



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE INGENIERÍA

COLEGIO DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA

“PUESTA EN MARCHA DE LA MÁQUINA
VORMONTAGE GABEL-ROHR (VMR) EN LA
EMPRESA THYSSENKRUPP PRESTA DE
MÉXICO S.A DE C.V.”

TESIS

que para obtener el título de
LICENCIADO EN INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA

PRESENTA:

Saturnino Paredes Mora

ASESOR:

Carlos Roberto Ibáñez Juárez

COASESORES

Alejandro Bautista Hernández
Filiberto Candia García

Puebla, Pue; a 9 de junio de 2023

RESUMEN

En este trabajo se presenta la implementación de una maquinaria denominada Vormontage gabel-Rohr (VMR) en la empresa ThyssenKrupp Presta de México S.A de C.V., la cual le brindará una mayor productividad en el desarrollo de la pieza de dirección automotriz, satisfaciendo la demanda de dicha pieza, la empresa ThyssenKrupp Presta de México S.A de C.V. Se dedica a la fabricación de partes de sistemas de dirección y suspensión para vehículos automotrices.

Para el desarrollo de este proyecto se requirió analizar el área donde quedará colocada dentro de la empresa, así como el análisis eléctrico, electrónico, mecánico, logística de la instalación, hasta su puesta en marcha, en su diseño se utilizó tecnológica de nueva generación. Esta maquinaria será una herramienta novedosa para aumentar la producción dentro de la empresa ThyssenKrupp Presta de México S.A de C.V.

ABSTRACT

This paper presents the implementation of a machinery called Vormontage gabel-Rohr (VMR) in the company ThyssenKrupp Presta de México S.A de C.V., which will provide greater productivity in the development of the automotive steering part, satisfying the demand for such part, the company ThyssenKrupp Presta de México S.A de C.V. is dedicated to the manufacture of parts of steering and suspension systems for automotive vehicles.

For the development of this project it was required to analyze the area where it will be placed within the company, as well as the electrical, electronic, mechanical, logistic analysis of the installation, until its start-up, in its design new generation technology was used. This machinery will be an innovative tool to increase production within the company ThyssenKrupp Presta de México S.A. de C.V.

AGRADECIMIENTOS

Al M.C. Carlos Roberto Ibáñez Juárez por las facilidades prestadas en la orientación, asesoría en el desarrollo del reporte técnico.

Al Dr. Filiberto Candia García por los puntos de vista y observaciones técnicas realizadas en la presente obra.

M.C. Alejandro Bautista Hernández por los puntos de vista y observaciones técnicas realizadas en la presente obra.

M.C. Berenice Guadarrama Servín por los puntos de vista y observaciones técnicas realizadas en la presente obra.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. ANTECEDENTES | 1 |
| 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 3 |
| 1.3. JUSTIFICACIÓN | 3 |
| 1.4. OBJETIVOS | 3 |
| 1.5. LOS MÉTODOS Y TÉCNICAS QUE EL PASANTE UTILIZÓ PARA LLEVAR A CABO EL PROYECTO | 3 |
| 1.6. EL ALCANCE Y DELIMITACIONES DEL REPORTE TÉCNICO | 4 |
| 1.7. ESTRUCTURA DEL REPORTE TÉCNICO | 4 |
| CAPÍTULO 2. REVISIÓN TEÓRICA | 5 |
| 2.1. INTRODUCCIÓN | 5 |
| 2.2. ¿QUÉ ES LA ELECTRICIDAD? | 6 |
| 2.3. ¿QUÉ ES UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA? | 7 |
| 2.4. TIPOS DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS | 7 |
| 2.4.1. <i>Totalmente visible</i> | 8 |
| 2.4.2. <i>Visibles entubadas</i> | 8 |
| 2.4.3. <i>Temporales</i> | 8 |
| 2.4.4. <i>Provisionales</i> | 8 |
| 2.4.5. <i>Parcialmente ocultas</i> | 8 |
| 2.4.6. <i>Ocultas</i> | 8 |
| 2.4.7. <i>A prueba de explosión</i> | 8 |
| 2.5. CONDUCTORES PARA INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN BAJA TENSIÓN | 8 |
| 2.5.1. <i>Equivalencia en el calibre en A.W.G. o M.C.M</i> | 9 |
| 2.6. CÁLCULO DE LOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS | 12 |
| 2.6.1. <i>Sistema monofásico a dos hilos (fase y neutro)</i> | 13 |
| 2.6.2. <i>Sistema monofásico de tres hilos (2 fases y neutro)</i> | 14 |
| 2.6.3. <i>Sistema trifásico a tres hilos (3 fases)</i> | 15 |
| 2.6.4. <i>Sistema trifásico a cuatro hilos (3 fases y Neutro)</i> | 16 |
| 2.7. POR CAÍDA DE TENSIÓN | 17 |
| 2.7.1. <i>Caída de tensión de un sistema monofásico a 2 hilos</i> | 17 |
| 2.7.2. <i>Caída de tensión de un sistema trifásico a 3 hilos</i> | 18 |

| | |
|--|-----------|
| 2.7.3. Caída de tensión de un sistema monofásico a 4 hilos..... | 18 |
| 2.8. CÁLCULO DE CONDUCTORES POR CORTO CIRCUITO..... | 19 |
| 2.9. METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE CONDUCTORES | 21 |
| 2.9.1. Para la corriente por ampacidad..... | 21 |
| 2.10. COMO SELECCIONAR EL CALIBRE DE UN CONDUCTOR ELÉCTRICO (PARA TUBERÍA CONDUIT) CONFORME A LA NOM-001-SEDE-2018 | 22 |
| 2.11. CÁLCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN..... | 27 |
| 2.12. REACTANCIA INDUCTIVA EN LOS CIRCUITOS DE CA..... | 28 |
| 2.13. LA REACTANCIA CAPACITIVA EN LOS CIRCUITOS DE C.A..... | 30 |
| 2.14. RESISTENCIA DE UN CONDUCTOR | 30 |
| 2.15. NORMAS DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS | 31 |
| 2.16. NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEDE-2018, INSTALACIONES ELÉCTRICAS (NOM) | 32 |
| 2.16.1. Objetivo de la NOM | 33 |
| 2.16.2. Campo de aplicación de la NOM..... | 33 |
| 2.16.3. Inciso 110-14 Conexiones eléctricas | 33 |
| 2.16.4. Inciso 210-19 Conductores. Ampacidad y tamaño mínimo | 34 |
| 2.16.5. Inciso 210-20 Protección contra sobrecorriente | 34 |
| 2.16.6. Artículo 250 Puesta a tierra y unión..... | 36 |
| 2.16.7. Norma 250-4. Requisitos habituales para puesta a tierra y unión | 36 |
| 2.16.8. Inciso 250-6 Corriente indeseable | 37 |
| 2.16.9. Inciso 250.8 Conexión del equipo de puesta a tierra y de unión | 38 |
| 2.16.10. Inciso 250-10 Protección de abrazaderas y accesorios de puesta a tierra | 38 |
| 2.16.11. Inciso 250-12 Superficies limpias | 38 |
| 2.16.12. Inciso 250-28 Puente de unión principal y puente de unión del sistema..... | 38 |
| 2.16.13. Inciso 250-66- Tamaño del conductor del electrodo de puesta a tierra de corriente alterna | 39 |
| 2.16.14. Inciso 250-96 Unión de otras envolventes | 40 |
| 2.16.15. Inciso 250-119 Identificación de conductores de puesta a tierra de equipos | 40 |
| 2.16.16. Inciso 250-120. Colocación del conductor de puesta a tierra de equipos..... | 40 |
| 2.16.17. Inciso 250-121 Uso de los conductores de puesta a tierra de equipos | 41 |
| 2.16.18. Inciso 250-122 Tamaño de los conductores de puesta a tierra de equipos | 41 |

| | |
|---|-----------|
| 2.16.19. Inciso 250-124 Continuidad del conductor de puesta a tierra de equipos | 42 |
| 2.16.20. Inciso 250-126 Identificación de las terminales de alambrado de dispositivos | 42 |
| 2.16.21. Inciso 310-10 Instalación..... | 43 |
| 2.16.22. Inciso 310-15 Ampacidad para conductores con tensión de 0-2000 volts..... | 43 |
| 2.16.23. Inciso 378 Ductos metálicos | 50 |
| 2.16.24. Inciso 378-22 Número de conductores y ampacidad | 50 |
| 2.16.25. Inciso 378-23 Conductores aislados | 50 |
| 2.16.26. Inciso 378-30 Sujeción y soporte | 51 |
| 2.16.27. Inciso 378-120. Marcado..... | 51 |
| 2.16.28. Inciso 392 Charolas portacables | 51 |
| 2.16.29. Inciso 392-18. Instalación de charolas portacables | 53 |
| 2.16.30. Inciso 392-22. Número de cables o conductores | 53 |
| 2.16.31. Inciso 392-30. Sujeción y soporte | 55 |
| 2.16.32. Inciso 392-80 Ampacidad de los conductores | 56 |
| 2.17 CONEXIÓN A TIERRA | 56 |
| 2.18. SISTEMA DE ELECTRODO A TIERRA | 59 |
| 2.18.1 Valores de resistencia de tierra | 60 |
| 2.18.2. Métodos de conexión a tierra..... | 60 |
| 2.19. ¿QUÉ ES EL RUIDO? | 61 |
| 2.19.1. Clasificación de las fuentes de ruido | 61 |
| 2.20. FUENTES DE RUIDO | 62 |
| 2.21. COMO EVITAR EL RUIDO..... | 62 |
| CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA | 64 |
| 3.1. METODOLOGÍA DEL PROCESO..... | 64 |
| 3.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE DISEÑO..... | 65 |
| 3.3. PASOS DE LA METODOLOGÍA UTILIZADA..... | 65 |
| CAPÍTULO 4 CASO PRÁCTICO (DESARROLLO DEL CASO) | 67 |
| 4.1. PROBLEMÁTICA A SOLUCIONAR..... | 67 |
| 4.2. DESARROLLO DEL PROYECTO | 67 |
| 4.3. DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA DE MEDICIÓN DE CONTINUIDAD DE CABLES PUESTA A TIERRA | 73 |
| 4.4. LAYOUT PROPUESTO | 77 |

| | | |
|---|--------------------------------|-----------|
| 4.5 | CODIFICACIÓN DE CABLES | 81 |
| 4.6. | DESEMBARQUE DE LA MÁQUINA..... | 81 |
| CAPÍTULO 5. RESULTADOS OBTENIDOS..... | | 88 |
| 6. LOGROS, BENEFICIOS Y/O IMPACTO SOCIAL | | 91 |
| 7. CONCLUSIONES..... | | 92 |
| 8. BIBLIOGRAFÍA | | 93 |
| 9. ANEXOS..... | | 95 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Fig. 1: Ley de Ohm. | 6 |
| Fig. 2: Sistema monofásico de dos hilos. | 13 |
| Fig. 3: Sistema monofásico de tres hilos. | 14 |
| Fig. 4: Sistema trifásico a tres hilos. | 15 |
| Fig. 5: Sistema trifásico a cuatro hilos (3 fases y Neutro). | 16 |
| Fig. 6: Corrientes de corto circuito permisibles para cables aislados con conductor de cobre. | 21 |
| Fig. 7: Diagrama vectorial para una carga con factor de potencia atrasada. | 28 |
| Fig. 8: Relación de la corriente y voltaje alterno. | 29 |
| Fig. 9: Relación de desplazamiento de la corriente y voltaje al pasar por una bobina. | 29 |
| Fig. 10: Concepto de impedancia en una bobina. | 30 |
| Fig. 11: Símbolo utilizado para identificar el Punto de Terminación de la Puesta a Tierra. | 43 |
| Fig. 12: Instrumentos utilizados para las realizaciones de pruebas de los sistemas de conexión a tierra. .. | 57 |
| Fig. 13: Ejemplo de una conexión del sistema eléctrico a tierra. | 58 |
| Fig. 14: Los sistemas de conexión a tierra de cobre desnudo trenzado conectado a varillas de tierra. | 58 |
| Fig. 15: Categorías de conexión a tierra. | 59 |
| Fig. 16: Sistemas de electrodo de tierra. | 60 |
| Fig. 17: Conductores del electrodo de conexión a tierra (GEC). El electrodo de tierra es el sistema de conexión a tierra que proporciona la conexión física directa a la tierra y proporciona la referencia cero al sistema eléctrico. | 61 |
| Fig. 18: Metodología del proceso. | 65 |
| Fig. 19: MI 3325 MultiServicerXD. | 72 |
| Fig. 20: Verificación de la máquina con el equipo MI 3325 MultiServicerXD. | 73 |
| Fig. 21: Menú del MultiServicerXD. | 73 |
| Fig. 22: Pantalla de la Configuración general. | 73 |
| Fig. 23: Selección de lenguaje. | 74 |
| Fig. 24: Funciones del equipo. | 74 |
| Fig. 25: Menú de prueba de continuidad. | 74 |
| Fig. 26: Datos a ingresar al equipo. | 75 |
| Fig. 27: Pantallas de calculadora de límite. | 76 |
| Fig. 28: Medición de continuidad, 4 hilos. | 77 |
| Fig. 29: Layout de la Máquina VMR, vista lateral (Programa SolidWorks). | 78 |
| Fig. 30: Layout de la Máquina VMR. (Vista superior) (Programa SolidWorks). | 78 |
| Fig. 31: Layout de la Máquina VMR. (Vista Lateral) (Programa SolidWorks). | 79 |
| Fig. 32: Layout de la vista preliminar de la Máquina VMR y cableado de control, control y línea hidráulica (Programa SolidWorks). | 79 |
| Fig. 33: Área propuesta de donde quedará colocada la Máquina VMR. | 80 |
| Fig. 34: Modificación de la charola portacables para cabina de control. Perfiles Bosch para soporte de charola portacables. | 80 |
| Fig. 35: Punto de referencia de colocación de la Máquina VMR. | 80 |

| | |
|--|----|
| Fig. 36: Dentro del tablero fuerza, control, comunicación y la codificación. | 81 |
| Fig. 37: Conexión de pines hembra y macho utilizado en las conexiones. | 81 |
| Fig. 38: Embalaje de la máquina para su transportación. | 82 |
| Fig. 39: Transportación de la máquina y manipulación de la misma. | 82 |
| Fig. 40: Proceso de desenvolver el embalaje de la máquina. | 83 |
| Fig. 41: Manipulación de las piezas de la máquina hacia dentro de la empresa por medio de grúa hidráulica. | 83 |
| Fig. 42: Manipulación de la unidad hidráulica, por medio de la grúa hidráulica. | 84 |
| Fig. 43: Colocando la unidad hidráulica en su ubicación especificada. | 84 |
| Fig. 44: Parte principal de la máquina, manipulada por medio de la grúa hidráulica. | 85 |
| Fig. 45: Canalización de los cables de fuerza, control y comunicación hacia el tablero principal. | 85 |
| Fig. 46: Colocación de los robots dentro de máquina. | 86 |
| Fig. 47: Sección de la máquina que coloca las partes de la dirección. | 86 |
| Fig. 48: Panel de fuerza eléctrica. | 86 |
| Fig. 49: Panel de control y comunicación. | 87 |
| Fig. 50: Panel de alimentación principal. | 87 |
| Fig. 51: Máquina terminada (vista de frente). | 88 |
| Fig. 52: Máquina vista trasera. | 88 |
| Fig. 53: Panel de control principal y tablero de alimentación eléctrica. | 89 |
| Fig. 54: Piezas de prueba al momento de poner en marcha la máquina. | 89 |
| Fig. 55: Dirección de carro Ford armado. | 90 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Significado de A.W.G. y la equivalencia entre mm y C.M. | 10 |
| Tabla 2: Caída de tensión máxima permitida según la norma oficial mexicana. | 11 |
| Tabla 3: Resistencia y reactancia en corriente alterna para los cables para 600 Volts. 3 fases a 60 hz y 75° C (167° F) tres conductores. | 19 |
| Tabla 4: Valores de k y t. de ciertos materiales utilizados en instalaciones eléctricas. | 20 |
| Tabla 5: Valores de temperatura máxima admisible en condiciones de cortocircuito °C..... | 20 |
| Tabla 6: Para el cálculo de áreas por cortocircuito de conductores aislados de 0 a 2000 volts de cobre.... | 20 |
| Tabla 7: Relación de número de conductores con factor de corrección..... | 22 |
| Tabla 8: Fórmulas para calcular la corriente nominal de una carga..... | 23 |
| Tabla 9: (310-15(b) (16)) Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones hasta 2000 volts y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o directamente enterrados, basados en una temperatura ambiente..... | 23 |
| Tabla 10: 310-15 (b) (2) (a) Factores de Corrección basados en una temperatura ambiente de 30 °C..... | 25 |
| Tabla 11: Factores de ajuste para más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o cable. | 25 |
| Tabla 12: Resistencia y reactancia en corriente alterna para los cables para 600 volts, 3 fases a 60 Hz y 75 °C. | 26 |
| Tabla 13: Resistencia específica de ciertos materiales conductores. | 30 |
| Tabla 14: Organismos en el sector eléctrico y electrónico. | 31 |
| Tabla 15: Artículos aplicables para equipos sobre su protección contra sobrecorriente..... | 35 |
| Tabla 16: Conductor del electrodo de puesta a tierra para sistemas de corriente alterna..... | 39 |
| Tabla 17: (250-122) Tamaño mínimo de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos. | 42 |
| Tabla 18: (310-15(b) (2) (a)). - Factores de Corrección basados en una temperatura ambiente de 30 °C.. | 45 |
| Tabla 19: 310-15(b) (2) (b). - Factores de Corrección basados en una temperatura ambiente de 40 °C. ... | 45 |
| Tabla 20: 310-15(b) (3) (a). - Factores de ajuste para más de tres conductores portadores de corriente.... | 46 |
| Tabla 21: 310-15(b) (16). - Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones hasta 2000 volts y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o directamente enterrados, basados en una temperatura ambiente..... | 47 |
| Tabla 22: 310-15(b) (17). - Ampacidades permisibles de conductores individuales aislados para tensiones hasta e incluyendo 2000 volts al aire libre, basadas en una temperatura ambiente de 30 °C. | 48 |
| Tabla 23: Métodos de alambrado..... | 51 |
| Tabla 24: (392-22(a)) Área de ocupación permisible para cables multiconductores en charolas portables de tipo escalera, fondo ventilado, tipo malla o fondo sólido para cables de 2000 volts o menos..... | 54 |
| Tabla 25: (392-22b) (1)) Área de ocupación permisible para cables de un solo conductor en charolas.... | 55 |
| Tabla 26: Relación de calibre-Valor de circular mil..... | 69 |
| Tabla 27: Armario eléctrico características técnicas..... | 70 |
| Tabla 28: Relación de número de conductores-Factor de agrupamiento. | 70 |
| Tabla 29: Relación de la descripción del tirado de cableado de la máquina..... | 71 |

Tabla 30: Valores de resistencia de límite. 76

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

En este reporte técnico se presenta el desarrollo de la implementación de una máquina denominada Vormontage gabel-Rohr (VMR) con número de Proyecto 1837-01 (M3979), la cual fue ensamblada en la empresa ThyssenKrupp Presta de México S.A de C.V., la empresa se dedica a la fabricación de piezas y accesorios para vehículos automotrices comerciales, eléctricos y de lujo. Se ubica en sus dos direcciones: La Matriz en: Circuito Esteban de Antuñano No. 1 Manzana 4, Parque Ind. Cd. Textil Puebla Huejotzingo, Puebla 74160, MX la dicha maquinaria se encarga de la realización de dirección de carro (a diferentes empresas del ramo automotriz).

La empresa quien desarrolla dicha máquina es LCA Automation de México, se especializa en el desarrollo y la construcción de máquinas especiales con tecnologías de automatización, procesos y operaciones, apoyando a sus clientes con soluciones individuales y eficientes conforme a lo que requiere. Se localiza en la calle 12 poniente con número 1501-B, Barrio de San Miguel, C.P. 72090, Puebla, Puebla.

El proyecto 1837-01 contó con una duración de implementación de un mes para ensamblar y puesta en marcha. Dicho proyecto se realiza como proceso de renovación del área maquinado de dirección de carro (se puede mencionar que realiza piezas para empresas como: Volvo, Ford, Audi, Tesla, Peugeot), dicha renovación se derivó por el aumento de la demanda de producción de la dirección de carro, lo cual provocó un colapso en la producción, ya que contaban con poco tiempo para realizar sus entregas, la renovación tendrá un beneficio en el área de producción porque van a poder cumplir con la producción en tiempo y forma dichas piezas.

El reporte técnico tiene como finalidad el mostrar el desarrollo de implementación a nivel eléctrico de una máquina dentro de una empresa manufacturera.

1.1. ANTECEDENTES

La automatización se establece como un sistema donde sea trasferido actividades de producción, que anteriormente eran realizadas por el ser humano hacia un conjunto de elementos tecnológicos. Esto conlleva a un ahorro de tiempo y dinero para la empresa. Los orígenes de la automatización provienen desde la prehistoria con el desarrollo de máquinas simples que ayudaban al ser humano, es este caso se hacían apoyar de la energía eólica o la energía hidráulica.

La consecutiva etapa se utilizó un sistema relacionado a la relojería para realizar actividades repetitivas, con la finalidad de reducir tiempos y mejorar la calidad de sus procesos, desde el principio del siglo XX fue donde se empezó a utilizar elementos mecánicos y electromecánicos (motores, relés, temporizadores, contadores), esto ha hecho que en la actualidad se tenga un gran avance tecnológico tanto en control y comunicación, esto no solo a nivel industrial sino a los diferentes niveles como en el área de la salud, en el hogar, sistema de vigilancia, en las carreteras, la aviación, etc.

