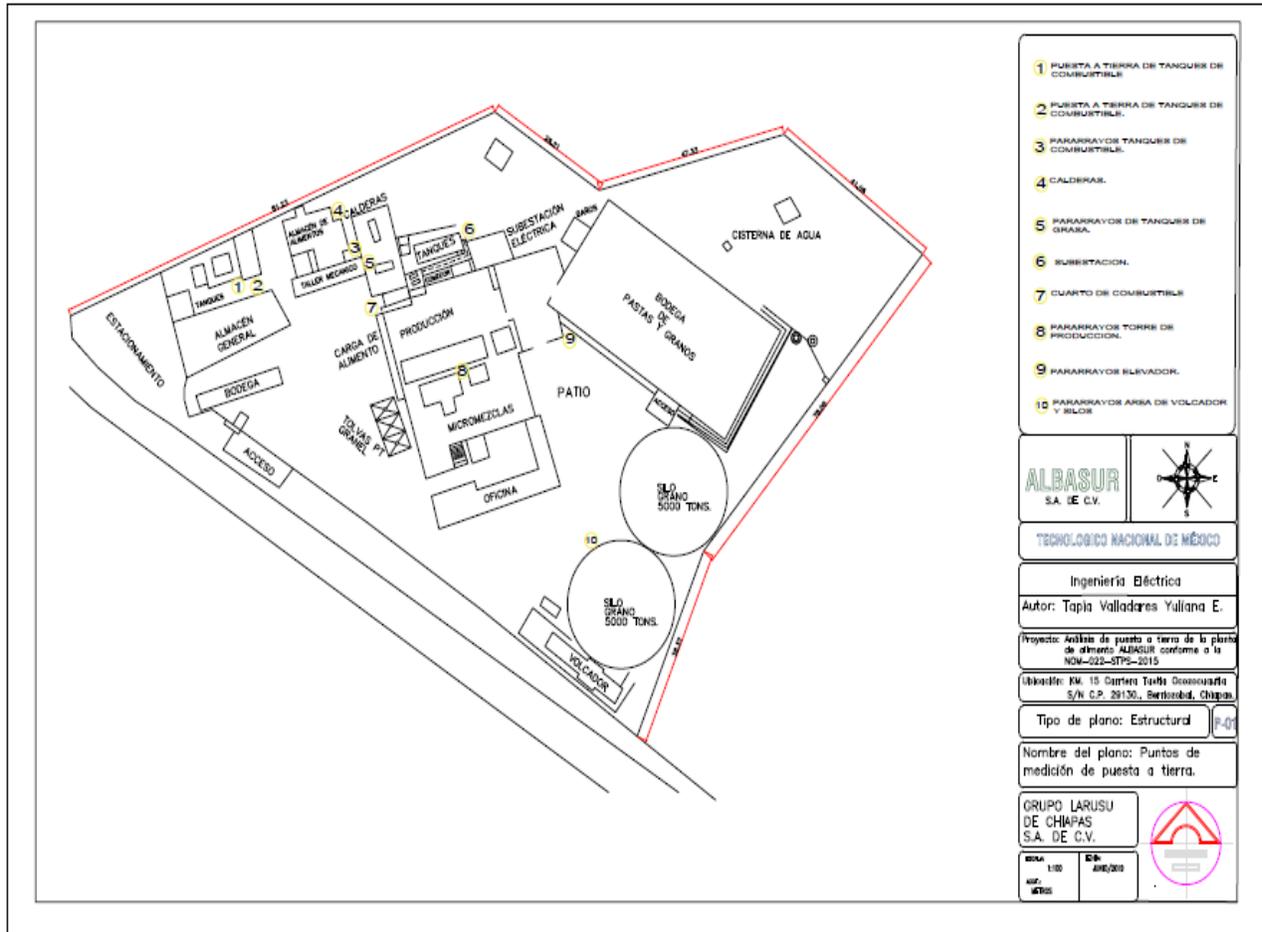
Tamaño del mayor conductor de entrada a la acometida o área equivalente para conductores en paralelo ^a				Tamaño del conductor al electrodo de puesta a tierra			
Cobre		Aluminio		Cobre		Aluminio ^b	
mm ²	AWG o kcmil	mm ²	AWG o kcmil	mm ²	AWG o kcmil	mm ²	AWG o kcmil
33.6 o menor	2 o menor	53.50 o menor	1/0 o menor	8.37	8	13.3	6
42.4 o 53.5	1 o 1/0	67.40 o 85.00	2/0 o 3/0	13.3	6	21.2	4
67.4 o 85.0	2/0 o 3/0	107 o 127	4/0 o 250	21.2	4	33.6	2
Más de 85.0 a 177	Más de 3/0 a 350	Más de 127 a 253	Más de 250 a 500	33.6	2	53.5	1/0
Más de 177 a 304.0	Más de 350 a 600	Más de 253 a 456	Más de 500 a 900	53.5	1/0	85.0	3/0
Más de 304 a 557.38	Más de 600 a 1100	Más de 456 a 887	Más de 900 a 1750	67.4	2/0	107	4/0
Más de 557.38	Más de 1100	Más de 887	Más de 1750	85.0	3/0	127	250