En la década de 1920 en la industria automotriz revolucionó el sistema de producción integrado, creándose el sistema de línea de montaje con la finalidad de reducir los precios. Al utilizar este sistema se debe incrementar los elementos que intervienen en las líneas de proceso continuo

requiere la utilización de equipos modernos de automatización para facilitar al operario su uso.
(Nestor Agudelo)

En el año de 1968 las empresas Ford y General Motors planteó las especificaciones que debe cumplir un controlador lógico programable (PLC) para ser usado dentro de la industria, que consistía en la parte de la programación, la empresa Bedford Associates desarrolló un prototipo de controlador industrial, considerándolo el primer PLC, el cual cumplía con las características de ser:

- Reutilizable.
- Adaptado a entornos agresivos (industria).
- Fácilmente programable por técnicos eléctricos.
- Semiconductores.

Estos PLC se utilizaron para controlar los procesos secuenciales como cadenas de montaje, transporte de producto, el único inconveniente que tenían era el problema de memorización cableada, la reutilización si fue posible, pero a la vez costosa. A finales de los años 70 estas características de los PLC se modificaron dando:

- Mayor memoria.
- Capacidad de controlar bucles de control.
- Tenían más canales de entrada y salida.
- Mejor lenguaje de programación.
- Mejor lenguaje de comunicación.

En los años 80 fue mayor su avance de características:

- Mayor velocidad de proceso.
- Reducción de dimensiones.
- Técnicas de control complejas como: PID, Inteligente, Fuzzy.
- Diferentes formas de programación como: de contactos, lista de instrucciones, GRAFCET, etc.

Durante estos años también se dio un avance al tipo de automatización dentro de las empresas dando la creación de la automatización de líneas de proceso continuo la cual tiene las siguientes características:

- Alto grado de automatización.
- Rapidez de respuesta.
- Fiabilidad y seguridad de servicio.
- Reducción de tiempo para la realización del mantenimiento de servicio, así como la rápida detección de fallos.
- Mayor adaptación a la modificación del funcionamiento.
- Supervisión y control.
- Obtención de informes.
- Control de proceso computarizado.

Por tal motivo se puede ver que conforme avanza la tecnología las empresas deben ir renovando sus instalaciones para poder satisfacer las demandas de sus clientes y seguir en el mercado vigente.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Conforme al avance tecnológico, toda empresa está sujeta a estar en constante renovación para seguir dentro del mercado y poder competir con las demás empresas dedicadas al mismo ramo, junto con ello lograr satisfacer las necesidades del cliente, así como la entrega en tiempo y forma de sus productos.

En la empresa ThyssenKrupp Presta de México S.A de C.V. el problema a solucionar es la implementación de una máquina que pueda producir en menor tiempo las piezas de dirección para la marca Ford, utilizando tecnología de última generación y que sea de fácil operar por el trabajador.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El presente reporte técnico tiene la finalidad de proporcionar una maquinaria que satisfaga la demanda de producción a la cual la empresa en cuestión está sujeta a entregar en un corto periodo de tiempo, al establecido anteriormente. La cual debe quedar implementada en un corto tiempo, fácil adaptación del operario, utilizando componentes eléctricos, electrónicos, mecánicos de última generación, conforme a las necesidades de la empresa que la solicitó.

1.4. OBJETIVOS

Dentro de los objetivos del proyecto 1837-01 (M3979) se tienen los siguientes:

Objetivo General.

Consiste en desarrollar, montaje, puesta en marcha y aprobación conforme a bitácora acordada.

Objetivo Específico:

- Conocer las necesidades de la empresa.
- Armar en tiempo y forma el prototipo de máquina.
- Analizar las causas o condiciones que pudieran provocar no cumplir en tiempo y forma la puesta en marcha de la maquinaria.
- Selección de conductores, canalizaciones y pruebas de continuidad de cable de tierras.
- Aprobación de la maquinaria sin inconveniente alguno.

1.5. LOS MÉTODOS Y TÉCNICAS QUE EL PASANTE UTILIZÓ PARA LLEVAR A CABO EL PROYECTO

Para el desarrollo de dicho proyecto se analizó la solicitud del cliente, conforme a las especificaciones requeridas por medio de un estudio de viabilidad técnica, evaluaciones de procesos, soluciones de tipo “interfaz hombre-máquina” conforme al lugar donde se establecerá, analizar los datos y la conexión conforme a una base de datos, todo estos procesos se supervisan

conforme a las condiciones y cumpliendo los estándares de calidad, para luego desarrollar la automatización prevista de la fabricación de lo solicitado como concepto y asegurarle en el plano financiero con diferentes ofertas al cliente.

Después de aceptar la propuesta se procedió a planificar y diseñar de tal modo que el tiempo de fabricación y de armado sea reducido y no afectar en tiempos de producción de la empresa, de ese modo, se incrementará tanto la productividad como la eficiencia energética de los procesos de fabricación.

1.6. EL ALCANCE Y DELIMITACIONES DEL REPORTE TÉCNICO

Dentro de los alcances y limitaciones se puede mencionar.

1.6.1. Alcances

- Se desarrollará una maquinaria que permita una mayor producción de piezas en un menor tiempo para satisfacer la demanda a la que le empresa está sujeta por cumplir.
- Selección de conductores por ampacidad, caída de tensión y cortocircuito del tablero principal y canalización.

1.6.2. Limitaciones

- Tiempo de desarrollo de la propuesta de un mes.
- Maquinado de piezas que conforman la nueva maquinaria.
- Tiempo de montaje y de puesta en marcha un mes.
- Código de confidencialidad. (Esto abarca desde información financiera, hasta información referente al diseño de la máquina, así como los Layout de la misma).

1.7. ESTRUCTURA DEL REPORTE TÉCNICO

El presente reporte técnico se encuentra estructurado de la siguiente manera:

1. Introducción: se describe el planteamiento del problema, los antecedentes de trabajos efectuados con anterioridad, el desglose de los objetivos tanto general como específico, la justificación de la realización del tema.
2. Revisión teórica: el marco teórico está compuesto por conceptos y definiciones los cuales se han estudiado para la realización de dicho reporte técnico.
3. Metodología: el marco metodológico del trabajo consta de niveles, técnicas, instrumentos.
4. Caso práctico (desarrollo del caso): se describe detalladamente el desarrollo del armado, colocación de instalación eléctrica, hidráulica, control y puesta en marcha de la máquina VMR.
5. Resultados obtenidos: se muestra los resultados de la implementación de la máquina dentro de la empresa.
6. Logros, beneficios y /o impacto social.
7. Conclusiones: se presenta las conclusiones del armado de la maquinaria.
8. Bibliografía revisada para el desarrollo de dicho documento.
9. Anexo.

CAPÍTULO 2. REVISIÓN TEÓRICA

2.1. INTRODUCCIÓN

Los fenómenos eléctricos en la naturaleza vienen desde la antigüedad, en 600 A.C. Thales de Mileto (624 A.C. 546 A.C.) que comprobó por medio de experimentos de frotamiento con una pieza de lana, era posible atraer un objeto pequeño, comprobando con ello las propiedades eléctricas del ámbar.

Pasaron más de 2000 años después de Thales de Mileto hasta que el inglés Guillermo Gilberto (1544.1603), retomó los estudios ya existentes de los griegos, empleando por primera vez la palabra electricidad para describir sus experimentos sobre la electricidad y magnetismos, en su obra *Magneticisque Corporibus et de Magno Magnete Tellure* menciona que algunas sustancias como el vidrio, el azufre y la resina, estas sustancias tenían comportamiento similar al ámbar, al momento de ser frotados atraían objetos pequeños, mientras el cobre y la plata no ejercían ninguna atracción.

Benjamín Franklin (1706-1790): por medio de su experimento con una cometa confirmó que los rayos eran descargas eléctricas, por lo cual inventó el pararrayos, realizó estudios de la electricidad estática, aportó los términos como electricidad positiva y electricidad negativa.

Alesandro Volta (1745-1827): descubrió la primera célula eléctrica, por medio de la conexión de varias de estas células eléctricas invento la batería, siendo este el primer dispositivo electroquímico que sirvió como fuente de electricidad, en su honor se acuña la unidad de fuerza electromotriz denominado Voltio.

Andrés María Ampere (1775-1836): realizó una serie de experimentos con los cuales dedujo las leyes de atracción y repulsión entre cables conductores de corriente eléctrica, dando paso al electroimán, que después se convirtió en la base del galvanómetro, y la mayoría de los amperímetros y voltímetros. También se le dio el nombre a una medida de la electricidad a su nombre el Amperio.

Jorge Simón Ohm (1787-1854): anunció la ley que lleva su nombre y que establece la relación entre la corriente, voltaje y la resistencia en un circuito. (Profesional, 2022)

Michael Faraday (1791-1867): realizó estudios de electromagnetismos, creó una corriente eléctrica por medio de un imán en movimiento sobre un tubo de cobre, creando las bases de la generación de electricidad, descubriendo las bases del motor eléctrico, se acuña la unidad denominada Faradio en su honor que es la unidad de capacitancia eléctrica.

Thomas Edison (1847-1931): comenzó el desarrollo de las bombillas incandescentes, así como la creación de la primera planta generadora de energía eléctrica.

Nicola Tesla (1856.1943): desarrolló el sistema de corriente alterna, descubrió el campo magnético rotatorio, posibilitó que la electricidad generada en plantas pudiera ser transportada a cientos de kilómetros. (Electricidad, 2000)

2.2. ¿QUÉ ES LA ELECTRICIDAD?

La electricidad es una forma de energía la cual es producida por los electrones al transportarse de un punto a otro, provocado por la falta o exceso de los mismos en un material. (Bosques, 2021). El movimiento de electrones libres de un átomo a otro provoca lo que se denomina corriente de electrones que se conoce como corriente eléctrica, siendo esto la base de la electricidad.

También se puede denominar como una forma de energía que se percibe por sus efectos como: lumínica, calorífica, potencia mecánica de los motores, etc. (LEVY, 2006). Es importante mencionar que se puede transmitir de un punto a otro, desde su punto de generación hasta el punto de su utilización, convirtiendo dicha característica de vital importancia, siendo trasladada por los conductores y cables.

Su transmisión se realiza por medio de movimiento de electrones por la aplicación de tensión en un material conductor. De esto surge la división de conductor, semiconductor y aislantes. Hay algunos términos de unidades que es importante mencionar.

Energía: algunos equipos transforman energía mecánica, térmica, eólica, solar en energía eléctrica, la cual es transmitida por el sistema eléctrico para llegar a los consumidores.

Tensión (eléctrica) alterna (V): es generada con valores de alternancia denominada ciclos en América 60 ciclos por segundo o 60 Hz, mientras en Europa es de 50 ciclos por segundo o 50 Hz, cuando es aplicada entre dos puntos de un circuito eléctrico, se le denomina diferencia de potencial.

Corriente alterna (A): esta es el resultado de aplicar una tensión alterna en un circuito.

Ley de Ohm: es la relación entre la tensión, la corriente y la resistencia dentro de un circuito eléctrico. Donde nos menciona que la intensidad de corriente eléctrica que circula dentro de un conductor es directamente proporcional a la diferencia de potencial e inversamente proporcional a la resistencia del conductor. (CCH, 2022)

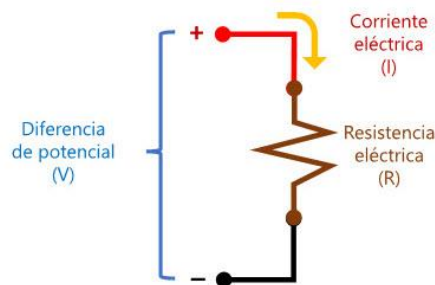


Fig. 1: Ley de Ohm.

Circuito: establece un camino cerrado en el cual se le aplica una tensión la cual origina una corriente eléctrica al ser consumida por una carga. Esto es debido a que al circular una tensión en el conductor produce un efecto de movimiento de los electrones del conductor, los cuales llegan a estado de reposo al dejar de aplicar la tensión.

Potencia: es la magnitud física que representa la capacidad para realizar un trabajo, en un circuito eléctrico es el valor de tensión aplicada por la corriente que lo recorre.

2.3. ¿QUÉ ES UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA?

Se considera una instalación eléctrica, al conjunto conformado por los siguientes elementos:

- Tubería conduit:
- Canalizaciones.
- Cajas de conexión.
- Registros, elementos que son usados para unir tuberías.
- Tableros de fuerza y control.
- Conductores eléctricos.
- Accesorios de control.
- Protecciones.

Estos conforman los elementos necesarios para realizar la conexión o interconexión de fuentes o tomas de energía eléctrica con los receptores, de estos podemos mencionar los siguientes: (Onesimo, 2005)

Los receptores son:

- Lámparas.
- Radios.
- Televisiones.
- Refrigeradores.
- Licuadoras.
- Motores.
- Variadores.
- PLC.

En resumido todo equipo o aparato de tipo electrodoméstico, de comercio, oficina, aparatos o equipos de calefacción, aparatos de intercomunicación, señales luminosas, elevadores, montacargas, motores y equipos industriales.

2.4. TIPOS DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Conforme al tipo de construcción en donde se esté realizando, el material utilizado en la misma, las condiciones ambientales de la construcción, el giro al cual será utilizada la construcción, da pasó a diferentes tipos de instalaciones eléctricas, como las siguientes:

- Totalmente visible.
- Visibles entubadas.
- Temporales.
- Provisionales.
- Parcialmente ocultas.
- Ocultas.
- A prueba de explosión.

2.4.1. Totalmente visible

Como su nombre lo dice son instalaciones que se ubican a la vista, están colocadas por medio de canaleta, la cual no la protege al 100% ya que puede ser lastimada por medio de algún esfuerzo físico, medio ambiente (seco, húmedo, corrosivo, etc.).

2.4.2. Visibles entubadas

Este tipo de instalaciones son realizadas de esta manera ya que son imposibles de ahogarlas, pero quedan sin protección alguna contra algún esfuerzo mecánico y contra el medio ambiente, para ello se utiliza tuberías, cajas de conexión y dispositivos de unión, control y protección conforme al tipo de instalación.

2.4.3. Temporales

Son para aprovechar la energía eléctrica por temporadas o periodos cortos de tiempo, ejemplo ferias, juegos mecánicos, exposiciones, obras en procesos, etc.

2.4.4. Provisionales

Conforme a su desarrollo se puede considerar dentro de las temporales, que son desarrolladas mientras se hace la reparación de la instalación y ya se procede a desmantelar.

2.4.5. Parcialmente ocultas

Están ubicadas en accesorias grandes o fábricas, edificios comerciales, oficinas que cuentan con plafón falso, donde una parte esta entubada en el piso, muros y lo restante por armaduras, columnas, o sobrepuestas, por medio canaletas entre las losas y el plafón falso.

2.4.6. Ocultas

Siendo esta instalación una mejor solución técnica, tiene mejor estética posible, ya que los dispositivos de control y protección se quedan en los muros.

2.4.7. A prueba de explosión

Este tipo instalaciones son efectuadas normalmente en laboratorios y fábricas, por el hecho que cuentan con ambientes corrosivos, polvos, gases, explosivos, materiales inflamables, de tal manera la instalación es hermética, si llegara a producir un corto circuito, la flama o la chispa no saldrá al exterior. (Onesimo, 2005)

2.5. CONDUCTORES PARA INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN BAJA TENSIÓN

Cuando hablamos de conductores eléctricos nos referimos a los materiales que ofrecen poca oposición o resistencia al paso de la corriente eléctrica que pasa a través de ellos. De los mejores conductores se puede mencionar los siguientes:

Plata: Es muy buen conductor, el problema es el alto costo del material para ser utilizado en una instalación.

Cobre: El cobre electrolíticamente puro es un buen conductor, es utilizado en casi el 90% en la producción de conductores eléctricos ya que reúne todas condiciones necesarias para ser utilizado en las instalaciones eléctricas, las cuales son:

- Alta conductividad.
- Resistencia mecánica.
- Flexibilidad.
- Bajo costo.
- Existe tres tipos de cobre conforme a su temple.

Cobre suave o recocado: con características suavidad, baja resistencia mecánica, alta elongación, conductividad eléctrica del 100%. Usos: si cuenta con aislamiento se puede utilizar en instalaciones eléctricas en interiores, en ductos, tubos conduit.

Cobre semiduro: tiene mayor resistencia mecánica, menor elongación, su conductividad es de 96.66%. Usos: sin aislamiento es utilizado para líneas de transmisión en distancias, con aislamiento se puede usar en redes distribución.

Cobre duro: alta resistencia mecánica, menor elongación y una conductividad eléctrica menor de 96.16%. Usos: en líneas aéreas.

Oro: este material es el mejor conductor de la electricidad. Pero su alto costo limita su uso dentro de las instalaciones eléctricas.

Aluminio: es buen conductor eléctrico, pero su característica es que tiene el 61 % menor que el cobre suave o recocado, requiriendo una mayor sección transversal mayor que el cobre para poder transportar corriente, es quebradizo, su uso se limita a líneas de transmisión reforzado en su parte central con una guía de acero.

Por lo tanto, se puede mencionar que a mayor sección transversal (calibre del conductor) de los conductores eléctricos es mayor su capacidad de conducción de corriente. Existen ciertas nomenclaturas para identificar el calibre de un conductor. La presentó la compañía “American Wire Gauge” (A.W.G.), la cual fue adoptada en el conductor, se menciona su calibre antecediéndole la leyenda No. A.W.G o M.C.M.

Las siglas M.C.M. hacen referencia al área transversal de los conductores eléctricos en “Mil Circular Mills”.

2.5.1. Equivalencia en el calibre en A.W.G. o M.C.M

Se tiene un C.M. (circular Mil), cuando el área transversal tiene un diámetro de una milésima de pulgada se puede calcular la equivalencia de la siguiente manera:

$$C. M. = \frac{\pi D^2}{4} \quad (1)$$

Utilizando la fórmula anterior utilizando el valor del diámetro antes mencionada:

$$C.M. = \frac{(3.1416)(0.001)^2}{4} = 785 \times 10^{-9} \text{ pulg}^2 \quad (2)$$

$$C.M. = 785 \times 10^{-9} \text{ pulg}^2 \quad (3)$$

$$\text{pulg}^2 = \frac{1}{785 \times 10^{-9}} C.M \quad (4)$$

$$\text{pulg}^2 = \frac{1}{785} 10^9 C.M. = 1.27 \times 10^6 C.M \quad (5)$$

$$\text{pulg}^2 = (25.4 \text{ mm})^2 = 645.16 \text{ mm}^2 \quad (6)$$

$$\text{mm}^2 = \frac{1}{645.16} \text{ pulg}^2 = \frac{1.27 \times 10^6}{645.16} C.M \quad (7)$$

$$\text{mm}^2 = 1970 C.M \quad (8)$$

Este valor se redondea dándonos el siguiente valor.

$$\text{mm}^2 = 2000 C.M \quad (9)$$

$$\text{mm}^2 = 2000 \text{ Circular Mil} \quad (10)$$

$$\text{mm}^2 = 2 \text{ Mil Circular Mil} = 2 M.C.M \quad (11)$$

Conociendo el significado de A.W.G. y las equivalencias de mm^2 y $C.M.$ Nos dirigimos a la tabla No.1, la cual establece el diámetro y área del cobre según calibre de los conductores eléctricos, tomando en cuenta el diámetro también del aislamiento.

Tabla 1: Significado de A.W.G. y la equivalencia entre mm y C.M.

| CALIBRE A.W.G. O M.C.M. | DIÁMETRO DEL COBRE EN m. m. | ÁREA DEL COBRE | | DIÁMETRO TOTAL CON AISLAMIENTO | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|-------------------|--------|-----------------------------------|------------------|-------|
| | | m.m. ² | C.M. | TW THW VINANEL 900 | VINANEL NYLON | |
| ALAMBRES | 14 | 1.63 | 2.08 | 4098 | 3.25 | 2.74 |
| | 12 | 2.05 | 3.3 | 6502 | 3.68 | 3.17 |
| | 10 | 2.59 | 5.27 | 10380 | 4.22 | 3.96 |
| | 8 | 3.26 | 8.35 | 16443 | 5.72 | 5.19 |
| CABLES | 14 | 1.84 | 2.66 | 5238 | 3.48 | 2.96 |
| | 12 | 2.31 | 4.23 | 8328 | 3.96 | 3.44 |
| | 10 | 2.95 | 6.83 | 13465 | 4.57 | 4.32 |
| | 8 | 3.71 | 10.81 | 21296 | 6.15 | 5.64 |
| | 6 | 3.91 | 12 | 23634 | 7.92 | 6.6 |
| | 4 | 5.89 | 27.24 | 53677 | 9.14 | 8.38 |
| | 2 | 7.42 | 43.24 | 85185 | 10.67 | 9.91 |
| | 0 | 9.47 | 70.43 | 138758 | 13.54 | 12.54 |
| 00 | 10.64 | 88.91 | 175162 | 14.7 | 13.71 | |

| | | | | | | |
|--|------|-------|--------|--------|-------|-------|
| | 000 | 11.94 | 111.97 | 220580 | 16 | 15 |
| | 0000 | 13.41 | 141.23 | 278237 | 17.48 | 16.4 |
| | 250 | 14.61 | 157.65 | 330261 | 19.5 | 18.24 |
| | 300 | 16 | 201.06 | 396088 | 20.9 | 19.63 |
| | 400 | 18.49 | 268.51 | 528970 | 23.4 | 22.12 |
| | 500 | 20.65 | 334.91 | 659777 | 25.6 | 24.28 |

La tabla 1 nos enseña la relación del calibre del conductor desnudo y el tipo de aislamiento (TW, THW, VINANEL-900 y VINANEL-NYLON), tomando en cuenta que las condiciones de trabajo son diferentes en cada instalación es importante tomar en cuenta que el aislamiento debe ser el apropiado para dichos ambientes por ejemplo la temperatura, la tensión y las diferentes características según el tipo de medio ambiente y área de trabajo a donde estará colocada la instalación eléctrica, a continuación se explica los tipos de aislamiento conforme al ambiente de trabajo.

- Limitación de temperatura: es importante saber la temperatura donde estarán colocados los conductores ya que a temperaturas mayores se dañará su aislamiento y puede ponerse en riesgo la instalación.
- Locales húmedos: aquí el conductor debe estar provisto de un aislamiento de hule resistente a la humedad, también se puede mencionar un aislamiento termo-plástico resistente a la humedad, o también forro de plomo.
- Condiciones de corrosión: estos ambientes se puede mencionar el aceite, grasas, vapores, gases líquidos u otras sustancias que tengan un efecto de destrucción sobre el aislamiento y del conductor.

Como sabemos es peligroso trabajar con caídas de tensión muy altas, por lo cual la Norma Oficial Mexicana ha tabulado dichos valores, esto hace referencia a las condiciones de trabajo (placa de especificaciones) de los aparatos, máquinas, elementos, accesorios conectados en la línea eléctrica, esto provoca algunas afectaciones a los equipos como a continuación se describe.

- a) Tensión baja: los motores alimentados con una tensión menos a la que deben trabajar provoca que no funcionen correctamente hasta no logren arrancar, produciendo un sobrecalentamiento y un ruido característico, las lámparas incandescentes disminuye su luminosidad, las lámparas fluorescentes no encenderán.
- b) Tensión alta: los motores alimentados a la tensión mayor a la especificada, se sobrecalientan disminuyendo su vida útil, las lámparas aumentarán su luminosidad disminuyendo sus horas de vida.

Por lo tanto, se aconseja utilizar la tensión correcta para no afectar a los equipos y a su buen funcionamiento.

Tabla 2: Caída de tensión máxima permitida según la norma oficial mexicana.

| SISTEMA | TENSIONES | | |
|--------------------------------|-----------|-----|-----|
| | 127.5 | 220 | 440 |
| ALUMBRADO 3 % | 1.27 | 2.2 | — |
| Alimentadores principales 1 %. | | | |
| Circuitos derivados 2 %. | 2.54 | 4.4 | — |

| | | | |
|--|---|-----|------|
| FUERZA 4 % | — | 6.6 | 13.2 |
| Alimentadores principales 3 %. Circuitos derivados 1 %. | — | 2.2 | 4.4 |

2.6. CÁLCULO DE LOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS

Para la elección correcta del calibre del conductor eléctrico se debe tomar en consideración la corriente por transportar y la caída de tensión máxima según el tipo de instalación. En el cálculo de calibre se utilizan fórmulas específicas, que estaremos estudiando en esta sección, por lo cual a continuación se mencionan las literales de dichas fórmulas.

W = Potencia (watts).

E_n = Tensión o voltaje entre fase y neutro ($127.5 \text{ volts} = 220/\sqrt{3}$), valor conocido como 110 volts.

E_f = Tensión o voltaje entre fases.

I = Corriente en amperes por conductor.

$\cos \phi$ = Factor de potencia (f.p.) o también llamado coseno del ángulo que se forma entre el vector tensión y el vector corriente, este valor se expresa en centésimas (0.85, 0.90, etc.), esto significa el tanto por ciento que se aprovecha de la energía eléctrica. 1.00 o 100% este valor es referente cuando se tiene solo cargas resistivas conectadas.

ρ = Resistividad del cobre en ohms/m./ mm.², $1/58$ a 20° C de temperatura ambiente, $1/50$ a 60° C de temperatura ambiente, este valor es el más utilizado para dar mayor alto factor de seguridad.

L = Distancia la cual se expresa en metros, esta es analizada desde la toma de corriente (subestación eléctrica, interruptor general, tablero de control, tablero de distribución, etc.) hasta el denominado centro de carga.

S = Sección transversal (mm²).

e = Caída de tensión (fase y neutro).

e_f = Caída de tensión entre fases.

$e\%$ = $e \frac{100}{E_n}$ caída de tensión en % para sistemas monofásicos, $e \frac{100}{E_f}$ caída de tensión en % para sistemas trifásicos.

Es importante mencionar que hay casos específicos donde no se puede determinar toda la carga total de la instalación como es el caso de:

- Motores.
- Hornos eléctricos.
- Cargas específicas.

Por lo que se aconseja recalculer la intensidad de corriente después de haber realizado los cálculos conforme a la fórmula. Del sistema de cuatro hilos, multiplicando el factor de utilización o factor de demanda conforme al tipo de instalación que se esté implementando, esto varía normalmente de 0.6 a 0.9 (60 % a 90%). Esto nos indica que cuando estemos ante el caso de no alimentar todas las cargas al mismo tiempo (dentro del cálculo se toma en cuenta la sumatoria de todas las cargas parciales, estas no estarán alimentadas todas a la vez) se debe

corregir la corriente para con ello calcular los conductores eléctricos por corriente y por caída de tensión.

2.6.1. Sistema monofásico a dos hilos (fase y neutro)

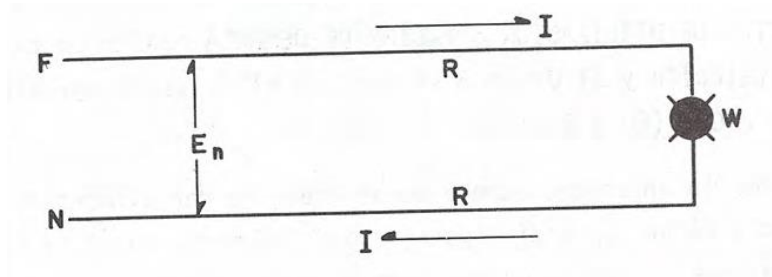


Fig. 2: Sistema monofásico de dos hilos.

$W = E * I$, en corriente alterna solo nos indica la potencia aparente o de línea, así como la potencia real siempre y cuando que sea un circuito puramente resistivo. Para ello es importante utilizar la fórmula general donde se toma en cuenta las cargas: resistivas, capacitivas e inductivas, donde también se incluye el factor de potencia ($\cos \phi$).

$$W = E * I * \cos \phi \quad (12)$$

Con respecto al calibre de los conductores por corriente se encuentra despejando de la fórmula anterior la I.

$$I = \frac{W}{E_n * \cos \phi} \quad (13)$$

La caída de tensión se deduce utilizando la siguiente fórmula:

$$e = 2 * R * I \quad (\text{por ser de ida y vuelta}) \quad (14)$$

$$e = 2 * \left(\rho * \frac{L}{S} \right) * I = 2 * \left(\frac{1}{50} * \frac{L}{S} \right) * I = \frac{2LI}{50S} = \frac{LI}{25S} \quad (15)$$

$$e = \frac{LI}{25S} \quad (\text{Caída de tensión entre fase y neutro}) \quad (16)$$

$$e\% = e \frac{100}{E_n} = \frac{LI}{25S} * \frac{100}{E_n} = \frac{4LI}{SE_n} \quad (17)$$

$$S = \frac{4LI}{E_n e\%} \quad (18)$$

2.6.2. Sistema monofásico de tres hilos (2 fases y neutro)

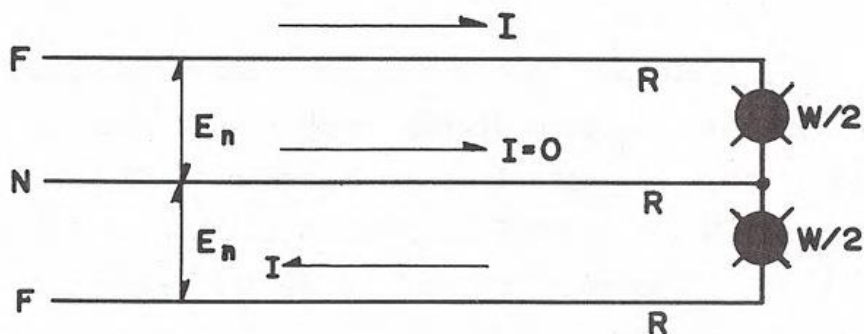


Fig. 3: Sistema monofásico de tres hilos.

Como podemos ver es la unión de dos sistemas monofásicos a dos hilos, por lo tanto, las fórmulas.

$$W = 2 * E_n * I * \cos \phi \quad (19)$$

$$I = \frac{W}{2 * E_n * \cos \phi} \quad (20)$$

En este caso la carga total en el sistema se divide en dos sistemas monofásicos a dos hilos, la corriente y la caída de tensión se divide en dos con respecto al sistema de fase y neutro.

$$e = R * I = \rho * \left(\frac{L}{S}\right) * I = \left(\frac{1}{50}\right) \left(\frac{L}{S}\right) * I = \frac{LI}{50S} \quad (21)$$

$$e\% = e * \frac{100}{E_n} = \frac{L * I}{50 * S} * \frac{100}{E_n} = \frac{2 * L * I}{S * E_n} \quad (22)$$

$$S = \frac{2 * L * I}{E_n * e\%} \quad (23)$$

En este sistema se debe mencionar que el balanceo no puede ser al 100%, ya que se va alternando que el neutro puede ser fase o hilo de corriente a la vez, llevando en el 1.41420.7071 es el valor máximo, $0.7071 * 2 = 1.4142$ veces la corriente eficaz por fase. Por tal motivo se aconseja que el neutro sea de mayor calibre que los de hilo de corriente.

2.6.3. Sistema trifásico a tres hilos (3 fases)

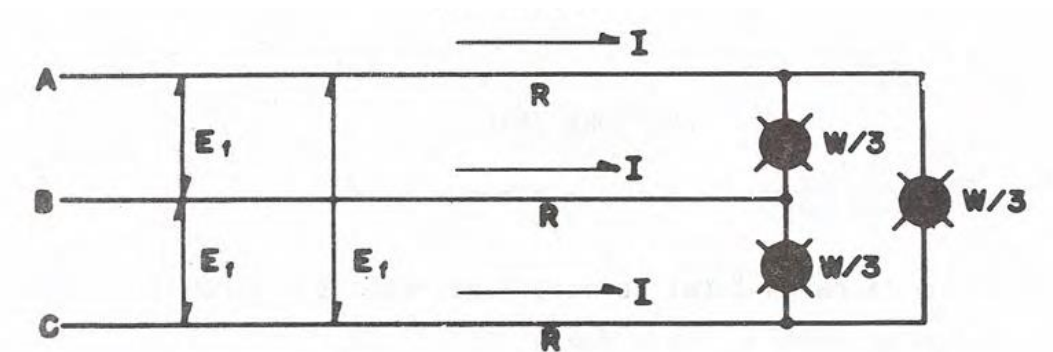


Fig. 4: Sistema trifásico a tres hilos.

$$W = \sqrt{3} * E_f * I * \cos \phi \quad (24)$$

$$I = \frac{W}{\sqrt{3} * E_f * \cos \phi} \quad (25)$$

En este sistema se debe mencionar dos casos específicos:

Cuando las cargas son puramente resistivas (secadores, hornos eléctricos, etc.) el factor de potencia tiene un valor de $\cos \phi = 1$, modificándose las fórmulas anteriores en las siguientes:

$$W = \sqrt{3} * E_f * I \quad (26)$$

$$I = \frac{W}{\sqrt{3} * E_f} \quad (27)$$

Cuando las cargas son puramente inductivas (motores eléctricos, o todo tipo de equipo o dispositivo que su interior cuente con una bobina o bobinas) el factor de potencia tiene un valor de $\cos \phi = 0.85$, este valor es la eficiencia promedio de los motores que no rebasa los 0.85, las fórmulas quedan.

$$W = \sqrt{3} * E_f * I * \cos \phi * N \quad (28)$$

$$I = \frac{W}{\sqrt{3} * E_f * \cos \phi * N} \quad (29)$$

Cuando la caída de tensión es en un sistema trifásico a 3 hilos, se sabe que la corriente de la línea es:

$$IL = \sqrt{3} * If \quad (30)$$

Por lo tanto, nos queda:

$$ef = R * (\sqrt{3} * I) = \sqrt{3} * R * I = \sqrt{3} * \rho * \left(\frac{L}{S}\right) * I = \sqrt{3} * \left(\frac{1}{50}\right) * \left(\frac{L}{S}\right) * I = \frac{\sqrt{3} * L * I}{50 * S} \quad (31)$$

$$ef = \frac{\sqrt{3} * L * I}{50 * S} \quad (32)$$

$$e\% = ef \frac{100}{Ef} = \frac{\sqrt{3} * L * I * 100}{50 S Ef} = \frac{2 * \sqrt{3} * L * I}{S Ef} \quad (33)$$

$$S = \frac{2 * \sqrt{3} * L * I}{Ef * e\%} \text{ pero } Ef = \sqrt{3} * En \quad (34)$$

Solo aplicable para 3 fases cuatro hilos.

$$S = \frac{2 * \sqrt{3} * L * I}{\sqrt{3} * En * e\%} = \frac{2 * L * I}{En * e\%} \quad (35)$$

El sistema de 3 hilos es balanceado, se considera que es la misma corriente por los conductores.

2.6.4. Sistema trifásico a cuatro hilos (3 fases y Neutro)

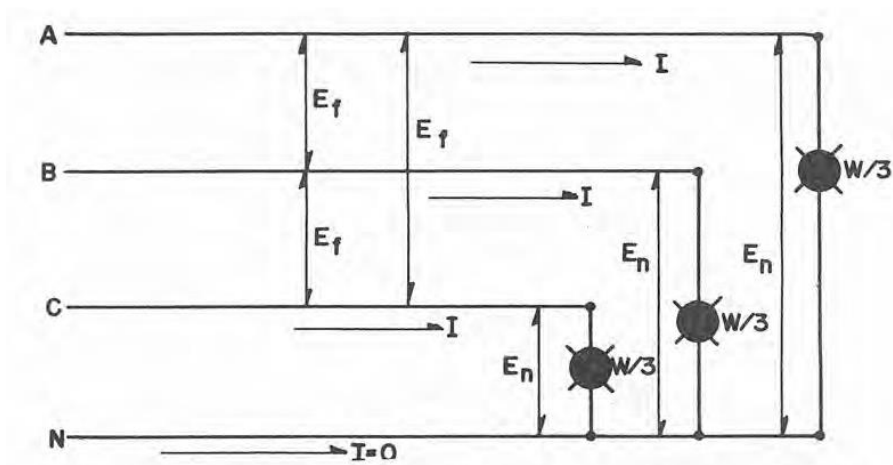


Fig. 5: Sistema trifásico a cuatro hilos (3 fases y Neutro).

Cuando es un sistema trifásico de 4 hilos se puede considerar 100% balanceado, en el neutro la intensidad de corriente es igual con $I_n = 0$, en la figura anterior podemos ver que en si es 3 sistemas monofásicos a dos hilos.

$$W = 3 * En * I * \cos \phi = \sqrt{3} * Ef * I * \cos \phi \quad (36)$$

$$I = \frac{W}{3 \cdot E_n \cdot \cos \phi} = \frac{W}{\sqrt{3} \cdot E_f \cdot \cos \phi} \quad (37)$$

Cuando se tiene cargas de alumbrado, contactos, motores monofásicos y trifásicos, las fórmulas anteriores se debe tomar en cuenta la eficiencia N, considerando el valor N= 0.85 o menor considerar las características de la carga. (Onesimo, 2005)

$$W = \sqrt{3} \cdot E_f \cdot I \cdot \cos \phi \cdot N \quad (38)$$

$$I = \frac{W}{\sqrt{3} \cdot E_f \cdot \cos \phi \cdot N} \quad (39)$$

Cuando no se tiene el valor del factor de potencia ($\cos \phi$), se colocará el valor nominal de 0.85, ya que ningún caso la carga será totalmente resistiva.

Cuando se analiza la caída de tensión se utiliza:

$$ef = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I}{50 \cdot S} \quad (40)$$

$$e\% = \frac{100}{E_f} \cdot ef = \frac{100}{E_f} \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I}{50 \cdot S} = \frac{2 \cdot \sqrt{3} \cdot L \cdot I}{E_f \cdot S} \quad (41)$$

Si $E_f = \sqrt{3} \cdot E_n$ por lo tanto la fórmula anterior queda:

$$e\% = \frac{2 \cdot \sqrt{3} \cdot L \cdot I}{\sqrt{3} \cdot E_n \cdot S} = \frac{2 \cdot L \cdot I}{E_n \cdot S} \quad (42)$$

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{E_n \cdot e\%} \quad (43)$$

2.7. POR CAÍDA DE TENSIÓN

Para el cálculo de la caída de tensión se debe tomar en cuenta el tipo de circuito y la longitud, considerar la resistencia y la reactancia del cable (impedancia según el tipo de canalización y el calibre del conductor, apoyándonos en la tabla 9 del NEC o en las tablas de fabricante.

A continuación, se muestran cada una de las fórmulas a utilizar conforme al tipo de instalación:

2.7.1. Caída de tensión de un sistema monofásico a 2 hilos

$$e = 2 \cdot Z \cdot L \cdot I \quad (44)$$

$$e\% = \frac{e \cdot 100}{V_{fn}} \quad (45)$$

Si sustituimos e en e% nos da la siguiente fórmula.

$$e\% = \frac{(2 \cdot Z \cdot L \cdot I) \cdot 100}{V_{fn}} \quad (46)$$

I= Corriente que circula por el circuito.

V_{fn} = Voltaje de fase a neutro.

fn= Fase neutro

e= Caída de tensión.

e%= Caída de tensión por ciento.

Ahora si sustituimos $Z = R * \cos \theta + XL * \sin \theta$

$$e\% = \frac{200 * I * L * (R * \cos \theta + XL * \sin \theta)}{V_{fn}} \quad (47)$$

2.7.2. Caída de tensión de un sistema trifásico a 3 hilos

$$e = 1.73 * Z * I * l \quad (48)$$

$$e\% = \frac{e * 100}{V_{ff}} \quad (49)$$

Sustituimos la ecuación en la ecuación tendremos:

$$e\% = \frac{(1.73 * Z * I * L) * 100}{V_{fn}} \quad (50)$$

Sustituyendo $Z = R * \cos \theta + XL * \sin \theta$

$$e\% = \frac{1.73 * I * L * (R * \cos \theta + XL * \sin \theta) * 100}{V_{ff}} \quad (51)$$

2.7.3. Caída de tensión de un sistema monofásico a 4 hilos

$$e = Z * L * I \quad (52)$$

$$e\% = \frac{e * 100}{V_{fn}} \quad (53)$$

Sustituyendo la ecuación en la ecuación nos dará:

$$e\% = \frac{(Z * L * I) * 100}{V_{fn}} \quad (54)$$

Sustituyendo $Z = R * \cos \theta + XL * \sin \theta$

$$e\% = \frac{(R * \cos \theta + XL * \sin \theta) * L * I * 100}{V_{fn}} \quad (55)$$

Esta misma fórmula es aplicable para un sistema monofásico a tres hilos.

Tabla 3: Resistencia y reactancia en corriente alterna para los cables para 600 Volts. 3 fases a 60 hz y 75° C (167° F) tres conductores.