Tabla A2 tabla de tamaño mínimo de las condiciones d puesta a tierra para canalización y equipo, según la la NOM-001-SEDE-2012

Capacidad o ajuste del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc. Sin exceder de: Amperes	Tamaño			
	Cobre		Cable de aluminio o aluminio con cobre	
	mm2	AWG o kcmil	mm2	AWG o kcmil
15	2.08	14	3.31	-
20	3.31	12	5.26	-
60	5.26	10	8.37	-
100	8.37	8	13.30	6
200	13.30	6	21.20	4
300	21.20	4	33.60	2
400	33.60	2	42.40	1
500	33.60	2	53.50	1/0
600	42.40	1	67.40	2/0
800	53.50	1/0	85.00	3/0
1000	67.40	2/0	107	4/0
1200	85.00	3/0	127	250
1600	107	4/0	177	350
2000	127	250	203	400
2500	177	350	304	600
3000	203	400	304	600
4000	253	500	380	750
5000	355	700	608	1200
6000	405	800	608	1200

ANEXO B

PLANO ESTRUCTURAL DE LA PLANTA DE ALIMENTOS ALBASUR S.A. DE C.V.



ANEXO C

EQUIPO UTILIZADO:

Medidor digital de tierras.

Marca uni-t

Modelo ut522,

Número de serie c150641335



Equipo utilizado para medir humedad relativa:

Medidor de velocidad del viento, termómetro y humedad relativa

Marca: Aimo meter

Modelo: ms6252b

Número de serie: h11g-116024



ANEXO D

CERTIFICADO DE CALIBRACION DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDICION.



Certificado de Calibración

No. de Certificado: CEMMEX-E-1231/2018 <small>Certified number</small>	
Ciente <small>Customer</small>	Nombre: INGENIERIA Y VERIFICACIONES DEL SUR, S.C. <small>Customer's name</small>
	Domicilio: 12 PONIENTE NORTE No. 351, LOCAL 1, COL. MOCTEZUMA, C.P. 29030, TUXTLA GUTIERREZ, CHIAPAS, MEXICO <small>Address</small>
Instrumento <small>Instrument</small>	Descripción: MEDIDOR DIGITAL DE RESISTENCIA DE TIERRA <small>Description</small>
	Modelo: UT522 <small>Model type</small>
	Marca: UNI-T <small>Manufacturer</small>
	No. de serie: C150641335 <small>Serial number</small>
MAGNITUD: RESISTENCIA ELECTRICA <small>Quantity</small>	Identificación: EM-01
CONDICIONES DE RECEPCION Y ENTREGA:	
RECIBIDO: DENTRO DE TOLERANCIA FUNCIONANDO CORRECTAMENTE	
ENTREGADO: DENTRO DE TOLERANCIA	
CALIBRACION TRACEABLE CON REPORTE DE RESULTADOS, DENTRO DE ESPECIFICACIONES DE FABRICA	
FECHA DE EMISION: 2018 MAYO 23 <small>emission date</small>	FECHA DE CALIBRACION: 2018 MAYO 23 <small>Calibration date</small>
FECHA DE RECEPCION: 2018 MAYO 18 <small>receipt date</small>	VIGENCIA DE CALIBRACION: 2019 MAYO 23 <small>Calibration next</small>
Aprobó: <small>Approved by</small> ERNESTO ANDRADE JIMENEZ DIRECTOR GENERAL	Calibró: <small>Calibrated by</small> JAVIER ANDRADE PEREZ METROLOGO
PAGINA: 1/3	