| Calibre (AWG o kcmil) | Ohms al neutro por kilómetro Ohms al neutro por 1000 pies | | | | | | | | | | | | | | | Calibre (AWG o kcmil) |
|-----------------------|--|------------------|--|---------------------|------------------|--|---------------------|------------------|--|---------------------|------------------|--|---------------------|------------------|-----|-----------------------|
| | X _L (Reactancia) para todos los alambres | | Resistencia en corriente alterna para alambres de cobre sin recubrir | | | Resistencia en corriente alterna para alambres de aluminio | | | Z eficaz a FP = 0.85 para alambres de cobre sin recubrir | | | Z eficaz a FP = 0.85 para alambres de aluminio | | | | |
| | Conduit de PVC o Aluminio | Conduit de acero | Conduit de PVC | Conduit de Aluminio | Conduit de acero | Conduit de PVC | Conduit de Aluminio | Conduit de acero | Conduit de PVC | Conduit de Aluminio | Conduit de acero | Conduit de PVC | Conduit de Aluminio | Conduit de acero | | |
| 14 | 0.190 0.058 | 0.240 0.073 | 10.2 3.1 | 10.2 3.1 | 10.2 3.1 | -- -- | -- -- | -- -- | 8.9 2.7 | 8.9 2.7 | 8.9 2.7 | -- -- | -- -- | -- -- | 14 | |
| 12 | 0.177 0.054 | 0.223 0.068 | 6.6 2.0 | 6.6 2.0 | 6.6 2.0 | 10.5 3.2 | 10.5 3.2 | 10.5 3.2 | 5.6 1.7 | 5.6 1.7 | 5.6 1.7 | 9.2 2.8 | 9.2 2.8 | 9.2 2.8 | 12 | |
| 10 | 0.164 0.050 | 0.207 0.063 | 3.9 1.2 | 3.9 1.2 | 3.9 1.2 | 6.6 2.0 | 6.6 2.0 | 6.6 2.0 | 3.6 1.1 | 3.6 1.1 | 3.6 1.1 | 5.9 1.8 | 5.9 1.8 | 5.9 1.8 | 10 | |
| 8 | 0.171 0.052 | 0.213 0.065 | 2.56 0.78 | 2.56 0.78 | 2.56 0.78 | 4.3 1.3 | 4.3 1.3 | 4.3 1.3 | 2.26 0.69 | 2.26 0.69 | 2.30 0.70 | 3.6 1.1 | 3.6 1.1 | 3.6 1.1 | 8 | |
| 6 | 0.167 0.051 | 0.210 0.064 | 1.61 0.49 | 1.61 0.49 | 1.61 0.49 | 2.66 0.81 | 2.66 0.81 | 2.66 0.81 | 1.44 0.44 | 1.48 0.45 | 1.48 0.45 | 2.33 0.71 | 2.36 0.72 | 2.36 0.72 | 6 | |
| 4 | 0.157 0.048 | 0.197 0.060 | 1.02 0.31 | 1.02 0.31 | 1.02 0.31 | 1.67 0.51 | 1.67 0.51 | 1.67 0.51 | 0.95 0.29 | 0.95 0.29 | 0.98 0.30 | 1.51 0.46 | 1.51 0.46 | 1.51 0.46 | 4 | |
| 3 | 0.154 0.047 | 0.194 0.059 | 0.82 0.25 | 0.82 0.25 | 0.82 0.25 | 1.31 0.40 | 1.35 0.41 | 1.31 0.40 | 0.75 0.23 | 0.79 0.24 | 0.79 0.24 | 1.21 0.37 | 1.21 0.37 | 1.21 0.37 | 3 | |
| 2 | 0.148 0.045 | 0.187 0.057 | 0.62 0.19 | 0.66 0.20 | 0.66 0.20 | 1.05 0.32 | 1.05 0.32 | 1.05 0.32 | 0.62 0.19 | 0.62 0.19 | 0.66 0.20 | 0.98 0.30 | 0.98 0.30 | 0.98 0.30 | 2 | |
| 1 | 0.151 0.046 | 0.187 0.057 | 0.49 0.15 | 0.52 0.16 | 0.52 0.16 | 0.82 0.25 | 0.85 0.26 | 0.82 0.25 | 0.52 0.16 | 0.52 0.16 | 0.52 0.16 | 0.79 0.24 | 0.79 0.24 | 0.82 0.25 | 1 | |
| 1/0 | 0.144 0.044 | 0.180 0.055 | 0.39 0.12 | 0.43 0.13 | 0.39 0.12 | 0.66 0.20 | 0.69 0.21 | 0.66 0.20 | 0.43 0.13 | 0.43 0.13 | 0.43 0.13 | 0.62 0.19 | 0.66 0.20 | 0.66 0.20 | 1/0 | |
| 2/0 | 0.141 0.043 | 0.177 0.054 | 0.33 0.10 | 0.33 0.10 | 0.33 0.10 | 0.52 0.16 | 0.52 0.16 | 0.52 0.16 | 0.36 0.11 | 0.36 0.11 | 0.36 0.11 | 0.52 0.16 | 0.52 0.16 | 0.52 0.16 | 2/0 | |
| 3/0 | 0.138 0.042 | 0.171 0.052 | 0.253 0.077 | 0.269 0.082 | 0.259 0.079 | 0.43 0.13 | 0.43 0.13 | 0.43 0.13 | 0.289 0.088 | 0.302 0.092 | 0.308 0.094 | 0.43 0.13 | 0.43 0.13 | 0.46 0.14 | 3/0 | |
| 4/0 | 0.135 0.041 | 0.167 0.051 | 0.203 0.062 | 0.220 0.067 | 0.207 0.063 | 0.33 0.10 | 0.36 0.11 | 0.33 0.10 | 0.243 0.074 | 0.256 0.078 | 0.262 0.080 | 0.36 0.11 | 0.36 0.11 | 0.36 0.11 | 4/0 | |
| 250 | 0.135 0.041 | 0.171 0.052 | 0.171 0.052 | 0.187 0.057 | 0.177 0.054 | 0.279 0.085 | 0.295 0.090 | 0.282 0.086 | 0.217 0.066 | 0.230 0.070 | 0.240 0.073 | 0.308 0.094 | 0.322 0.098 | 0.33 0.10 | 250 | |
| 300 | 0.135 0.041 | 0.167 0.051 | 0.144 0.044 | 0.161 0.049 | 0.148 0.045 | 0.233 0.071 | 0.249 0.076 | 0.236 0.072 | 0.194 0.059 | 0.207 0.063 | 0.213 0.065 | 0.269 0.082 | 0.282 0.086 | 0.289 0.088 | 300 | |
| 350 | 0.131 0.040 | 0.164 0.050 | 0.125 0.038 | 0.141 0.043 | 0.128 0.039 | 0.200 0.061 | 0.217 0.066 | 0.207 0.063 | 0.174 0.053 | 0.190 0.058 | 0.197 0.060 | 0.240 0.073 | 0.253 0.077 | 0.262 0.080 | 350 | |
| 400 | 0.131 0.040 | 0.161 0.049 | 0.108 0.033 | 0.125 0.038 | 0.115 0.035 | 0.177 0.054 | 0.194 0.059 | 0.180 0.055 | 0.161 0.049 | 0.174 0.053 | 0.184 0.056 | 0.217 0.066 | 0.233 0.071 | 0.240 0.073 | 400 | |

2.8. CÁLCULO DE CONDUCTORES POR CORTO CIRCUITO

En el caso del cálculo de conductores por corto circuito.

Si la sección del conductor seleccionado no es la adecuada para soportar la corriente de corto circuito, además del intenso calor generado en tan corto tiempo, produciendo un daño severo en el aislamiento en la duración de la falla. Para ello se debe determinar la sección del conductor seleccionando la falla trifásica o monofásica para el estudio, mientras que para calcular la sección de la pantalla se seleccionará la falla monofásica.

A continuación, se muestra la fórmula que nos ayuda a comprobar por medio de la sección del conductor conocido los amperes de falla y la duración de los mismos es:

$$\left[\frac{I}{A}\right]^2 t = k * \log\left(\frac{T_2+T}{T_1+T}\right) \quad (56)$$

I = Corriente de corto circuito (Amperes).

K = Constante (conforme al material del conductor).

A = Área de la sección transversal del conductor en Circular Mills.

t = Tiempo de permanencia de la falla (segundos).

T = Temperatura en °C (bajo cero) en la cual el material tiene resistencia eléctrica nula (ver tabla).

T2 = Temperatura máxima de cortocircuito del aislamiento en °C.

T1 = Temperatura máxima de operación del conductor en °C.

Tabla 4: Valores de k y t. de ciertos materiales utilizados en instalaciones eléctricas.

| MATERIAL | K | T |
|----------|---------|-------|
| Cobre | 0.0297 | 234.5 |
| Aluminio | 0.0125 | 228.0 |
| Plomo | 0.0097 | 236.5 |
| Acero | 0.00326 | 180.0 |

Las normas ICEA (Isulated Cable Engineers Association) dan valores de temperatura máxima permitida en condiciones de cortocircuito °C. (Tabla 5)

Tabla 5: Valores de temperatura máxima admisible en condiciones de cortocircuito °C.

| Material del Aislamiento | En contacto con el conductor | En contacto con la pantalla |
|--------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Termofijos XLP, EP | 250 | 350* |
| Termoplástico PVC, PE | 150 | 200 |
| Papel impregnado | 200 | 200 |

*= Para cables con cubierta de plomo (esta temperatura deberá limitarse a 200 °C).

Conociendo la corriente de cortocircuito en el punto donde se instalarán los cables y el tiempo de operación de las protecciones de sobrecorriente que los protege, mediante gráficas también se puede determinar de una manera práctica el calibre del conductor adecuado. En caso contrario, conocido el calibre del conductor y los tiempos de operación de las protecciones se puede verificar con esa gráfica la corriente de cortocircuito que pueden soportar estos cables antes de llegar al daño de los mismos. También se puede determinar la sección del conductor adecuado, conociendo la corriente de cortocircuito conforme a la siguiente tabla para cables aislados de 0 a 2000 volts de cobre.

Tabla 6: Para el cálculo de áreas por cortocircuito de conductores aislados de 0 a 2000 volts de cobre.

| Ciclos | Segundos | TW-60 °C | THW-75 °C | THW-90 °C |
|--------|----------|----------|-----------|-----------|
|--------|----------|----------|-----------|-----------|

| | | | | |
|-----|--------|----------|----------|----------|
| 0.5 | 0.0083 | 1.5553*I | 1.7242*I | 1.9500*I |
| 1 | 0.0167 | 2.1996*I | 2.4385*I | 2.7578*I |
| 2 | 0.0333 | 3.1106*I | 3.4485*I | 3.9001*I |
| 3 | 0.0500 | 3.8097*I | 4.2235*I | 4.7771*I |
| 4 | 0.0667 | 4.3991*I | 4.8769*I | 5.5161*I |
| 5 | 0.0833 | 4.9183*I | 5.4525*I | 6.1672*I |

I = Corriente de cortocircuito en amperes.

A = Área en Circular Mills.

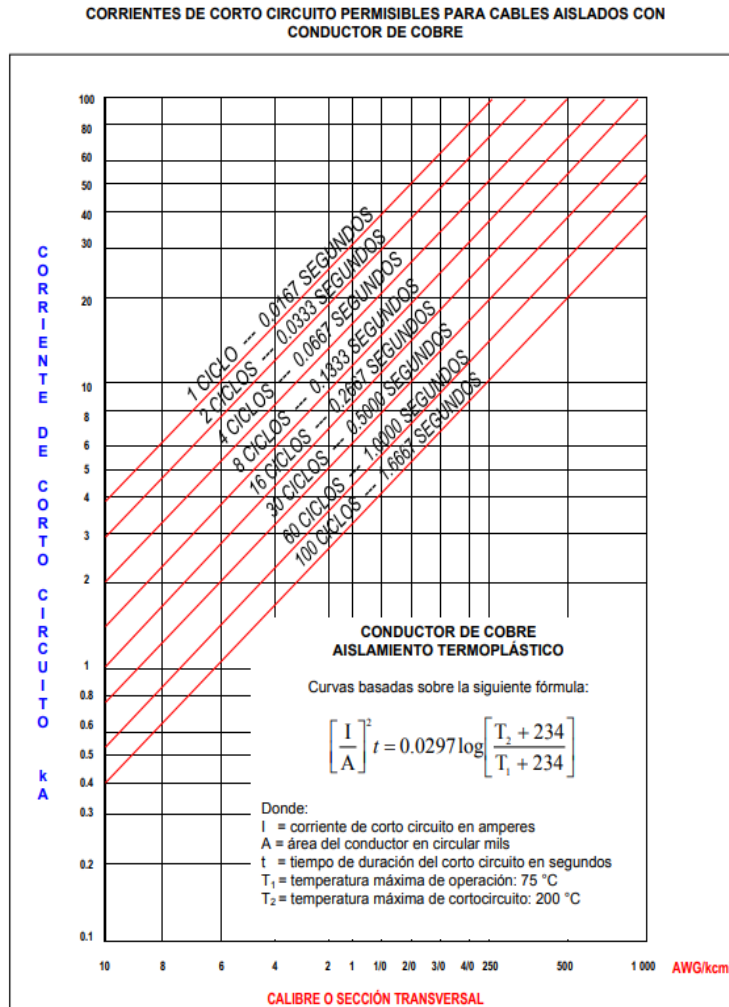


Fig. 6: Corrientes de corto circuito permisibles para cables aislados con conductor de cobre.

2.9. METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE CONDUCTORES

En el caso de la metodología del cálculo de conductores se debe seguir los siguientes pasos que a continuación veremos:

2.9.1. Para la corriente por ampacidad

Para el cálculo de corriente por ampacidad se debe realizar lo siguiente:

Paso 1). - Se calcula la corriente en amperes, tomando en cuenta la carga por suministrar. A esta corriente se le conoce como corriente base.

Paso 2). - Considerar el tipo de canalización en la que se alojarán los conductores, para aplicar el factor de agrupamiento según corresponda a la corriente calculada en el paso anterior.

Tabla 7: Relación de número de conductores con factor de corrección.

| Número de conductores que llevan corriente | Factores de corrección por agrupamiento. |
|--|--|
| 4 a 6 | 0.80 |
| 7 a 9 | 0.70 |
| 10 a 20 | 0.50 |
| 21 a 30 | 0.45 |
| 31 a 40 | 0.40 |
| 41 y más | 0.35 |

Paso 3). - Tomar en cuenta la temperatura ambiente en donde se desarrollará la obra. La corriente calculada en el paso 2 se le aplica el factor de corrección por temperatura (tablas 310-15(b) 16).

Paso 4). - A la corriente resultante, después de aplicar los factores de corrección por agrupamiento y temperatura se le llama I_c (corriente corregida).

Paso 5). - Con la I_c , se consultan las tablas 310-15(b) 16, seleccionando el calibre del conductor adecuado, conforme a la temperatura de operación y el tipo de aislamiento seleccionado.

2.10. COMO SELECCIONAR EL CALIBRE DE UN CONDUCTOR ELÉCTRICO (PARA TUBERÍA CONDUIT) CONFORME A LA NOM-001-SEDE-2018

Los conductores eléctricos tienen una capacidad de conducción de corriente que depende de varios factores como:

- Tipo de instalación (Conduit, charola, ducto subterráneo, etc.).
- Conforme al acomodo de los conductores (plano, trébol, etc.).
- A la temperatura a la cual van a estar expuestos los conductores seleccionados, a la longitud del tirado de conductor, etc.

Por lo antes mencionado es importante la realización de un estudio completo de la instalación eléctrica para su diseño. Para ello es importante realizarlo conforme a la NOM-001-SEDE- 2018. Los pasos a seguir son:

1. Elegir el tipo de aislamiento requerido en función de su aplicación, materiales, construcción y temperatura del conductor.

2. Para determinar la corriente nominal de la carga dentro de una instalación eléctrica, se utilizan las fórmulas que se muestran en la tabla 8, que van conforme al tipo de sistema eléctrico y del tipo de carga.

Tabla 8: Fórmulas para calcular la corriente nominal de una carga.

| Conociendo | C.C | C.A. 1Φ | C.A. 3 Φ |
|------------|--------------------------|-------------------------------|--|
| CP (HP) | $\frac{HP * 746}{V * n}$ | $\frac{HP * 746}{V * n * fp}$ | $\frac{HP * 746}{\sqrt{3} * V * n * fp}$ |
| kW | $\frac{kW * 1000}{V}$ | $\frac{kW * 1000}{V * fp}$ | $\frac{kW * 1000}{\sqrt{3} * V * fp}$ |

Dónde:

HP: Caballos de fuerza o potencia del motor

kW: Potencia en kilowatt

V: Tensión nominal del sistema en Volts

n: Eficiencia del motor (Valor típico 0,8)

fp: Factor de potencia (Valor típico 0,9)

Para el caso de que los conductores vayan alimentar a un solo motor, se debe tomar la corriente nominal a plena carga, la cual se multiplicará por 1.25 (revisar el artículo 430-22 de la NOM-18). En el caso que el conductor tenga que alimentar varios motores a la vez, se debe sumar el 25% de la corriente del motor más grande a la corriente a plena carga (revisar el artículo 430-24 de la NOM-18).

En la selección del calibre de un conductor se toma en cuenta la capacidad del conductor, el tipo de aislamiento, temperatura de operación y el tipo de instalación. En la tabla 9 se puede ver que, si la corriente es mayor de 100 A, se debe utilizar una capacidad de corriente con una temperatura de 75°C, y si es menor a 100 A, es de 60°C.

Tabla 9: (310-15(b) (16)) Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones hasta 2000 volts y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o directamente enterrados, basados en una temperatura ambiente.

| Tamaño o designación | Temperatura nominal del conductor [Véase la tabla 310-104(a)] | | | | | |
|----------------------|---|-------|------|------|------|-------|
| | 60 °C | 75 °C | 90°C | 60°C | 75°C | 90 °C |
| | | | | | | |

| mm2 | AWG o kcmil | TIPOS TW, UF | TIPOS RHW, THHW, THHW-LS, THW, THW-LS, THWN, XHHW, USE, ZW | TIPOS TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THHW-LS, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, | TIPOS TW, UF | TIPOS RHW, XHHW, THW, THWN, XHHW, USE | TIPOS TBS, SA, SIS, THHN, THHW, THW-2, THWN2 RHH, RHW2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW2, ZW-2 |
|-------|-------------------|-----------------|---|--|--|---|--|
| | | COBRE | | | ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE | | |
| 0.824 | 18** | — | — | 14 | — | — | — |
| 1.31 | 16** | — | — | 18 | — | — | — |
| 2.08 | 14** | 15 | 20 | 25 | — | — | — |
| 3.31 | 12** | 20 | 25 | 30 | 15 | 20 | 25 |
| 5.26 | 10** | 30 | 35 | 40 | 25 | 30 | 35 |
| 8.37 | 8 | 40 | 50 | 55 | 35 | 40 | 45 |
| 13.3 | 6 | 55 | 65 | 75 | 40 | 50 | 55 |
| 21.2 | 4 | 70 | 85 | 95 | 55 | 65 | 75 |
| 26.7 | 3 | 85 | 100 | 115 | 65 | 75 | 85 |
| 33.6 | 2 | 95 | 115 | 130 | 75 | 90 | 100 |
| 42.4 | 1 | 110 | 130 | 145 | 85 | 100 | 115 |
| 53.49 | 1/0 | 125 | 150 | 170 | 100 | 120 | 135 |
| 67.43 | 2/0 | 145 | 175 | 195 | 115 | 135 | 150 |
| 85.01 | 3/0 | 165 | 200 | 225 | 130 | 155 | 175 |
| 107.2 | 4/0 | 195 | 230 | 260 | 150 | 180 | 205 |
| 127 | 250 | 215 | 255 | 290 | 170 | 205 | 230 |
| 152 | 300 | 240 | 285 | 320 | 195 | 230 | 260 |
| 177 | 350 | 260 | 310 | 350 | 210 | 250 | 280 |
| 203 | 400 | 280 | 335 | 380 | 225 | 270 | 305 |
| 253 | 500 | 320 | 380 | 430 | 260 | 310 | 350 |
| 304 | 600 | 350 | 420 | 475 | 285 | 340 | 385 |
| 355 | 700 | 385 | 460 | 520 | 315 | 375 | 425 |
| 380 | 750 | 400 | 475 | 535 | 320 | 385 | 435 |
| 405 | 800 | 410 | 490 | 555 | 330 | 395 | 445 |
| 456 | 900 | 435 | 520 | 585 | 355 | 425 | 480 |
| 507 | 1000 | 455 | 545 | 615 | 375 | 445 | 500 |
| 633 | 1250 | 495 | 590 | 665 | 405 | 485 | 545 |
| 760 | 1500 | 525 | 625 | 705 | 435 | 520 | 585 |

| | | | | | | | |
|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 887 | 1750 | 545 | 650 | 735 | 455 | 545 | 615 |
| 1013 | 2000 | 555 | 665 | 750 | 470 | 560 | 630 |

Después de haber seleccionado el calibre del conductor, se debe reanalizar la capacidad de conducción de corriente que se eligió de la tabla 9. Además de tomar en cuenta la temperatura a la cual estará trabajando la instalación, para ello se toma valores de la Tabla 10.

Tabla 10: 310-15 (b) (2) (a) Factores de Corrección basados en una temperatura ambiente de 30 °C.

| Para temperaturas ambiente distintas de 30 °C, multiplique las anteriores ampacidades permisibles por el factor correspondiente de los que se indican a continuación: | | | |
|---|------------------------------------|-------|-------|
| Temperatura ambiente (°C) | Rango de temperatura del conductor | | |
| | 60 °C | 75 °C | 90 °C |
| 10 o menos | 1.29 | 1.2 | 1.15 |
| 11 --15 | 1.22 | 1.15 | 1.12 |
| 16--20 | 1.15 | 1.11 | 1.08 |
| 21 --25 | 1.08 | 1.05 | 1.04 |
| 26--30 | 1 | 1 | 1 |
| 31--35 | 0.91 | 0.94 | 0.96 |
| 36 --40 | 0.82 | 0.88 | 0.91 |
| 41-- 45 | 0.71 | 0.82 | 0.87 |
| 46--50 | 0.58 | 0.75 | 0.82 |
| 51--55 | 0.41 | 0.67 | 0.76 |
| 56--60 | -- | 0.58 | 0.71 |
| 61--65 | -- | 0.47 | 0.65 |
| 66--70 | -- | 0.33 | 0.58 |
| 91--75 | -- | -- | 0.5 |
| 76--80 | -- | -- | 0.41 |
| 81--85 | -- | -- | 0.29 |

Si dentro de la tubería conduit se coloca 3 conductores, se debe corregir la capacidad de corriente multiplicado con los factores que vienen en la Tabla 11.

Tabla 11: Factores de ajuste para más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o cable.

| Cantidad de conductores portadores de corriente eléctrica. | Factor de corrección por agrupamiento |
|--|---------------------------------------|
| De 4 a 6 | 0.8 |
| De 7 a 9 | 0.7 |

| | |
|-------------|------|
| De 10 a 20 | 0.5 |
| De 21 a 30 | 0.45 |
| De 31 a 40 | 0.4 |
| De 41 y mas | 0.35 |

Para calcular la caída de tensión en una instalación utilizamos las siguientes fórmulas:

$$\text{Circuito Monofasico } \Delta V = \frac{2ZLI}{V_0} * 100 \quad (57)$$

$$\text{Circuito Trifasico } \Delta V = \frac{\sqrt{3}ZLI}{V_{ff}} * 100 \quad (58)$$

Donde:

ΔV = Caída de tensión, (%).

I = Corriente eléctrica que transita en el conductor, (A).

L = Longitud total del circuito, (km).

V_{ff} = Tensión entre fases, (V).

V_0 =Tensión de fase a neutro, (V).

Z = Impedancia eléctrica del cable, (Ω/km).

La impedancia eléctrica de un cable (Z), es expresada en ohm/km , para calcular se utiliza la siguiente fórmula:

$$Z = R \cos\Phi + X_L \sin\Phi \quad (59)$$

Otra manera de calcular sin considerar el factor de potencia (fp) seria:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} \quad (60)$$

Donde:

R = Resistencia del conductor a la C.A. y a la temperatura de operación (Ω/km)

X_L = Reactancia inductiva del conductor (Ω/km)

$Fp = \cos\Phi$

Φ = Ángulo del factor de potencia (fp).

Podemos observar en la Tabla 12 la resistencia en corriente alterna a 75°C, la reactancia inductiva y la impedancia para cables de 600 V.

Tabla 12: Resistencia y reactancia en corriente alterna para los cables para 600 volts, 3 fases a 60 Hz y 75 °C.

| Area mm ² | Tamaño (AWG o kcmil) | Ohms al neutro por kilómetro | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|----------------------|--|------------------|--|---------------------|------------------|---|---------------------|------------------|--|---------------------|------------------|---|---------------------|------------------|
| | | XL (Reactancia) para todos los conductores | | Resistencia en corriente alterna para conductores de cobre | | | Resistencia en corriente alterna para conductores de aluminio | | | Z eficaz a FP = 0.85 para conductores de cobre sin recubrimiento | | | Z eficaz a FP = 0.85 para conductores de aluminio | | |
| | | Conduit de PVC o Aluminio | Conduit de acero | Conduit de PVC | Conduit de Aluminio | Conduit de Acero | Conduit de PVC | Conduit de Aluminio | Conduit de Acero | Conduit de PVC | Conduit de Aluminio | Conduit de Acero | Conduit de PVC | Conduit de Aluminio | Conduit de Acero |
| 2.08 | 14 | 0.19 | 0.24 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | — | — | — | 8.9 | 8.9 | 8.9 | — | — | — |
| 3.31 | 12 | 0.177 | 0.233 | 6.6 | 6.6 | 6.6 | — | — | — | 5.6 | 5.6 | 5.6 | — | — | — |
| 5.26 | 10 | 0.164 | 0.207 | 3.9 | 3.9 | 3.9 | — | — | — | 3.6 | 3.6 | 3.6 | — | — | — |
| 8.36 | 8 | 0.171 | 0.213 | 2.56 | 2.56 | 2.56 | — | — | — | 2.26 | 2.26 | 2.3 | — | — | — |
| 13.3 | 6 | 0.167 | 0.21 | 1.61 | 1.61 | 1.61 | 2.66 | 2.66 | 2.66 | 1.44 | 1.48 | 1.48 | 2.33 | 2.36 | 2.36 |
| 21.15 | 4 | 0.157 | 0.197 | 1.02 | 1.02 | 1.02 | 1.67 | 1.67 | 1.67 | 0.95 | 0.95 | 0.98 | 1.51 | 1.51 | 1.51 |
| 26.67 | 3 | 0.154 | 0.194 | 0.82 | 0.82 | 0.82 | 1.31 | 1.35 | 1.31 | 0.75 | 0.79 | 0.79 | 1.21 | 1.21 | 1.21 |
| 33.62 | 2 | 0.148 | 0.187 | 0.62 | 0.66 | 0.66 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 0.62 | 0.62 | 0.66 | 0.98 | 0.98 | 0.98 |
| 42.41 | 1 | 0.151 | 0.187 | 0.49 | 0.55 | 0.55 | 0.82 | 0.85 | 0.82 | 0.52 | 0.52 | 0.52 | 0.79 | 0.79 | 0.82 |
| 53.49 | 1/0 | 0.144 | 0.18 | 0.39 | 0.43 | 0.39 | 0.66 | 0.69 | 0.66 | 0.43 | 0.43 | 0.43 | 0.62 | 0.66 | 0.66 |
| 67.43 | 2/0 | 0.141 | 0.177 | 0.33 | 0.33 | 0.33 | 0.52 | 0.52 | 0.52 | 0.36 | 0.36 | 0.36 | 0.52 | 0.52 | 0.52 |
| 85.01 | 3/0 | 0.138 | 0.171 | 0.253 | 0.269 | 0.259 | 0.43 | 0.43 | 0.43 | 0.289 | 0.302 | 0.308 | 0.43 | 0.43 | 0.46 |
| 107.2 | 4/0 | 0.135 | 0.167 | 0.203 | 0.22 | 0.207 | 0.33 | 0.36 | 0.33 | 0.243 | 0.256 | 0.262 | 0.36 | 0.36 | 0.36 |
| 127 | 250 | 0.135 | 0.171 | 0.171 | 0.187 | 0.177 | 0.279 | 0.295 | 0.282 | 0.217 | 0.256 | 0.24 | 0.308 | 0.322 | 0.33 |
| 152 | 300 | 0.135 | 0.167 | 0.144 | 0.161 | 0.148 | 0.233 | 0.249 | 0.236 | 0.194 | 0.23 | 0.213 | 0.269 | 0.282 | 0.289 |
| 177 | 350 | 0.131 | 0.164 | 0.125 | 0.141 | 0.128 | 0.2 | 0.217 | 0.207 | 0.174 | 0.9 | 0.197 | 0.24 | 0.253 | 0.262 |
| 203 | 400 | 0.131 | 0.161 | 0.108 | 0.125 | 0.115 | 0.177 | 0.194 | 0.18 | 0.161 | 0.174 | 0.184 | 0.217 | 0.233 | 0.24 |
| 253 | 500 | 0.128 | 0.157 | 0.089 | 0.105 | 0.095 | 0.141 | 0.157 | 0.148 | 0.141 | 0.157 | 0.164 | 0.187 | 0.2 | 0.21 |
| 304 | 600 | 0.128 | 0.157 | 0.075 | 0.092 | 0.082 | 0.118 | 0.135 | 0.125 | 0.131 | 0.144 | 0.154 | 0.167 | 0.18 | 0.19 |
| 380 | 750 | 0.125 | 0.157 | 0.062 | 0.079 | 0.069 | 0.095 | 0.112 | 0.102 | 0.118 | 0.131 | 0.141 | 0.148 | 0.161 | 0.171 |
| 507 | 1000 | 0.121 | 0.151 | 0.049 | 0.062 | 0.059 | 0.075 | 0.89 | 0.082 | 0.105 | 0.118 | 0.131 | 0.128 | 0.138 | 0.151 |

Caída de tensión:

$$Z = R \cos \varphi + X \sen \varphi \tag{61}$$

$$e\% = \frac{e}{V_{f-n}} * 100 \tag{62}$$

$$e = 2ZIL \tag{63}$$

$$e\% = \frac{100 IL (R \cos \varphi + X \sen \varphi)}{V_{f-n}} \tag{64}$$

2.11. CÁLCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

Para determinar la caída de voltaje de un circuito en condiciones estables (sin transitorio o efectos por arranque de motores) es necesario conocer la impedancia del mismo, la corriente, y el factor de potencia de la carga. La fórmula general para el cálculo de la caída de tensión, según la figura 7 siguiente; que corresponde a un diagrama vectorial para una carga con factor de potencia atrasado.

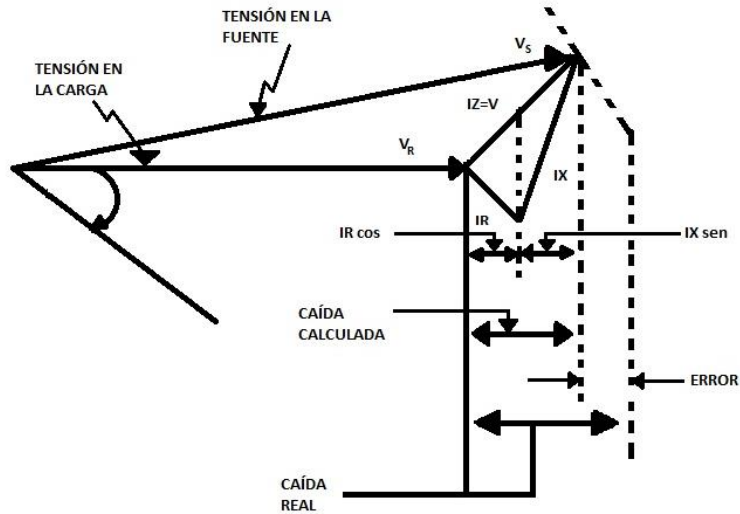


Fig. 7: Diagrama vectorial para una carga con factor de potencia atrasada.

$$V = I * (R * \text{Cos}\varphi + X * \text{Sen}\varphi) \quad (65)$$

V =Caída de tensión, línea a neutro (volts).

I =Corriente (amperes)

R =resistencia de circuito (ohms por fase.)

X =Reactancia del circuito (ohms) por fase. (Su valor depende del tamaño del conductor, de si se usa ductos magnéticos, no magnéticos y de la separación entre conductores)

φ =Ángulo entre la corriente y el voltaje de la carga (ángulo del factor de potencia).

$\text{Cos}\varphi$ = Factor de potencia de la carga.

V_s =Tensión de la fuente, línea a neutro.

V_R =Tensión en la carga línea a neutro.

$$V = V_s - V_R$$

La caída de línea a línea a un sistema trifásico es igual a “3 V” y en un sistema monofásico es igual a “2 V”.

Caída de tensión expresada en forma porcentual.

$$V(\%) = \frac{KVA * (R * \text{Cos}\varphi + X * \text{Sen}\varphi)}{10 (KV)^2} \quad (66)$$

KVA = KVA trifásicos= $kw / \text{Cos}\varphi$

KV = KV de línea a línea. (Harper, Guía ilustrada de la norma oficial mexicana NOM-001 SEDE)

2.12. REACTANCIA INDUCTIVA EN LOS CIRCUITOS DE CA

Cuando una corriente alterna o una corriente directa circulan a través de una resistencia, se presenta una caída de voltaje a través de la resistencia, la fórmula es $E = I * R$, en el caso de la corriente alterna, se dice que el voltaje y la corriente están en fase, el ángulo entre las ondas de voltaje y corriente es cero grados $\theta = 0^\circ$.

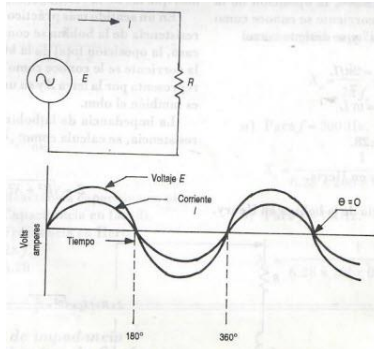


Fig. 8: Relación de la corriente y voltaje alterno.

La resistencia del circuito de la figura 9 se desplaza por una bobina (un inductor) y por medio de un voltaje en CA entre los extremos de la bobina, entonces el voltaje y la corriente resultante se encuentra “Fuera de Fase”, este desfase se puede visualizar en la figura 9 por medio de la gráfica que muestra que existe un ángulo de 90° de separación de una sinusoidal a la otra.

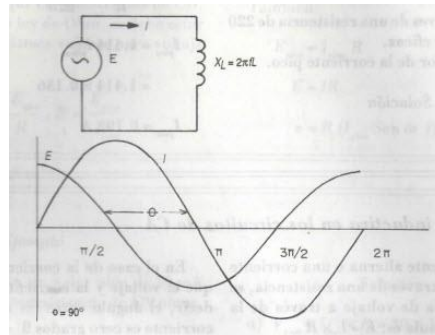


Fig. 9: Relación de desplazamiento de la corriente y voltaje al pasar por una bobina.

Pero en la práctica es de alguna manera menos debido al valor de la resistencia inherente en el conductor de cobre en el cual se hace 90° . El máximo ángulo de fase es $\theta = +$

Supóngase una bobina ideal, que carezca de un valor de resistencia, la oposición de la bobina al paso de la corriente se conoce como “reactancia inductiva “y se designa como:

$$X_L = 2\pi fL \quad (67)$$

También se puede usar la siguiente fórmula:

$$X_L = \omega L \quad (68)$$

Donde $2\pi = 6.28$

f= frecuencia en Hertz.

$$\omega = 2\pi f$$

L= Inductancia de la bobina en Henry.

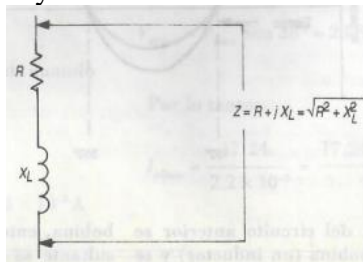


Fig. 10: Concepto de impedancia en una bobina.

A la oposición total de la bobina al paso de la corriente se le denomina impedancia y se representa con la letra Z y su unidad de medida también es el ohm. En la impedancia de la bobina incluye también la resistencia, se calcula como: (Harper, Manual de electricidad industrial I.)

$$z = \sqrt{R^2 + X_L^2} \quad (69)$$

2.13. LA REACTANCIA CAPACITIVA EN LOS CIRCUITOS DE C.A.

El capacitor es un componente significativo en una parte de los circuitos de corriente alterna. Como en el caso de las bobinas, un capacitor presenta también una oposición que esta medida en ohms al paso de la corriente, la cual se nombra reactancia capacitiva, para calcularla se utiliza la siguiente fórmula:

$$X_c = \frac{1}{2\pi * f * c} \quad (70)$$

También se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$X_c = \frac{1}{\omega * c} \quad (71)$$

Donde:

X_c : Reactancia capacitiva (ohms).

c = Capacitancia (faradios).

f = Frecuencia (Hertz).

$$\omega = 2\pi f \quad (72)$$

$$2\pi = 6.28 \quad (73)$$

2.14. RESISTENCIA DE UN CONDUCTOR

La resistencia de un conductor depende de su longitud, la sección transversal, el tipo del material, con respecto al tipo de material conforme a su naturaleza es como se verá afectado con la temperatura a la que este expuesto, todo este queda expresado en la siguiente fórmula:

$$R = \sigma \frac{L}{A} \quad (74)$$

Donde:

R = Resistencia del conductor (ohms).

σ = Resistividad del material (ohms-m).

L =Longitud del conductor (m).

A =Sección transversal del conductor (m^2).

La resistencia es una propiedad básica de una sustancia y representa su oposición a la circulación de corriente. En el sistema internacional de unidades, la resistividad se expresa en $\Omega - m$.

Tabla 13: Resistencia específica de ciertos materiales conductores.

| | |
|-------|--|
| Metal | Resistencia específica para algunos metales conductores. |
|-------|--|

| | |
|------------|-----------------------|
| Plata | 1.64×10^{-8} |
| Cobre | 1.72×10^{-8} |
| Oro | 2.45×10^{-8} |
| Aluminio | 2.83×10^{-8} |
| Tungsteno | 5.5×10^{-8} |
| Níquel | 7.8×10^{-8} |
| Constantan | 4.9×10^{-8} |

2.15. NORMAS DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS

En el desarrollo de una instalación eléctrica en casa habitación, industria o de espacios públicos, se debe respetar en todo momento las normas jurídicas y técnicas al respecto, con la finalidad de conseguir un nivel de seguridad aceptable.

Las normas jurídicas se definen como mandatos que normalizan el comportamiento de las personas que viven en un pueblo, ciudad o país. (ABB, 2007)

Normas técnicas: es el conjunto de prescripciones con arreglo a las cuales deben diseñarse, fabricarse y probarse los equipos, materiales, máquinas e instalaciones para garantizar un funcionamiento correcto y seguro. Dichas normas son publicadas por organismos nacionales e internacionales. (ABB, 2007)

Tabla 14: Organismos en el sector eléctrico y electrónico.

| Campos de aplicación | | | |
|-------------------------|------------------------------|--------------------|---------------------------------|
| | Electrotécnica y electrónica | Telecomunicaciones | Mecánica, ergonomía y seguridad |
| Organismo internacional | IEC | ITU | ISO |
| Organismo europeo | CENELEC | ETSI | CEN |

IEC: Comisión Electrotécnica Internacional (International Electrotechnical Commission o IEC), fue fundada en 1906, cuanta con oficinas en Ginebra, Suiza, es una organización de tipo no gubernamental que se dedica al desarrollo de normas internacionales para lo referente a tecnologías de tipo eléctricas y electrónicas. Siendo estas normas un elemento clave para el comercio internacional de productos y servicios (Eléctricos-Electrónicos). (R., 2017)

CENELEC: que sus siglas significan Comité Europeo de Normalización Electrotécnica, el cual tiene la responsabilidad de dictar las normas con respecto a los productos eléctricos y electrónicos en continente europeo, este comité trabaja con otros sistemas también europeos para estandarizar las técnicas, además de ayudar a reducir la barrera en localidad, seguridad y el comercio. (theastrologypage.com., 2022)

Directiva Baja Tensión 73/23/CEE – 93/68/CEE: esta directiva se encarga de revisar que todo equipo o material eléctrico sea utilizado en un rango de 50 V a 1000 V de corriente alterna, y 75 V a 1500 V de corriente continua. Estos comprenden desde los equipos usados para su producción, transformación, transmisión, distribución, así como los equipos que se alimentan de ella como máquinas, instrumentos de medición, etc. Hay ciertas exenciones que la directiva no tiene injerencia como las siguientes categorías.

- Materiales eléctricos que son utilizados en ambientes que por su naturaleza de trabajo tienen peligro de explosión.
- Materiales eléctricos que son utilizados para equipos de radiología y así como equipos de uso clínico.
- Partes eléctricas de ascensores y montacargas.
- Contadores eléctricos.
- Enchufes para uso de casa-habitación.
- Dispositivos de alimentación de recintos eléctricos.
- Perturbaciones radioeléctricas.
- Materiales eléctricos especiales destinados al uso en navíos, aviones o ferrocarriles, conformes a las disposiciones de seguridad establecidas por organismos internacionales en los cuales participen los países miembros.

Directiva CEM 89/336/CEE: A esta directiva le compete todo lo relacionado a la parte magnética de los aparatos eléctricos y electrónicos, en este caso se dividen conforme a sus características:

- Receptores de radiodifusión y televisión privados.
- Equipos industriales.
- Equipos radiomóviles;
- Equipos radiomóviles y radiotelefónicos comerciales.
- Equipos médicos y científicos.
- Equipos de tecnología de la información (ETI).
- Aparatos electrodomésticos y electrónicos para uso doméstico.
- Aparatos de radio (aeronáutica y la marina).
- Aparatos didácticos electrónicos.
- Redes y aparatos de telecomunicación.
- Emisoras de radio.
- Iluminación y lámparas fluorescentes.

Los equipos deben fabricarse de modo que:

- a) Las perturbaciones electromagnéticas deben tener un límite para ser usadas en aparatos de radio, telecomunicaciones y otros adicionales, de manera correcta.
- b) Los aparatos deben tener un excelente sistema de filtrado para evitar las perturbaciones electromagnéticas.

Si los dos apartados anteriores se cumplen al pie de la letra se considera que satisface los requisitos.

2.16. NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEDE-2018, INSTALACIONES ELÉCTRICAS (NOM)

Para poder manipular la energía eléctrica es necesario contar con normas que regularicen su uso en el ámbito nacional, en cualquier tipo de instalación desde casa-habitación hasta a nivel industrial.

2.16.1. Objetivo de la NOM

Las NOM su objetivo fundamental es constituir las especificaciones y lineamientos con respecto a la parte técnica para que las instalaciones eléctricas satisfagan las normas de seguridad necesarias:

- Las descargas eléctricas.
- Los efectos térmicos.
- Las sobrecorrientes.
- Las corrientes de falla y las sobretensiones.

2.16.2. Campo de aplicación de la NOM

El área de acción de la NOM dentro de las instalaciones que utilizan la energía eléctrica podemos mencionar:

- a) Casa habitación, comercio, industria, edificios de oficina, almacenes, estacionamiento, talleres mecánicos, etc., tanto privado como público, así como cual sea el nivel de tensión en la que opere.
- b) Así como ferias, circos, exposiciones, talleres, lugares establecidos para realizar alguna reunión como salones de fiestas, conciertos, teatro, casas móviles, vehículos de recreo, construcciones flotantes, hospitales, campos agrícolas.
- c) Todo tipo de instalación que se encuentre fuera de cualquier edificio.
- d) Tipo de alambrado fijo que sea usado para telecomunicaciones, indicación, control y similares.
- e) Todo tipo de modificación realizada a la instalación ya existente.

Esta NOM de instalaciones eléctricas no es aplicable cuando:

- a) En embarcaciones.
- b) Transporte público eléctrico (aeronaves o vehículos, automotores).
- c) Transporte público eléctrico.
- d) En las áreas subterráneas como en el caso de minas, y el equipo utilizado para trabajar en dicha área.
- e) En el área de comunicaciones que están controladas por empresas de servicio público.

2.16.3. Inciso 110-14 Conexiones eléctricas

Como sabemos hay una gran variedad de metales utilizados para la realización de componentes eléctricos (cobre, aluminio, aluminio revestido de cobre o aluminio) no es convenientes mezclar

estos materiales de manera indiscriminada, solo si el componente sirve por sus características físicas dentro de la instalación, y no afecte de manera negativa a los conductores.

Con respecto a este tema se puede mencionar lo siguiente:

- 1) Terminales: la unión del conductor con la terminal se debe realizar de manera correcta para ello se debe utilizar conectores de: presión, soldadura, empalmes en terminales flexibles.
- 2) Empalmes: se debe realizar dispositivos conforme a su uso (para esto debe usarse en los conductores aislamiento equivalente al conductor, o identificados para esta operación), o soldadura (bronce, autógena, metal fundible o de aleación, cuidando que se efectuó correctamente el soldado).
- 3) Limitaciones por temperatura: la temperatura nominal de operación del conductor está relacionada con su ampacidad, por lo cual es importante cuidar la elección de la terminal o dispositivo conector a usar. En este caso las terminales en circuitos de 100 A o menor, o grabadas con el tamaño de (14 AWG a 1 AWG), deben utilizarse cuando se tenga una situación con conductores con los siguientes tipos de temperatura de operación de aislamiento:
 - 60 °C.
 - Mayor de 60 °C tomando en cuenta la ampacidad del conductor.
 - Si el equipo está aprobado para trabajar con el conductor.
 - En el caso de motores que tiene la siguiente letra conforme a su diseño: B, C, D o E, se usa conductores que operen en 75 °C, tomando en cuenta también la ampacidad.

Las terminales cambian cuando sobrepasa la corriente de 100 A., así como el tamaño del conductor mayor a 42.4 mm² (1 AWG) se debe usar conductores de operación del aislamiento:

1. 75°C.
2. Mayor a 75 °C tomando en cuenta la ampacidad del conductor no exceda a 75 °C.

2.16.4. Inciso 210-19 Conductores. Ampacidad y tamaño mínimo

a) Circuitos derivados de hasta 600 volts: estos conductores deben contar con una ampacidad no menor a la carga máxima a la cual van a alimentar, si en dado caso suministra cargas continuas o una combinación de cargas no continuas y continuas, se debe revisar la ampacidad permisible no sea menor a la carga más el 125 % de la carga continua.

2.16.5. Inciso 210-20 Protección contra sobrecorriente

En este apartado menciona que es importante proteger contra sobrecorriente los conductores de circuitos derivados y los aparatos por medio de:

a) Cargas continuas y no continuas: la capacidad nominal de la protección no debe ser menor a la carga no-continua más el 125 % de la carga continua.