CEMMEX-CC-2017

ESTE CERTIFICADO ES VALIDO SOLO EN SU FORMA ORIGINAL Y SOLO PUEDE SER REPRODUCIDO EN SU TOTALIDAD.
LOS RESULTADOS DE ESTE CERTIFICADO SON VALIDOS BAJO LAS MISMAS CONDICIONES DE CALIBRACION.
CENTRO DE METROLOGIA ESPECIALIZADA DE MEXICO, S.A. DE C.V.
AV. DE LOS DEPORTES No.9, COL. LAS ARBOLEDAS, C.P. 52950, ATIZAPAN DE ZARAGOZA, EDO. DE MEX.
TEL: 58617907 email: cemmexlogistica@gmail.com

DATOS DEL PATRON DE REFERENCIA CON TRAZABILIDAD A PATRONES PRIMARIOS DEL CENAM

DESCRIPCION: DECADA DE RESISTENCIA	IDENTIFICACION: CEMMEX-E-004
MARCA: G.R.	CALIBRADO POR: CEMMEX
MODELO: 1432N	TRAZABILIDAD: CENAM
SERIE: 23166	VIGENCIA DE CALIBRACION: 2018 DICIEMBRE

CEMMEX

OBSERVACIONES: EL EQUIPO NO REQUIRIO AJUSTE.

Las calibraciones se llevan a cabo bajo condiciones ambientales controladas y adecuadas a las especificaciones de exactitud de los instrumentos. CEMMEX utiliza procedimientos de calibración internos elaborados bajo principios físicos reconocidos, el personal esta capacitado y calificado para realizar las calibraciones utilizando patrones de referencia con trazabilidad a patrones primarios nacionales mantenidos por el CENAM.

Se intercomparó el instrumento previamente temperizado, por metodo directo con el patrón de referencia, los resultados son un promedio de 3 mediciones efectuadas por punto de calibración, aplicando las consideraciones necesarias.

Estas mediciones son trazables a los patrones nacionales mantenidos por el CENAM, los cuales son intercomparados periodicamente con patrones nacionales de otros países y, en su caso, con el patrón internacional.

Los valores reportados de incertidumbre corresponden a un factor de cobertura de 2 para un nivel de confianza de aproximadamente el 95%.

* Los sistemas de calibración de Cemmex, S.A. de C.V. cumplen con los requerimientos de la Norma ISO / IEC 17025: 2005 y la NMX-EC-17025-IMNC-2006 La incertidumbre se calculo de acuerdo a la NMX-CH-140-IMNC-2002

Es responsabilidad del usuario el recalibrar el instrumento en intervalos de tiempo apropiados.

El Centro de Metrología Especializada de Mexico, S.A. de C.V. cuenta con el acreditamiento ante la EMA, N° E-71

CEMMEX-CC-2017

ESTE CERTIFICADO ES VALIDO SOLO EN SU FORMA ORIGINAL Y SOLO PUEDE SER REPRODUCIDO EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE ESTE CERTIFICADO SON VALIDOS BAJO LAS MISMAS CONDICIONES DE CALIBRACIÓN.

CENTRO DE METROLOGIA ESPECIALIZADA DE MEXICO, S.A. DE C.V.

AV. DE LOS DEPORTES No.9, COL. LAS ARBOLEDAS, C.P. 52960, ATIZAPAN DE ZARAGOZA, EDO. DE MEX.

TEL: 58617907 email: cemmexlogistica@gmail.com

CONDICIONES DE CALIBRACION	
TEMPERATURA AMBIENTE: 22.6 °C ± 1°C	PROCEDIMIENTO CEMME-PC-01 DE CALIBRACIÓN: CEMME-PC-04
HUMEDAD RELATIVA: 50 % ± 5% H.R.	METODO DE MEDICION: DIRECTO

DATOS DE CALIBRACIÓN: COMO SE ENCONTRO

MAGNITUD

RESISTENCIA ELECTRICA

INTERVALO	VALOR DE REFERENCIA	VALOR BAJO CALIBRACION	ERROR ABSOLUTO	ERROR RELATIVO	± INCERT. EXPANDIDA
	Ω	Ω	Ω	%	%
40 Ω	1.00	1.01	0.01	1.00	2.8
	2.00	2.01	0.01	0.50	1.7
	4.00	4.02	0.02	0.50	1.3
	20.00	20.03	0.03	0.15	1.3
	39.00	38.89	-0.11	-0.28	1.9
	Ω	Ω	Ω	%	%
400 Ω	80.0	80.10	0.1	0.12	1.8
	200.0	200.10	0.1	0.05	1.3
	390.0	388.80	-1.2	-0.31	2.0
	Ω	Ω	Ω	%	%
4000 Ω	800	798.00	-2	-0.25	1.8
	2000	1993.00	-7	-0.35	1.3
	3900	3886.00	-12	-0.31	2.0