- b) Protección del conductor: Los conductores deben estar protegidos de acuerdo al artículo 240-4.
- c) Equipo. La protección contra sobrecorriente no debe exceder conforme a los artículos aplicados a los equipos que menciona la NOM-18, y se menciona en la Tabla 15.

Tabla 15: Artículos aplicables para equipos sobre su protección contra sobrecorriente.

| Tabla 15.- Otros artículos | |
|--|----------|
| Equipo | Artículo |
| Acometidas | 230 |
| Anuncios eléctricos e iluminación de contorno | 600 |
| Aparatos | 422 |
| Elevadores, elevadores montaplatos, escaleras y pasillos, móviles; elevadores para sillas de ruedas y elevadores de sillas de ruedas para escaleras. | 620 |
| Bombas contra incendios | 695 |
| Capacitores | 460 |
| Celdas electrolíticas | 668 |
| Circuitos de Clase 1, Clase 2 y Clase 3 de control remoto, de señalización y de potencia limitada | 725 |
| Circuitos derivados | 210 |
| Contactos, conectores de cordón y clavijas de conexión | 406 |
| Convertidores de fase | 455 |
| Electroductos | 368 |
| Equipo de aire acondicionado y refrigeración | 440 |
| Equipo de calefacción eléctrica fija de tuberías y recipientes | 427 |
| Equipo de calentamiento dieléctrico y por inducción | 665 |
| Equipo eléctrico exterior fijo de deshielo y fusión de la nieve | 426 |
| Equipo eléctrico fijo de calefacción de ambiente | 424 |
| Equipos de procesamiento, amplificación y reproducción de señal de audio | 640 |
| Equipos de rayos X | 660 |
| Estudios de cine y de televisión y lugares similares | 530 |
| Generadores | 445 |
| Grúas y polipastos | 610 |
| Instalaciones en lugares de atención de la salud | 517 |
| Lugares de reunión | 518 |
| Luminarias, portalámparas y lámparas | 410 |
| Maquinaria industrial | 670 |
| Motores, circuitos de motores y controladores | 430 |
| Órganos eléctricos de tubos | 650 |
| Sistemas de alarma contra incendios | 760 |

| | |
|--|-----|
| Sistemas de emergencia | 700 |
| Sistemas solares fotovoltaicos | 690 |
| Soldadores eléctricos | 630 |
| Tableros de distribución y tableros de alumbrado y control | 408 |
| Teatros, áreas de espectadores en estudios cinematográficos y estudios de televisión y lugares similares | 520 |
| Transformadores y bóvedas de transformadores | 450 |

d) Dispositivos de salida: para este caso se debe apegar a lo especificado en el artículo 210-21.

2.16.6. Artículo 250 Puesta a tierra y unión.

Este artículo nos explica los requisitos generales para la puesta a tierra y unión, los cuales están especificados en los índices siguientes:

- a) Sistemas, circuitos y equipos en los que se exige, se permite o no se permite que estén puestos a tierra.
- b) El conductor a usar para ser el puesto a tierra se debe colocar en un sistema de tierra.
- c) Localización del sistema de conexión a tierra.
- d) Tener en cuenta las diferentes configuraciones de conductores de unión, de puesta a tierra y electrodos.
- e) Técnicas de puesta a tierra y unión.
- f) Condiciones bajo las cuales los protectores, la separación o el aislamiento eléctrico pueden ser sustituidos por la puesta a tierra.

A continuación, se mencionan algunas definiciones que son importantes antes de empezar a desglosar los incisos del artículo 250.

- Puente de unión, lado línea: el conductor debe certificar que la conductividad que se requiere entre las partes metálicas estén acopladas eléctricamente.
- Trayectoria de la corriente de falla a tierra: se debe realizar un camino seguro desde la falla a tierra.
- Trayectoria efectiva de la corriente de falla a tierra: se debe asegurar la correcta trayectoria de la corriente de falla a tierra física. Debe ser de baja impedancia, así como permitir el buen funcionamiento de los dispositivos de protección contra sobrecorriente. (SALGADO, 2019)

2.16.7. Norma 250-4. Requisitos habituales para puesta a tierra y unión

Los requisitos que se debe cumplir para la puesta a tierra y unión son los siguientes:

a) Sistema puesto a tierra.

- 1) En los sistemas puestos a tierra los sistemas eléctricos deben estar diseñados para limitar la tensión por descargas atmosféricas, sobretensiones en la línea o contacto con alguna

línea de mayor tensión, haciendo que el sistema se establezca durante el funcionamiento. (SALGADO, 2019)

- 2) Puesta a tierra del equipo eléctrico: los conductores que no transportan corriente, la canalización que contenga los conductores o que formen parte de un equipo, deben estar conectados a tierra con la finalidad de limitar la tensión a la que están expuestos.
 - 3) Unión en el equipo eléctrico: los conductores que no transportan corriente, la canalización que contenga los conductores o que formen parte de un equipo, deben conectarse entre sí y a la fuente de alimentación eléctrica para establecer una trayectoria directa para la corriente de falla a tierra.
 - 4) Unión de materiales eléctricamente conductivos y otros equipos: en el caso que se maneje equipos o materiales eléctricos, que no están en constante energización, se debe procurar que estén conectados a sistema eléctricos que cuente con tierra física para protegerlos.
 - 5) Trayectoria efectiva de la corriente de falla a tierra: los equipos, el alambrado eléctrico o material con posibilidad de energizarse, deben instalarse de manera que establezca un circuito de baja impedancia, para facilitar la operación correcta contra una situación de sobrecorriente.
- b) Sistema no puesto a tierra.
- 1) Puesto a tierra del equipo eléctrico: toda tubería que contenga conductores o formen parte de un equipo es necesario que estén conectados a tierra con la finalidad de limitar la tensión a tierra provocada por una descarga eléctrica o atmosférica.
 - 2) Unión del equipo eléctrico: toda canalización que contenga conductores o formen parte de un equipo es necesario que se conecten entre sí y puesta a tierra y a la fuente de alimentación eléctrica para establecer una trayectoria directa para la corriente de falla a tierra.
 - 3) Unión de materiales eléctricamente conductivos y otros equipos: en el caso que se maneje equipos o materiales eléctricos, que no están en constante energización, se debe procurar que estén conectados a sistema eléctricos que cuente con tierra física para protegerlos.
 - 4) Trayectoria efectiva de la corriente de falla a tierra: los equipos, el alambrado eléctrico o material con posibilidad de energizarse, deben instalarse de manera que establezca un circuito de baja impedancia, para facilitar la operación correcta contra una situación de sobrecorriente.

2.16.8. Inciso 250-6 Corriente indeseable

a) Arreglo para prevenir una corriente indeseable. La puesta a tierra de sistemas eléctricos, conductores del circuito, pararrayos, dispositivos de protección contra sobretensión y partes metálicas conductoras del equipo que normalmente no transportan corriente, se deben colocar y poner de manera que se frene una corriente indeseable.

b) Modificaciones para eliminar una corriente indeseable. Cuando se maneja varias conexiones en una sola tierra física y esta provoca corrientes indeseadas, se debe modificar la configuración a utilizar, a continuación, se menciona algunas, recordar que deben cumplir con los requisitos de 250-4(a-5) o (b-4):

- 1) Eliminar una o más de estas conexiones de puesta a tierra, pero no todas.
- 2) Reubicar las conexiones de puesta a tierra.
- 3) Modificar la continuidad del conductor que provoca la corriente indeseable.

- 4) Realizar una modificación que ayude a proteger la instalación.
- c) Corrientes temporales no clasificadas como corrientes indeseables. Algunas veces estas corrientes indeseadas no lo son, son corriente de falla a tierra como lo menciona los incisos anteriores (a y b).
- d) Limitaciones a las modificaciones permisibles. En el caso de los equipos electrónicos, existen corrientes que introducen ruido o errores a las lecturas, siendo una situación diferente a corrientes indeseadas, que se menciona en este apartado.

2.16.9. Inciso 250.8 Conexión del equipo de puesta a tierra y de unión

a) Métodos permitidos. Para la utilización de los diferentes tipos de puesta de tierra (conductores, electrodos, puentes de unión), existen una variedad de formas de conectarse que a continuación se mencionan:

- 1) Conectores a presión.
- 2) Barras terminales.
- 3) Terminales a presión certificados para puesta a tierra de equipos y de unión.
- 4) Procesos de soldadura exotérmica.
- 5) Abrazaderas de configuración tipo tornillo.
- 6) Pijas.
- 7) Conexiones que formen parte del acople.
- 8) Otros medios aprobados.
 - Métodos no permitidos. No es permitido usar conexiones o aditamentos que solo sean soldados con un solo punto de fusión.

2.16.10. Inciso 250-10 Protección de abrazaderas y accesorios de puesta a tierra

Deben ser aprobados para uso general sin protección, o se deben proteger del daño físico como lo indican los siguientes puntos:

- 1) En instalaciones donde se asegure que no sufrirán algún tipo de desgaste.
- 2) Cuando dentro de la instalación este protegido por medio de un metal, madera o una cubierta protectora similar.

2.16.11. Inciso 250-12 Superficies limpias

En los materiales usados para puesta a tierra es importante que estén limpios de cualquier tipo de producto como pintura, laca, esmalte, para asegurar una correcta continuidad eléctrica, o si es posible utilizar herrajes que no necesiten de algún tipo de recubrimiento adicional.

2.16.12. Inciso 250-28 Puente de unión principal y puente de unión del sistema

Nos indica que el puente de unión principal y el puente de unión del sistema de un sistema puesto a tierra deben instalarse de la siguiente manera:

- a) Material: se debe utilizar cobre u otro material resistente a la corrosión. El sistema deberá contener un conductor, una barra, un tornillo o un conductor similar adecuado.
- b) Construcción: en caso que el sistema es solamente un tornillo, deberá identificarse con un acabado verde que sea visible una vez instalado el tornillo.
- c) Fijación: se deben conectar de la manera especificada en las disposiciones aplicables de 250-8.
- d) Tamaño: se deben determinar según 250- 28(d) (1) hasta (d) (3) siguientes.
- 1) General. No deben exceder el tamaño menor a los indicados en la Tabla 16 (250-66).

Tabla 16: Conductor del electrodo de puesta a tierra para sistemas de corriente alterna.

| Tabla (250-66). - Conductor del electrodo de puesta a tierra para sistemas de corriente alterna | | | | | | | |
|---|------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|--|-------------|-----------------|-------------|
| Tamaño del mayor conductor de entrada a la acometida o área equivalente para conductores en paralelo | | | | Tamaño del conductor al electrodo de puesta a tierra | | | |
| Cobre | | Aluminio | | Cobre | | Aluminio | |
| mm ² | AWG o kcmil | mm ² | AWG o kcmil | mm ² | AWG o kcmil | mm ² | AWG o kcmil |
| 33.6 o menor 42.4 o 53.5 | 2 o menor 10 1/10 | 53.59 o menos 67.40 o 85.00 | 1/10 o menor 2/10 0 3/10 | 8.36 13.3 | 8 6 | 13.3 21.2 | 6 4 |
| 67.4 o 85.0 más de 85.0 a 177 | 2/0 o 3/0 más de 3/0 a 350 | 107 o 127 más de 127 a 253 | 4/0 o 250 más de 250 a 500 | 21.2 33.6 | 4 2 | 33.6 53.5 | 2 1/0 |
| Más de 177 a 304.0 más de 304 a 557.38 | Más de 350 a 600 más de 600 a 1100 | Más de 253 a 456 más de 456 a 887 | Más de 500 a 900 más de 900 a 1750 | 53.5 67.4 | 1/0 2/0 | 85 107 | 3/0 4/0 |
| Más de 557.38 | Más de 1100 | Más de 887 | Más de 1750 | 85 | 3/0 | 127 | 250 |
| Cuando no hay conductores de acometida, el tamaño del conductor del electrodo de puesta a tierra se deberá determinar por el tamaño equivalente del conductor más grande de acometida requerido para la carga a alimentar. a) Esta tabla también aplica para los conductores derivados de sistemas derivados separados de corriente alterna. b) Ver 250-64(a) para restricciones de la instalación. | | | | | | | |

- 2) Puente de unión importante para acometidas de un número mayor a una envolvente: se debe utilizar los valores de la tabla 16, tomando como base el conductor de fase de acometida de mayor tamaño.
- 3) Sistemas derivados separados por un número mayor a una envolvente: El tamaño conforme al inciso 1 con base en el conductor de fase de mayor tamaño del alimentador que sirve a esa envolvente, o se debe colocar un solo puente de unión, el tamaño debe ser verificado conforme lo indica la tabla 16, tomando como base el tamaño semejante de la suma mayor de las áreas de los conductores correspondientes para cada conjunto.

2.16.13. Inciso 250-66- Tamaño del conductor del electrodo de puesta a tierra de corriente alterna

Estos tamaños están indicados en la tabla 16 (250-66) antes mencionada. También se puede mencionar en los siguientes incisos siguientes.

- a) Uniones a los electrodos de varilla, tubería o placa. Solo se permite en 250-52(a) (5) o (a) (7), no se requerirá que esa porción del conductor, que es la única conexión al electrodo de puesta a tierra, sea mayor de 6 AWG en el caso del cobre, o 4 AWG, en el caso del aluminio.
- b) Conexiones a electrodos recubiertos de concreto. Solo lo estipulado en el 250-52(a) (3), siendo este la única unión al electrodo de puesta a tierra con un valor mayor a 4 AWG de cobre.
- c) Conexiones a anillos de puesta a tierra. Solo lo estipulado en el 250-52(a) (4), no se requerirá que esa porción de conductor, siendo este la única unión al electrodo de puesta a tierra, mayor al conductor usado para el anillo de puesto a tierra.

2.16.14. Inciso 250-96 Unión de otras envolventes

Generalidades. Los siguientes equipos que están destinados para uso como conductores de puesta a tierra es importante que estén unidos unos con otros para asegurar la continuidad eléctrica y la capacidad de conducir de manera segura alguna corriente de falla a la estén expuestos. Si en dado caso cuentan con una capa ligera de pintura, esmalte o recubrimiento similar debe removerse para su buen funcionamiento.

- Las canalizaciones metálicas.
- Charolas para cables.
- Armadura de cables.
- Blindaje de cables.
- Envolventes.
- Bastidores.
- Herrajes.

Circuitos de puesta a tierra aislados. En casos que se debe contar con la reducción de ruido (interferencia electromagnética) se podrá utilizar una envolvente del equipo alimentando por un circuito derivado esté aislada de la canalización que contiene los circuitos que alimentan únicamente ese equipo.

2.16.15. Inciso 250-119 Identificación de conductores de puesta a tierra de equipos

La identificación de los conductores de puesta a tierra se realiza con los colores verde o verde con una o dos franjas amarillas.

2.16.16. Inciso 250-120. Colocación del conductor de puesta a tierra de equipos

Un conductor de puesta a tierra de equipos (canalizaciones, charolas para cables, cable armado, canalizaciones pre-alambradas, cubiertas de cable, armazón ensamblado de cables) se debe instalar de acuerdo a los siguientes incisos:

- a) Conforme a las indicaciones de la NOM, se deben colocar y utilizando los accesorios para las uniones y terminaciones acorde al tipo de equipo utilizado para dicha instalación a puesta a tierra.
- b) Conductores de aluminio y aluminio revestido de cobre. En el caso de que estén desnudos, no deben tocar por ningún motivo la mampostería o la tierra, y más si el medio ambiente es corrosivo, además se deben dejar de usar a 45 cm antes de la tierra física.
- c) Conductores de puesta a tierra de equipos que tengan de tamaño menor que 6 AWG: Se deben proteger contra daño físico por medio de una canalización identificada o cable armado, a menos que se instale en lugares con espacio suficiente en el bastidor.

2.16.17. Inciso 250-121 Uso de los conductores de puesta a tierra de equipos

Por ningún motivo se debe utilizar el conductor de puesta a tierra de equipos como electrodo de puesta a tierra.

2.16.18. Inciso 250-122 Tamaño de los conductores de puesta a tierra de equipos

- a) En General. (Cobre, aluminio, o aluminio recubierto de cobre, del tipo alambre) en la tabla 17 (250.122) se muestra el tamaño de dichos materiales. En ciertos casos se permitirá que los conductores de puesta a tierra de equipos sean seccionados dentro de un cable multiconductor, siempre y cuando el área combinada en mm^2 o kcmil como lo indica la tabla 17 (250-122).
- b) Incremento en el tamaño: cuando hay un incremento en los conductores de fase, debe ser igual el incremento en el tamaño del tamaño de conductores, equitativamente al área en mm^2 o kcmil de los conductores de fase.
- c) Circuitos múltiples. Cuando se utiliza una sola tierra física se debe colocar un sistema múltiple en la misma canalización, charola o cable, siempre tomando en cuenta el valor mayor de los dispositivos contra sobrecorriente.
- d) Circuitos de motores: se debe tomar en cuenta lo siguiente:
 - 1. En General. El tamaño del conductor de la tierra física en equipos nunca debe ser menor al indicado a la tabla 17, tomando en cuenta en valor nominal de protección contra cortocircuito y fallas a tierra del equipo.
 - 2. Interruptor automático de disparo instantáneo y protector contra cortocircuito del motor: el tamaño del conductor de puesta a tierra de equipos no debe ser menor al determinado en tabla 17 (250-122(a)), usando el correcto fusible de doble elemento (usando el valor nominal indicado).
- e) Cordón flexible y alambre de luminarias: No debe ser menor al tamaño 18 AWG de cobre y no menor a los conductores del circuito.
- f) Conductores en paralelo: (canalizaciones múltiples) Los conductores de puesta a tierra deben instalarse también en paralelo en cada canalización o cable, solo utilizando un solo conductor.
- g) Derivaciones del alimentador. Los conductores de puesta a tierra de equipos instalados cerca de derivaciones del alimentador no deben ser menores que los indicados en la Tabla 17 (250-122), basados en el valor nominal del dispositivo de sobrecorriente del alimentador.

Tabla 17: (250-122) Tamaño mínimo de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos.

| 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 cable. | |
| | mm ² | AWG o kcmil | mm ² | AWG o kcmil |
| 15 | 2.08 | 14 | - | - |
| 20 | 3.31 | 12 | - | - |
| 60 | 5.26 | 10 | - | - |
| 100 | 8.37 | 8 | - | - |
| 200 | 13.3 | 6 | 21.2 | 4 |
| 300 | 21.2 | 4 | 33.6 | 2 |
| 400 | 33.6 | 2 | 42.4 | 1 |
| 500 | 33.6 | 2 | 53.5 | 1/0 |
| 600 | 42.4 | 1 | 67.4 | 2/0 |
| 800 | 53.5 | 1/0 | 85 | 3/0 |
| 1000 | 67.4 | 2/0 | 107 | 4/0 |
| 1200 | 85 | 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 |

2.16.19. Inciso 250-124 Continuidad del conductor de puesta a tierra de equipos

- a) Conexiones separables. (Equipos removibles o clavijas de conexión, coples y contactos) Deberán proporcionar que, se conecte primero y se desconecte al último el conductor de puesta a tierra de equipos.
- b) Desconectores. Por ningún motivo un cortacircuito automático o desconectador se debe colocar en el conductor de puesta a tierra de equipos de un sistema de alambrado de inmueble, solo en casos que la apertura del cortacircuito o desconectador desconecte todas las fuentes de alimentación.

2.16.20. Inciso 250-126 Identificación de las terminales de alambrado de dispositivos

La terminal de la conexión del conductor de puesta a tierra de equipos se deberá de la siguiente manera:

- (1) Una terminal de tornillo, con un arreglo en su cabeza de color verde, que no se pueda quitar.
- (2) Un terminal de tuerca de color verde, no fácilmente removible.

También se puede utilizar un símbolo como que a continuación se mostrará

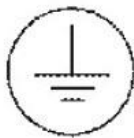


Fig. 11: Símbolo utilizado para identificar el Punto de Terminación de la Puesta a Tierra.

2.16.21. Inciso 310-10 Instalación

Es importante tomar en cuenta que el material termoplástico se puede endurecer a temperaturas menores a -10°C , a temperaturas normales puede sufrir deformaciones al someterlo a presión, si se llega utilizar en lugares mojados se puede producir una electroósmosis entre el conductor y el aislamiento.

a) Lugares secos. Los conductores y cables aislados usados deben ser apegados a lo que indica la NOM.

b) Lugares secos y húmedos. Los conductores y cables aislados usados deben ser de los siguientes tipos:

- FEP.
- FEPB.
- MTW.
- PFA.
- RHH.
- RHW.
- RHW-2.
- SA.
- THHN.
- THW.
- THW-LS.
- THW-2.
- THHW.
- THHW-LS.
- THWN.
- THWN-2.
- TW.
- XHH.
- XHHW.
- XHHW-2.
- Z o ZW.

2.16.22. Inciso 310-15 Ampacidad para conductores con tensión de 0-2000 volts

En este artículo nos indica todo lo relacionado con ampacidad para conductores a tensiones que van desde 0 a 2000 volts, se apoya de lo siguiente:

1. Tablas o supervisión de ingeniería: para determinar la ampacidad hay dos maneras de establecerla por medio de tablas o bajo la supervisión de ingeniería.

2. Selección de la ampacidad: en el caso de que existan varias ampacidades en un circuito se selecciona la de menor valor.
3. Límites de temperatura de los conductores: se debe seleccionar con mucho cuidado el conductor con respecto a la temperatura del material de aislamiento, ya que no debe superar dicha temperatura durante su uso, tampoco se debe unir los conductores porque puede provocar que alguno de ellos supere su temperatura de aislamiento. Algunos puntos a tomar en cuenta para determinar la temperatura de operación son:
 - Temperatura ambiente: esta puede variar a lo largo del conductor y el tiempo.
 - El calor producido en el interior del conductor por el flujo de la corriente (Fundamental y sus armónicos).
 - El valor nominal de disipación del calor del medio ambiente: aquí interfiere el aislamiento térmico que recubre al conductor el cual afecta el valor nominal de disipación de calor.
 - Los conductores contiguos provocan dos efectos los cuales son: elevar temperatura ambiente e impedir la disipación del calor.