CEMMEX-CC-2017

ESTE CERTIFICADO ES VALIDO SOLO EN SU FORMA ORIGINAL Y SOLO PUEDE SER REPRODUCIDO EN SU TOTALIDAD.
LOS RESULTADOS DE ESTE CERTIFICADO SON VALIDOS BAJO LAS MISMAS CONDICIONES DE CALIBRACIÓN.
CENTRO DE METROLOGIA ESPECIALIZADA DE MEXICO, S.A. DE C.V.

AV. DE LOS DEPORTES No.9, COL. LAS ARBOLEDAS, C.P. 52950, ATIZAPAN DE ZARAGOZA, EDO. DE MEX.

TEL: 58617907 email: cemmexlogistica@gmail.com

INFORME DE CALIBRACION

INFORME No.- MM-54914-2018 **PAG.-** 1 **DE.-** 2
FECHA DE CAL.- 2018-06-08 **EMISION.-** 2018-06-08

CLIENTE.- GRUPO LARUSU DE CHIAPAS, S.A. DE C.V.
DIRECCION.- 15ª. Sur Poniente No. 165 Col. San Francisco Sabina, C.P. 29020, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

DATOS DEL EQUIPO SUJETO A CALIBRACION

INSTRUMENTO.- SENSOR DE HUMEDAD DE TERMOANEMOMETRO DIGITAL
MARCA.- AIMO **MODELO.-** MS6252B
SERIE.- H11G-L16024 **CODIGO.-** S/No.
EXACTITUD.- $\pm 3\%$ h.r. **RESOLUCION.-** 0,1 % h.r.
ALCANCE DE MEDICION.- 100 % h.r. **DIV. MIN.-** 0,1 % h.r.
PROCEDIMIENTO.- PH-800-4 **MAGNITUD.-** HUMEDAD
METODO UTILIZADO:- POR COMPARACION DIRECTA

DATOS DEL EQUIPO PATRON DE REFERENCIA

INSTRUMENTO.- MEDIDOR DIGITAL DE HUMEDAD RELATIVA
MARCA.- OMEGA
MODELO.- iTHX-SD
SERIE.- 17380554
CODIGO.- MM-2000-HR01
EXACTITUD.- $\pm 2\%$ h.r. (Alcance de 10% h.r. a 90% h.r.)
ALC. MAX.- 10 % h.r. a 100 % h.r. **RESOLUCION.-** 0,1 % h.r.
TRAZABLE A.- CENAM (Vía Laboratorio Ema-H-15)
VIGENCIA DEL PATRON.- 2018-NOVIEMBRE

EQUIPO DE APOYO: Cámara de estabilidad Marca: GAL-NOL Modelo: H-1208 Serie: H254670
Código: EQUIPO No. 7 Alcance.- 20% a 100% H.R. **Máxima Estabilidad.-** $\pm 0,42\%$ h.r.

CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE LA CALIBRACION

TEMPERATURA.- 25,8 °C $\pm 1,2$ °C **HUMEDAD REL.-** 44,5 % $\pm 2,1$ % H.R. **PRESION ATM.-** 775,7 hPa $\pm 0,9$ hPa

CALIBRACION REALIZADA EN.- Calzada México Tacuba No. 1186 Col. Argentina, Ciudad de México.
NORMATIVA (S) APLICADA (S).- NOM-008-SCFI-2002 / ASTM-D-4023-82 (Rev. 1989) / GUIA TECNICA CENAM
FECHA DE RECEPCIÓN DEL EQUIPO.- 2018-05-29

Orden de Servicio.- **0303**

Folio No. 16315

CALIBRÓ.- Tec. Enrique Villegas Nolasco.

AUTORIZÓ.- Ing. Luis Raúl Galindo Nolasco.

RESULTADO DE LA CALIBRACION.- Ver Hoja dos.

OBSERVACIONES.- NINGUNA.



RPS-01-09 (Rev. 5)

SE PROHIBE CUALQUIER MODIFICACION, REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACION POR ESCRITO DEL LABORATORIO DE METROLOGIA MESSTECHNIK, S.A. DE C.V.