Las Tablas 18 (310-15b (16)) a Tabla 19(310-15b (19)) se usan para el cálculo del tamaño de los conductores tomando en cuenta las cargas.

La ampacidad permisible es el resultado de realizar cada uno de los siguientes pasos:

1. Contar con conexión de los dispositivos de protección de sobrecorriente y de la instalación eléctrica.
2. El consentimiento de los requisitos de aprobación con respecto a los productos.
3. Ejercer con las reglas de seguridad creadas por las prácticas industriales y procedimientos regularizados.
 - Factores corrección de temperatura ambiente: se puede utilizar las tablas de ampacidad para su corrección o el uso de la siguiente fórmula:

$$I' = I \sqrt{\frac{T_c - T'_a}{T_c - T_a}} \quad (75)$$

Donde:

I' : Ampacidad corregida por temperatura ambiente.

I : Ampacidad en tablas.

T_c : Temperatura del conductor (°C).

T'_a : Temperatura ambiente nueva (°C).

T_a : Temperatura ambiente usadas en tablas (°C).

Tabla 18: (310-15(b) (2) (a)). - Factores de Corrección basados en una temperatura ambiente de 30 °C.

| Para temperaturas ambiente distintas de 30 °C, multiplique las anteriores ampacidades permisibles por el factor correspondiente de los que se indican a continuación: | | | |
|---|------------------------------------|-------|-------|
| Temperatura ambiente (°C) | Rango de temperatura del conductor | | |
| | 60 °C | 75 °C | 90 °C |
| 10 o menos | 1.29 | 1.2 | 1.15 |
| 11 --15 | 1.22 | 1.15 | 1.12 |
| 16--20 | 1.15 | 1.11 | 1.08 |
| 21 --25 | 1.08 | 1.05 | 1.04 |
| 26--30 | 1 | 1 | 1 |
| 31--35 | 0.91 | 0.94 | 0.96 |
| 36 --40 | 0.82 | 0.88 | 0.91 |
| 41-- 45 | 0.71 | 0.82 | 0.87 |
| 46--50 | 0.58 | 0.75 | 0.82 |
| 51--55 | 0.41 | 0.67 | 0.76 |
| 56--60 | -- | 0.58 | 0.71 |
| 61--65 | -- | 0.47 | 0.65 |
| 66--70 | -- | 0.33 | 0.58 |
| 91--75 | -- | -- | 0.5 |
| 76--80 | -- | -- | 0.41 |
| 81--85 | -- | -- | 0.29 |

Tabla 19: 310-15(b) (2) (b). - Factores de Corrección basados en una temperatura ambiente de 40 °C.

| Para temperaturas ambiente distintas de 30 °C, multiplique las anteriores ampacidades permisibles por el factor correspondiente de los que se indican a continuación: | | | | | | |
|---|---|-------|-------|--------|--------|--------|
| Temperatura ambiente (°C) | Rango de temperatura de los conductores | | | | | |
| | 60 °C | 75 °C | 90 °C | 150 °C | 200 °C | 250 °C |
| 10 o menos | 1.58 | 1.36 | 1.26 | 1.13 | 1.09 | 1.07 |
| 11 –15 | 1.5 | 1.31 | 1.22 | 1.11 | 1.08 | 1.06 |

| | | | | | | |
|-----------|------|------|------|------|------|------|
| 16--20 | 1.41 | 1.25 | 1.18 | 1.09 | 1.06 | 1.05 |
| 21 --25 | 1.32 | 1.2 | 1.14 | 1.07 | 1.05 | 1.04 |
| 26--30 | 1.22 | 1.13 | 1.1 | 1.04 | 1.03 | 1.02 |
| 31--35 | 1.12 | 1.07 | 1.05 | 1.02 | 1.02 | 1.01 |
| 36 --40 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 41-- 45 | 0.87 | 0.93 | 0.95 | 0.98 | 0.98 | 0.99 |
| 46--50 | 0.71 | 0.85 | 0.89 | 0.95 | 0.97 | 0.98 |
| 51--55 | 0.5 | 0.76 | 0.84 | 0.93 | 0.95 | 0.96 |
| 56--60 | -- | 0.65 | 0.77 | 0.9 | 0.94 | 0.95 |
| 61--65 | -- | 0.53 | 0.71 | 0.88 | 0.92 | 0.94 |
| 66--70 | -- | 0.38 | 0.63 | 0.85 | 0.9 | 0.93 |
| 91--75 | -- | -- | 0.55 | 0.83 | 0.88 | 0.91 |
| 76--80 | -- | -- | 0.45 | 0.8 | 0.87 | 0.9 |
| 81--90 | -- | -- | -- | 0.74 | 0.83 | 0.87 |
| 91--100 | -- | -- | -- | 0.67 | 0.79 | 0.85 |
| 101--110 | -- | -- | -- | 0.6 | 0.75 | 0.82 |
| 111--120 | | | | 0.52 | 0.71 | 0.79 |
| 121--130 | -- | -- | -- | 0.43 | 0.66 | 0.76 |
| 131--1140 | -- | -- | -- | 0.3 | 0.61 | 0.72 |
| 141--160 | -- | -- | -- | -- | 0.5 | 0.65 |
| 161--180 | -- | -- | -- | -- | 0.35 | 0.58 |
| 181--200 | -- | -- | -- | -- | -- | 0.49 |
| 201--225 | -- | -- | -- | -- | -- | 0.35 |

Factores de ajuste:

Cuando el número conductores portadores de corriente en una canalización o cable es mayor de tres, o estén instalados sin ninguna separación entre ellos (mayor a 60 cm) y sin canalización, la ampacidad permitida en cada conductor se debe someter como lo indica la Tabla 20 (310-15(b) (3) (a)). Se debe aplicar a los conductores de fuerza y alumbrado.

Tabla 20: 310-15(b) (3) (a). - Factores de ajuste para más de tres conductores portadores de corriente.

| Número de conductores | Porcentaje de los valores en las tablas 310-15(b) (16) a 310- 15(b) (19), ajustadas para temperatura ambiente, si es necesario. |
|-----------------------|---|
| 4--6 | 80 |
| 7--9 | 70 |
| 10--20 | 50 |

| | |
|----------|----|
| 21--30 | 45 |
| 31--40 | 40 |
| 41 y más | 35 |

Tabla 21: 310-15(b) (16). - Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones hasta 2000 volts y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o directamente enterrados, basados en una temperatura ambiente.

| Tamaño o designación | | Temperatura nominal del conductor [Véase la tabla 310-104(a)] | | | | | |
|----------------------|-------------|---|--|--|--------------|---------------------------------------|---|
| | | 60 °C | 75 °C | 90°C | 60°C | 75°C | 90 °C |
| mm ² | AWG o kcmil | TIPOS TW, UF | TIPOS RHW, THHW, THHW-LS, THW, THW-LS, THWN, XHHW, USE, ZW | TIPOS TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THHW-LS, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, | TIPOS TW, UF | TIPOS RHW, XHHW, THW, THWN, XHHW, USE | TIPOS TBS, SA, SIS, THHN, THHW, THW-2, THWN2 RHH, RHW2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW2, ZW-2 |
| | | | | | | | |
| 0.824 | 18** | — | — | 14 | — | — | — |
| 1.31 | 16** | — | — | 18 | — | — | — |
| 2.08 | 14** | 15 | 20 | 25 | — | — | — |
| 3.31 | 12** | 20 | 25 | 30 | 15 | 20 | 25 |
| 5.26 | 10** | 30 | 35 | 40 | 25 | 30 | 35 |
| 8.37 | 8 | 40 | 50 | 55 | 35 | 40 | 45 |
| 13.3 | 6 | 55 | 65 | 75 | 40 | 50 | 55 |
| 21.2 | 4 | 70 | 85 | 95 | 55 | 65 | 75 |
| 26.7 | 3 | 85 | 100 | 115 | 65 | 75 | 85 |
| 33.6 | 2 | 95 | 115 | 130 | 75 | 90 | 100 |
| 42.4 | 1 | 110 | 130 | 145 | 85 | 100 | 115 |

| | | | | | | | |
|-------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 53.49 | 1/0 | 125 | 150 | 170 | 100 | 120 | 135 |
| 67.43 | 2/0 | 145 | 175 | 195 | 115 | 135 | 150 |
| 85.01 | 3/0 | 165 | 200 | 225 | 130 | 155 | 175 |
| 107.2 | 4/0 | 195 | 230 | 260 | 150 | 180 | 205 |
| 127 | 250 | 215 | 255 | 290 | 170 | 205 | 230 |
| 152 | 300 | 240 | 285 | 320 | 195 | 230 | 260 |
| 177 | 350 | 260 | 310 | 350 | 210 | 250 | 280 |
| 203 | 400 | 280 | 335 | 380 | 225 | 270 | 305 |
| 253 | 500 | 320 | 380 | 430 | 260 | 310 | 350 |
| 304 | 600 | 350 | 420 | 475 | 285 | 340 | 385 |
| 355 | 700 | 385 | 460 | 520 | 315 | 375 | 425 |
| 380 | 750 | 400 | 475 | 535 | 320 | 385 | 435 |
| 405 | 800 | 410 | 490 | 555 | 330 | 395 | 445 |
| 456 | 900 | 435 | 520 | 585 | 355 | 425 | 480 |
| 507 | 1000 | 455 | 545 | 615 | 375 | 445 | 500 |
| 633 | 1250 | 495 | 590 | 665 | 405 | 485 | 545 |
| 760 | 1500 | 525 | 625 | 705 | 435 | 520 | 585 |
| 887 | 1750 | 545 | 650 | 735 | 455 | 545 | 615 |
| 1013 | 2000 | 555 | 665 | 750 | 470 | 560 | 630 |

Tabla 22: 310-15(b) (17). - Ampacidades permisibles de conductores individuales aislados para tensiones hasta e incluyendo 2000 volts al aire libre, basadas en una temperatura ambiente de 30 °C.

| Tamaño o designación | Temperatura nominal del conductor [Véase la tabla 310-104(a)] | | | | | |
|----------------------|---|-------|------|------|------|-------|
| | 60 °C | 75 °C | 90°C | 60°C | 75°C | 90 °C |

| mm ² | AWG o kcmil | TIPOS TW, UF | TIPOS RHW, THHW, THHW-LS, THW, THW-LS, THWN, XHHW, USE, ZW | TIPOS TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW2, THHN, THHW, THHW-LS, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2 | TIPOS TW, UF | TIPOS RHW, XHHW, THW, THWN, XHHW, USE | TIPOS TBS, SA, SIS, THHN, THHW, THW-2, THWN2, RHH, RHW2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW2, ZW-2 |
|-----------------|----------------|-----------------|--|---|--|---|---|
| | | COBRE | | | ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE | | |
| 0.824 | 18 | — | — | 18 | — | — | — |
| 1.31 | 16 | — | — | 24 | — | — | — |
| 2.08 | 14** | 25 | 30 | 35 | — | — | — |
| 3.31 | 12** | 30 | 35 | 40 | 25 | 30 | 35 |
| 5.26 | 10** | 40 | 50 | 55 | 35 | 40 | 45 |
| 8.37 | 8 | 60 | 70 | 80 | 45 | 55 | 60 |
| 13.3 | 6 | 80 | 95 | 105 | 60 | 75 | 85 |
| 21.2 | 4 | 105 | 125 | 140 | 80 | 100 | 115 |
| 26.7 | 3 | 120 | 145 | 165 | 95 | 115 | 130 |
| 33.6 | 2 | 140 | 170 | 190 | 110 | 135 | 150 |
| 42.4 | 1 | 165 | 195 | 220 | 130 | 155 | 175 |
| 53.49 | 1/0 | 195 | 230 | 260 | 150 | 180 | 205 |
| 67.43 | 2/0 | 225 | 265 | 300 | 175 | 210 | 235 |
| 85 | 3/0 | 260 | 310 | 350 | 200 | 240 | 270 |
| 107 | 4/0 | 300 | 360 | 405 | 235 | 280 | 315 |
| 127 | 250 | 340 | 405 | 455 | 265 | 315 | 355 |
| 152 | 300 | 375 | 445 | 500 | 290 | 350 | 395 |
| 177 | 350 | 420 | 505 | 570 | 330 | 395 | 445 |
| 203 | 400 | 455 | 545 | 615 | 355 | 425 | 480 |
| 253 | 500 | 515 | 620 | 700 | 405 | 485 | 545 |
| 304 | 600 | 575 | 690 | 780 | 455 | 545 | 615 |
| 355 | 700 | 630 | 755 | 850 | 500 | 595 | 670 |
| 380 | 750 | 655 | 785 | 885 | 515 | 620 | 700 |
| 405 | 800 | 680 | 815 | 920 | 535 | 645 | 725 |
| 456 | 900 | 730 | 870 | 980 | 580 | 700 | 790 |
| 507 | 1000 | 780 | 935 | 1055 | 625 | 750 | 845 |
| 633 | 1250 | 890 | 1065 | 1200 | 710 | 855 | 965 |
| 760 | 1500 | 980 | 1175 | 1325 | 795 | 950 | 1070 |

| | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|-----|------|------|
| 887 | 1750 | 1070 | 1280 | 1445 | 875 | 1050 | 1185 |
| 1013 | 2000 | 1155 | 1385 | 1560 | 960 | 1150 | 1295 |

2.16.23. Inciso 378 Ductos metálicos

En este artículo se señala todo lo referente a la instalación y especificaciones de construcción, para ductos metálicos y sus accesorios. Los ductos metálicos son canales de lámina metálica con cubierta abisagrada o removible, para alojar y proteger alambres y cables eléctricos.

Dentro de sus usos permitidos se puede mencionar:

- En instalaciones visibles.
- En cualquier lugar peligroso.
- En lugares humedecidos siempre y cuando estén aprobados para este propósito.
- En espacios ocultos como prolongaciones que pasan transversalmente a través de paredes.

Dentro de sus usos no permitidos se puede mencionar:

- Puedan sufrir daños físicos graves.
- En ambientes corrosivos.

No se debe colocar conductores mayores a las dimensiones que ofrece el ducto.

El número de conductores y su ampacidad deben cumplir las siguientes normas:

a) Área de la sección transversal del ducto. La sumatoria de todos los conductores contenidos en un ducto no debe exceder en un 20% la dimensión.

b) Factores de ajuste. Estos vienen especificados en el artículo 310-15(b) (3) (a) se deben aplicar únicamente cuando el número de conductores portadores de corriente, los conductores para circuitos de señalización o los conductores del controlador, como por ejemplo entre un motor y su arrancador, y que son usados sólo para el trabajo de arranque no se deben considerar como conductores portadores de corriente.

2.16.24. Inciso 378-22 Número de conductores y ampacidad

- Área de la sección transversal del ducto: La sumatoria de todas las áreas de las secciones transversales de los conductores contenidos en cualquier sección transversal de un ducto, no debe sobre pasar el 20 % del área de la sección transversal interior de la canalización.
- Factores de ajuste: Como lo explica la tabla 20 (310-15(b) (3) (a)) se deben aplicar únicamente cuando el número de conductores portadores de corriente, incluyendo los conductores de neutros clasificados como portadores de corriente de acuerdo con 310-15(b) (5) es mayor a 30. Los conductores que son utilizados para señalización, control, como es el caso de puesta en marcha de un motor no se deben considerar como conductores portadores de corriente, ya que son solo instantes que son utilizados.

2.16.25. Inciso 378-23 Conductores aislados

Estos conductores aislados deben cumplir con lo siguiente:

- a) Conductores aislados doblados: ya sea en sus extremos o alguna parte del conduit o en su caso que el ducto tenga un cambio de dirección de más de 30 ° se debe checar las dimensiones correspondientes de la tabla 23 (312-6 (a)).
- b) Ductos metálicos usados como caja de paso: cuando las dimensiones de los cables sobrepasen el tamaño de la canalización, es recomendable usar una canalización con la mínima denominación métrica, con la finalidad que el número y tamaño de conductores puedan ser introducidos en la canalización.

2.16.26. Inciso 378-30 Sujeción y soporte

- a) Soporte horizontal: Para el caso de los ductos horizontales se deben sujetar en cada extremo y a intervalos no mayores de 1.50 metros. La distancia entre los soportes no debe ser mayor de 3.00 metros.
- b) Soporte vertical: En los ductos verticales se deben inmovilizarse en intervalos no mayores a 4.50 m y no debe existir más de una unión entre soportes.

2.16.27. Inciso 378-120. Marcado

Los ductos metálicos se deben rotular para poderlos identificar después de realizada la instalación, donde se visualice en nombre del fabricante o marca comercial, tipo de ducto dentro de la instalación.

2.16.28. Inciso 392 Charolas portacables

Este artículo se menciona todo lo relacionado de charolas portacables, así como de tipo escalera, canal tipos escalera, canal ventilado, fondo ventilado, fondo sólido, tipo malla y otras estructuras similares. El conjunto de charolas portacables radica en la unión de unidades con sus accesorios asociados, formando una estructura segura para soportar cables y canalizaciones.

Usos permitidos:

- Arreglo de soporte para conductores de acometida.
- Alimentadores.
- Circuitos derivados.
- Circuitos de comunicaciones.
- Circuitos de control.
- Circuitos de señalización.

Tabla 23: Métodos de alambrado.

| Método de alambrado | Artículo |
|--|----------|
| Cable armado | 320 |
| Cable con forro no metálico | 334 |
| Cable de potencia limitada para charola | 725 |
| Cable monoconductor, multiconductores y control | 310 |
| Cable multiconductor de acometida | 338 |
| Cable multiconductor para alimentadores y circuitos derivados subterráneos | 340 |
| Cable para circuitos de alarma contra incendios de potencia no limitada | 760 |
| Cable para comunicaciones de banda ancha alimentos por una red | 830 |
| Cables con aislamiento mineral y cubierta metálica | 332 |
| Cables con armadura metálica | 330 |
| Cables de clase 2 y cable 3 | 725 |
| Cables de fibra óptica | 770 |
| Cables de media tensión | 328 |
| Cables de fuerza y control para charola | 336 |
| Cables de instrumentación con charolas | 727 |
| Cables para circuitos de televisión con antena comunal (CATV) | 820 |
| Cables para comunicaciones | 800 |
| Cables para sistemas de alarma contra incendios de potencia limitada | 760 |
| Cables para sistemas de alarmas contra incendios | 760 |
| Canalizaciones para señalización | 725 |
| Canalizaciones para comunicaciones | 800 |
| Canalizaciones para fibra óptica | 770 |
| Otros cables multiconductores, de control, de señalización o de fuerza ensamblados en fábrica que están aprobados específicamente para su instalación en charolas portacables. | |
| Tubo conduit metálico ligero tipo EMT | 358 |
| Tubo conduit no metálico ligero tipo ENT | 362 |
| Tubo conduit metálico flexible ligero tipo FMT | 360 |
| Tubo conduit de policloruro de vinilo PVC | 352 |
| Tubo conduit de resina termofija reforzada tipo RTRC | 355 |
| Tubo conduit metálico flexible tipo FMC | 348 |
| Tubo conduit metálico flexible hermético a los líquidos tipo LFMC | 350 |
| Tubo conduit metálico semipesado tipo IMC | 342 |
| Tubo conduit metálico pesado tipo RMC | 344 |
| Tubo conduit no metálico flexible hermético a los líquidos tipo LFNC | 356 |
| Tubo conduit no metálico pesado tipo ENT. | 362 |

En los siguientes casos se permite en sistemas de charola siempre y cuando se base uno en la tabla 23 (392.10 (a)).

- a) Métodos de alambrado.

- b) Establecimientos industriales: cuando hay una persona encargada de su mantenimiento y supervisión. (se podrá instalar las charolas portátiles de tipo: escalera, malla, canal ventilado, fondo sólido, fondo ventilado).
- c) En lugares peligrosos: estas solo deben contener tipos de cable permitidos por la NOM.
- d) Charolas portables no metálicas: se pueden usar en cualquier parte.

2.16.29. Inciso 392-18. Instalación de charolas portables

- a) Sistema completo: deben instalarse completamente, siempre debe haber una continuidad eléctrica en un sistema de charolas portables.
- b) Terminado antes de la instalación: deben estar perfectamente colocadas antes de realizar el tirado del cableado.
- c) Cubiertas: en partes o tramos habrá necesidad de mayor protección esto ser por medio de cubiertas o envoltentes para brindar mayor protección y debe ser material compatible con el de la charola portable.
- d) A través de paredes y divisiones: se podrá colocar charolas portables a través de paredes o divisiones, pisos o plataformas, lugares mojados o secos, siempre y cuando sea una instalación completa y que cumplan con los requisitos de 300-21.
- e) Expuestas y accesibles: son siempre expuestas y accesibles excepto lo permitido por 392.18 (d).
- f) Acceso adecuado. Es importante tomar en cuenta el dejar un espacio considerable que permita un acceso adecuado para la instalación y mantenimiento de los cables.
- g) Canalizaciones, cables y cajas soportados por el sistema de charolas portables: siempre y cuando este bajo supervisión y mantenimiento de personal calificado se podrá utilizar como soporte de canalizaciones, cables, cajas especificadas en 314-1. En la sujeción de una canalización en la charola portable se debe realizar por medio de una abrazadera que realice una firme sujeción. Para canalizaciones o cables tendidos en paralelo y fijos a la parte inferior o lateral debe cubrir los requisitos del artículo apropiado, en las cajas fijas a la parte inferior o lateral de un sistema de charola portables, debe cumplir con los requisitos de 314-23.
- h) Marcado: cuando en las charolas portables manejen tensiones de más de 600 volts, es importante colocar una advertencia “Peligro-alta tensión-manténgase alejado”, este texto no debe exceder los 3 metros.
- i) Tuberías con servicios no eléctricos en proximidad a los soportes tipo charola: La distancia que se permite es menor de 60 cm, entre soportes tipo charola y otras tuberías con servicios no eléctricos.