**INFORME DE LECTURAS
MAGNITUD HUMEDAD**

SERIE: 1H11G-L16024

No.- MM-54914-2018

PAG: 2 DE: 2

FECHA.- 2018-06-08

CLIENTE.- GRUPO LARUSU DE CHIAPAS, S.A. DE C.V.

INSTRUMENTO.- SENSOR DE HUMEDAD DE TERMOANEMOMETRO DIGITAL

MARCA: AIMO MODELO: MS6252B

ALCANCE DE MEDICION DE: 100 % h.r.

**MEDICIONES DE HUMEDAD RELATIVA (% h.r.) REALIZADAS
DIRECTAMENTE AL SENSOR AMBIENTAL DEL INSTRUMENTO**

EL VALOR MEDIDO ES LA MEDIA DE CINCO MEDICIONES POR CADA COTA QUE SE EXPRESA

NOMINAL % h.r.	PATRON % h.r.	Valor Medido % h.r.	CORRECCION % h.r.	% ERROR RELATIVO	INCERTIDUMBRE ±% h.r.
30	30,40	33,7	-3,30	10,855	0,73
40	38,90	39,5	-0,60	1,542	0,78
50	50,20	49,5	0,70	-1,394	0,85
60	58,80	58,0	0,80	-1,361	0,95
70	70,30	69,0	1,30	-1,849	1,08
80	79,60	79,1	0,50	-0,628	1,28

CONSIDERANDO UN NIVEL DE CONFIANZA DE 95,45 %
FACTOR DE COBERTURA K=2

- 1.- LA INCERTIDUMBRE SE OBTUVO MULTIPLICANDO LA INCERTIDUMBRE ESTANDAR COMBINADA POR UN FACTOR DE COBERTURA DE DOS (K=2), CORRESPONDIENTE A UN NIVEL DE CONFIANZA DE 95,45 % APROXIMADAMENTE Y FUE CALCULADA DEACUERDO A LA NORMATIVA NMX-CH-140-IMNC-2002 "GUIA PARA LA EXPRESION DE LA INCERTIDUMBRE EN LAS MEDICIONES".
- 2.- EL PRESENTE INFORME DE CALIBRACION SOLO AMPARA LAS MEDICIONES REPORTADAS EN EL MOMENTO Y CONDICIONES AMBIENTALES Y DE USO EN QUE SE REALIZO ESTA CALIBRACION DEL EQUIPO EXPRESADO EN LA HOJA No. 1.
- 3.- METROLOGIA MESSTECHNIK NO AVALA NINGUNA CARACTERISTICA DEL INSTRUMENTO DIFERENTE DE LAS DESCRITAS EN ESTE DOCUMENTO.
- 4.- ESTE INFORME DE CALIBRACION ES VALIDO UNICAMENTE EN SU FORMA INTEGRA Y ORIGINAL CON SU SELLO Y FIRMAS.
- 5.- ES RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE EL RECALIBRAR EL INSTRUMENTO A INTERVALOS APROPIADOS.
- 6.- LAS MEDICIONES EXPRESADAS RESPETAN LA NORMATIVA DE REFERENCIA NOM-008-SCFI-2002.
- 7.- LA INCERTIDUMBRE EXPRESADA EN ESTE INFORME DE CALIBRACION NO INCLUYE POSIBLES CAMBIOS CAUSADOS POR DERIVA A LARGO PLAZO EN LA RESPUESTA DEL EQUIPO. DEBEN SER DETERMINADOS INDIVIDUALMENTE POR EL USUARIO, CON BASE EN LOS DATOS HISTORICOS DEL EQUIPO.

NORMATIVA APLICADA AL PROCEDIMIENTO DE CALIBRACION POR REFERENCIA:

**ASTM-D 4023-82 (Rev. 1989)
Y GUIA TECNICA CENAM**

LOS RESULTADOS EXPRESADOS EN ESTE INFORME DE CALIBRACION SON VALIDOS EN LAS CONDICIONES BAJO LAS CUALES FUERON EFECTUADAS LAS MEDICIONES. SE PROHIBE LA REPRODUCCION DE ESTE INFORME, SIN EL PERMISO EXPRESO DEL LABORATORIO DE METROLOGIA MESSTECHNIK, S.A. DE C.V.

FIN DEL INFORME.



16315