2.16.30. Inciso 392-22. Número de cables o conductores

En este artículo se hace alusión a la capacidad máxima de cables multiconductores de 2000 volts o menos, en charolas portables. Como lo muestra en la tabla 24.

Tabla 24: (392-22(a)) Área de ocupación permisible para cables multiconductores en charolas portacables de tipo escalera, fondo ventilado, tipo malla o fondo sólido para cables de 2000 volts o menos.

| Ancho interior de la charola portacables cm | Área de ocupación máxima permisible para cables multiconductores | | | |
|---|--|--|---|--|
| | Charolas portacables tipo escalera, tipo malla o fondo ventilado, 392-22(a)(1) | | Charolas portacables tipo fondo sólido, 392-22(a)(3) | |
| | Columna 1 Aplicable sólo por 392-22(a)(1)(b) mm ² | Columna 2 Aplicable sólo por 392-22(a)(1) mm ² | Columna 3 Aplicable sólo por 392-22(a)(3)(b) mm ² | Columna 4a Aplicable sólo por 392-22(a)(3)(c) mm ² |
| 5 | 1500 | 1500- (30 Sd) | 1200 | 1200- (30 Sd) |
| 10 | 3000 | 3000- (30 Sd) | 2300 | 2300- (30 Sd) |
| 15 | 4500 | 4500- (30 Sd) | 3500 | 3500- (30 Sd) |
| 20 | 6000 | 6000- (30 Sd) | 4500 | 4500- (30 Sd) |
| 22.5 | 6800 | 6800- (30 Sd) | 5100 | 5100- (25 Sd) |
| 30 | 9000 | 9000- (30 Sd) | 7100 | 7100- (25 Sd) |
| 40 | 12000 | 12000- (30 Sd) | 9400 | 9400- (30 Sd) |
| 45 | 13500 | 13500- (30 Sd) | 10600 | 10600- (25 Sd) |
| 50 | 15000 | 15000- (30 Sd) | 11800 | 11800- (30 Sd) |
| 60 | 18000 | 18000- (30 Sd) | 14200 | 14200- (25 Sd) |
| 75 | 22500 | 22500- (30 Sd) | 17700 | 17700- (25 Sd) |
| 90 | 27000 | 27000- (30 Sd) | 21300 | 21300- (25 Sd) |

Charolas portacables es de las siguientes configuraciones:

- Escalera.
- Malla.
- Fondo ventilado.

Deben cumplir con los siguientes puntos si el tamaño del cable es de 107 mm² (4/0 AWG) o más grandes.

- La sumatoria de todos los diámetros de los cables no debe sobrepasar el ancho de la charola.
- Menor de 107 mm², la sumatoria de todas las áreas de las secciones transversales de los cables no debe sobrepasar el área de utilización, como lo expresa la columna 1 de la Tabla 24,
- Mayor a 107 mm², combinado con cables de tamaño menor de 107 mm², debe apoyarse a lo indicado a la columna 2 de la Tabla 24, para el ancho apropiado de la charola.

Charolas portacables es de las siguientes configuraciones:

- Escalera.
- Malla.
- Fondo ventilado.

En el caso que sea un solo conductor, debe cumplir las siguientes especificaciones.

- a) De dimensiones de 507 mm² o mayores, la sumatoria de todos los diámetros de un solo conductor, no debe sobrepasar el ancho de la charola.
- b) De dimensiones de 127 mm² hasta 456 mm², la sumatoria de las áreas transversales de todos los cables, no debe sobrepasar el área de la charola que lo tendrá.
- c) De dimensiones de 507 mm² o de mayor valor, la sumatoria de todas las áreas de las secciones transversales, no debe sobrepasar el área de establecida, debe apegarse a lo que menciona la columna 2 de la Tabla 25.
- d) De dimensiones de 21.2 mm² hasta 107 mm², la sumatoria de todos los diámetros de un solo conductor no debe sobrepasar el ancho de la charola.

Tabla 25: (392-22b) (1) Área de ocupación permisible para cables de un solo conductor en charolas.

| Ancho interior de la charola portacables | Área de ocupación máxima permisible para cables multiconductores Charolas portacables tipo escalera o fondo ventilado | |
|--|--|--|
| | Columna 1 Aplicable sólo por 392-22(b)(1)(b) | Columna 2a Aplicable sólo por 392-22(b)(1)(c) |
| Centímetros | mm ² | mm ² |
| 5 | 1400 | 1400-(28 Sd) |
| 10 | 2800 | 2800-(28 Sd) |
| 15 | 4200 | 4200-(28 Sd) |
| 20 | 5600 | 5600-(28 Sd) |
| 22.5 | 6100 | 6100-(28 Sd) |
| 30 | 8400 | 8400-(28 Sd) |
| 40 | 11200 | 11200-(28 Sd) |
| 45 | 12600 | 12600-(28 Sd) |
| 50 | 14000 | 14000-(28 Sd) |
| 60 | 16800 | 16800-(28 Sd) |
| 75 | 21000 | 21000-(28 Sd) |
| 90 | 25200 | 25200-(28 Sd) |

2.16.31. Inciso 392-30. Sujeción y soporte

- a) Charolas portacables. Aguantan intervalos definidos en las instrucciones de instalación.
- b) Cables y conductores: estos deben estar asegurados y soportados por el sistema de charolas portacables como lo menciona en los siguientes párrafos.
 - Los cables se deben inmovilizar y asegurar fijamente a los miembros transversales de las charolas, cuando una parte de la instalación no es horizontal.
 - Se debe utilizar soportes para evitar tensión en los cables cuando entran en canalizaciones desde los sistemas de charolas portacables.

- Colocar soportes necesarios para cualquier tipo de método de alambrado de canalizaciones y cables según lo establecido, la distancia que deben tener estos soportes no debe ser mayor a los 1.80 metros, además de protegerse contra cualquier daño físico mediante un dispositivo de protección.

2.16.32. Inciso 392-80 Ampacidad de los conductores

Ampacidad en cables de 2000 volts o menos, dentro de las charolas portacables

Cables multiconductores. La ampacidad permisible de los cables multiconductores de 2000 volts o menos, instalados según los requisitos de 392-22(a), debe ser como se establece en las Tablas 21 (310-15(b) (16)) y 310-15(b) (18), sujeta a las disposiciones de 310-15(a)(2) y los incisos (a), (b), (c) siguientes:

- a) Los factores de ajuste de 310-15(b) (3) (a) es aplicable solo a cables multiconductores, con una cantidad mayor de tres conductores portadores de corriente.
- b) Cuando las charolas portacables están rodeadas consecutivamente por más de 1.80 metros de cubiertas sólidas sin ventilación, no se admitirá que los cables multiconductores tengan más del 95 % de la ampacidad permitida de la Tablas 21 (310-15(b) (16)).
- c) Cuando se coloque cables multiconductores en una sola charola sin cubierta, se debe mantener una separación entre cables no menor al diámetro de un cable.

2.17 CONEXIÓN A TIERRA

La conexión a tierra se instala para la protección del personal, al equipo y a la infraestructura de fallas no deseadas y peligrosas. Las diferentes configuraciones a tierra se pueden mencionar a continuación: interconexión eléctrica de equipos para protección del personal, electrodo de tierra, protección contra rayos y sistema de referencia de señales. La finalidad de la conexión a tierra es asegurar de que haya valores adecuados de resistencia de tierra presente dentro del sistema eléctrico.

La conexión a tierra es una conexión conductora de baja resistencia entre circuitos eléctricos, equipos. Un sistema eléctrico necesita cableado y conexión a tierra adecuados para la operación correcta y segura del equipo. Un cableado adecuado requiere que el sistema, todas las cargas y los componentes del circuito estén debidamente conectados a tierra de acuerdo con las normas de la industria, se pueden mencionar diferentes organizaciones como:

- National Electrical Code (NEC).
- Occupational Safety Health Administration (OSHA).
- National Fire Protection Association (NFPA).
- International Electrotechnical Commission (IEC).
- Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).

Es de vital importancia también con el sistema a conexión a tierra en el desarrollo de su diseño se tenga presente la larga duración de vida, con la finalidad de asegurar su buen funcionamiento, incluso después de haber sufrido alguna falla de altas corrientes. Para asegurar que este en óptimas condiciones, se deben realizar varias pruebas antes, durante y después de la instalación del sistema, dichas pruebas son:

- Tensión del sistema.
- Tensión de electricidad estática.
- Corriente del sistema.
- Corriente de fuga.
- Resistencia del procedimiento de conexión a tierra.
- Resistividad del suelo.
- pH del suelo.

Las medidas de resistividad del suelo se toman para identificar la resistividad del terreno, para determinar la mejor ubicación para la colocación del electrodo de tierra, la rejilla o el sistema de conexión a tierra. El valor de resistividad del suelo debe realizarse antes de instalar el sistema de conexión a tierra. En el caso de la resistencia a tierra del sistema de conexión es preferible tomar la lectura después de haber realizado la instalación para asegurar que no supere la resistencia máxima establecida por el NEC o la NOM.

Las mediciones del pH del suelo se toman para determinar que metal se va utilizar como, por ejemplo: cobre, acero inoxidable o acero galvanizado, será el mejor para su uso. Es importante realizar prueba desde un inicio de la conexión a tierra, durante y al final de proceso, así como establecer un programa de mantenimiento preventivo de rutina, con el propósito de comprobar su estado de la conexión a tierra, para evitar más adelante algún fallo, porque al paso del tiempo puede dañarse por situaciones como humedad del lugar, suelo corrosivo, que se aflojen las conexiones y componentes dañados, un ejemplo de lo mencionado sería que el suelo se seque provocando un cambio de humedad y eso provocaría cambios en el sistema a conexión a tierra.



Fig. 12: Instrumentos utilizados para las realizaciones de pruebas de los sistemas de conexión a tierra.

La funcionalidad de un sistema de conexión a tierra es suministrar un camino seguro para que fluya la corriente de fallo. La corriente de fallo se considera como una corriente que recorre un camino diferente al camino de funcionamiento estándar para el cual fue creado el sistema. Con esto aseguramos la protección y buen funcionamiento de los equipos eléctricos, máquinas eléctricas.

Un sistema de conexión a tierra generalmente abarca varios sistemas o subsistemas con diferentes funciones; como es el caso del sistema de electrodo de tierra el cual brinda la referencia a cero para el sistema eléctrico, el sistema de protección contra rayos, el sistema de interconexión eléctrica de equipos para la seguridad del personal y el sistema de protección de señales. Los cuales están interconectados con conductores y conectores para formar un plano

equipotencial. Al hablar de conductores podemos mencionar cables, conexiones, empalmes, electrodo de tierra en sus diferentes modalidades (electrodo de tierra, rejilla o sistema) y el suelo. La unión del sistema eléctrico a tierra se consigue acoplando el circuito de tierra a:

- Electrodo metálico subterráneo.
- A un marco metálico de una construcción.
- Un electrodo rodeado en hormigón.
- Un anillo de tierra.
- Y por último algún otro método de conexión a tierra aceptado.

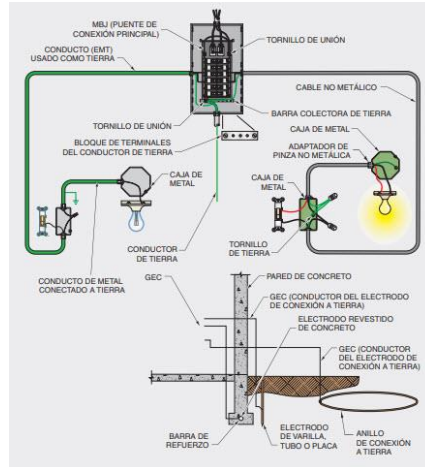


Fig. 13: Ejemplo de una conexión del sistema eléctrico a tierra.

Subsistema de conexión a tierra: cada uno de los sistemas de conexión a tierra antes mencionados están especializados para un propósito diferente, al momento de combinarse, proporciona un sistema de conexión a tierra sumamente seguro y eficaz. Además de evitar algunos inconvenientes con los equipos electrónicos como una mejor comunicación entre los equipos, menor ruido entre los equipos de control y los otros sistemas, reduce las cargas eléctricas estáticas permitiendo la integridad de la señal para equipos sensibles de video, sonido, datos, médicos y de seguridad, controladores lógicos programables (PLC), controles numéricos computarizados (CNC), variadores de frecuencia.



Fig. 14: Los sistemas de conexión a tierra de cobre desnudo trenzado conectado a varillas de tierra.



Fig. 16: Sistemas de electrodo de tierra.

2.18.1 Valores de resistencia de tierra

Se manejan diferentes valores sobre la resistencia máxima de un sistema de conexión a tierra esto dependerá de la puesta a tierra. Por ejemplo, en la industria electrónica tiene ciertos requisitos de resistencia a tierra más bajos de los que maneja el NEC, por la protección del equipo electrónico sensible.

La ventaja de la conexión a tierra y la interconexión de equipos a tierra es eliminar la corriente de fallo lo más rápido posible. El NEC establece que, si el electrodo de tierra es una placa, tubo o varilla individual, este debe tener una resistencia a tierra de 25Ω o menos.

La asociación de fabricantes de equipo original (OEM) de sistemas y equipo electrónico mencionan que las conexiones a tierra deben tener una resistencia con valores que vayan desde 5Ω , 3Ω , o 1Ω o menos. Esto es para eliminar el ruido electrónico, eliminar la interferencia inducida, señales no deseadas. La corriente no deseada se está midiendo en miliamperios, y mientras el equipo electrónico esté conectado la corriente seguirá fluyendo.

Un sistema de conexión a tierra funcionará correctamente si se realiza una instalación con una resistencia más baja posible y un sistema de larga vida útil. A continuación, se menciona los diferentes valores de máxima resistencia o impedancia que deben utilizarse.

- La resistencia a tierra para la industria electrónica y de telecomunicaciones suele ser 5Ω o menos.
- Los electrodos de tierra de placa, tubo o varilla individual deben tener una resistencia a tierra de 25Ω o menos (según los requisitos de NEC®).
- En el caso de los sistemas de conexión a tierra de protección contra rayos, en la industria normalmente requiere 6Ω o menos, y, en áreas de alta incidencia de rayos 1Ω o menos.

2.18.2. Métodos de conexión a tierra

Dentro de los métodos utilizados para la conexión a tierra se puede mencionar un conductor de electrodo de tierra denominado (grounding electro de conductor, GEC), este consiste en un arreglo que une las diferentes tierras (de equipos, conductores de tierra, así como partes metálicas) a un sistema de conexión a tierra ya verificado.

El GEC es en un sistema de conexión a tierra que suministra la conexión física directa a la tierra. Este consiste en uno o más electrodos enterrados en el suelo, también se puede colocar en el marco de metal de un edificio si está bien conectado a tierra, dentro de la construcción se puede utilizar alguna parte metálica que se encuentren en áreas rocosas o tuberías de agua metálicas subterráneas siempre y cuando cumplan con la baja resistencia y todos los requisitos del código.

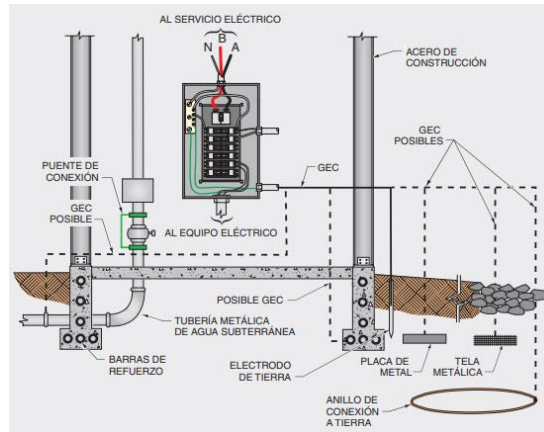


Fig. 17: Conductores del electrodo de conexión a tierra (GEC). El electrodo de tierra es el sistema de conexión a tierra que proporciona la conexión física directa a la tierra y proporciona la referencia cero al sistema eléctrico.

2.19.¿QUÉ ES EL RUIDO?

Se le asigna el nombre de ruido a toda señal no deseada que se encuentra adicional a una señal útil. Un ejemplo se puede mencionar cuando dos personas A y B están sintonizando su estación favorita de radio, en este caso las frecuencias están muy cercanas una de la otra, ya que los circuitos de sintonización no son pasabanda ideales, lo cual provoca que la señal de B se vuelva ruido para A y el sonido de A se vuelve ruido para B. Pero las señales son correctas conforme a la persona que la esté escuchando. Hay ocasiones que los ruidos se pueden volver útiles como es en el caso de caracterizar espectralmente el ruido de un amplificador. (Federico Miyara, 2003)

2.19.1. Clasificación de las fuentes de ruido

En dicha clasificación se puede mencionar el ruido eléctrico y el ruido térmico, a continuación, se explicará cada uno.

- a) Ruido eléctrico: son señales eléctricas no deseadas en los circuitos electrónicos, esto se remonta en los radios AM conocido como ruido extraño que se lograba a escuchar en el altavoz causado por un rayo u otras fuentes de arco eléctrico. La sensibilidad al ruido es un factor en los componentes electrónicos más recientes. En la mayor parte de los problemas de ruido surgen a causa de las prácticas y técnicas de cableado en bruto que permiten que sean afectado ya sea por acoplamiento o por transferencia. (Watlow, 2020)
Se puede originar de varias maneras:

- Ruido errático: incluye ruido atmosférico y espacial, este es derivado de la ionización y recombinación de moléculas de gaseosas por acción de la radiación solar, cósmica, campos eléctricos intensos, afectando las transmisiones inalámbricas.
- Ruido producido por el hombre: es provocada por la radiación electromagnética por artefactos que el hombre emplea. De manera general es originado por conmutaciones, chispas o emisión tanto voluntaria o involuntaria de radiofrecuencia, las perturbaciones por las modificaciones de la carga en sistemas

de alimentación, en el proceso de filtrado insuficiente en las fuentes de corriente continua.

- Ruido circuital: como su nombre lo dice es que se genera dentro de un circuito por los componentes que lo conforman, como el caso de bobinas, capacitores, por su estructura física de cómo están fabricados. (Federico Miyara, 2003)

b) Ruido térmico: Este es producido al momento de existir electrones libres dentro de un conductor eléctrico, al estar sometidos a un gran movimiento térmico da origen a minúsculas corrientes que se dispersan en varias direcciones y sentidos dentro del material.

2.20. FUENTES DE RUIDO

Dentro de la industria hay una gran cantidad de equipos capaces de generar diferentes tipos de ruido eléctrico, esto puede provocar un cambio en la amplitud de manera rápida en el voltaje o la corriente al momento de encender o apagar los equipos. A continuación, se muestra una variedad de fuentes de ruido.

- Motores, bobinas, solenoides, relés, que son cargas inductivas.
- Tiristores u otros componentes semiconductores que son controlados aleatoriamente o por ángulo de fase.
- Todo tipo de maquinaria usada para soldadura.
- Conductores que transportan corriente pesada.
- Alumbrado fluorescente y de neón.
- La diferencia de potencial que existe entre un metal y otro, puede influir en la señal de entrada del termopar de baja tensión.
- En el proceso de oxidación –reducción (baterías, pilas), con cables mal conectados y cables de interconexión, producen un fenómeno electrolítico.
- Los aumentos de temperatura ambiente en los componentes electrónicos producen ruido térmico.
- Si dentro de un circuito de control tiene la parte de salida de un relé mecánico que es usado para conmutar altas corrientes, esto puede provocar una fuente significativa de ruido. (Watlow, 2020)

2.21. COMO EVITAR EL RUIDO

Dependiendo del tipo de ruido al que estemos enfrentando es el tipo de solucionar a realizar como en los casos siguientes:

- Los zumbidos se pueden eliminar utilizando filtros adecuados, como capacitores o inductores.
- El ruido electromagnético se puede minimizar por medio de blindajes.
- El ruido circuital es más difícil de eliminar por su naturaleza y proceso físicos inevitables, una manera de minimizar es diseñar con componentes de bajo ruido.
- Asegúrese de que el instrumental esté correctamente conectado a tierra según las instrucciones del fabricante.

Verificar que todas las conexiones a tierra estén bien aseguradas.

- Manipular las señales de detección y comunicación de bajo voltaje por separado del cableado de alimentación de CA.
- Ocupar relés de estado sólido para instrumentos sensibles.
- Usar protección conveniente para cables y alambres.
- Utilizar conductos específicos para alta potencia de corriente alterna.
- Utilizar circuitos para suprimir picos de voltaje.
- Por precaución no se debe manipular unidos cables de alta y baja potencia.
- Cuando sea necesario, y si es posible, cruzar los cables de alta/baja potencia en ángulos de 90° en los paneles.
- Es importante tener alejados los paneles y conductos de equipos como motores y solenoides.

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

3.1. METODOLOGÍA DEL PROCESO

Dentro del ambiente de diseño tanto de productos o de procesos debemos tener métodos y técnicas para resolver problemas que se nos presenta en el desarrollo de un prototipo, especialmente en ingeniería cuando se trata de sistemas que se involucra más de una disciplina, es necesario la combinación de varias tecnologías para la solución de un problema. (Emilio, 2005)

El propósito de tener una metodología es permitir el desarrollo de dispositivos o maquinarias en donde se conjunta una gran variedad de disciplinas las cuales aportan una parte de su conocimiento en forma significativa y crean una solución a una problemática, esta metodología con lleva a:

- Minimizar los lapsos de diseño e implantación
- Minimizar los costos relacionados al diseño y la implantación.
- Tener un cronograma de actividades en un proyecto integral
- Visualizar la dirección de un proyecto.

Para el desarrollo del prototipo, se utilizará una metodología de cinco etapas, las cuales son:

- Análisis físico y mecánico del sistema: son las características mecánicas y físicas del sistema.
- Determinación de los requerimientos: es la etapa donde se describe el funcionamiento y capacidades de operación.
- Selección de componentes: tomando en cuenta lo anterior se empieza la selección de los componentes, eléctricos, electrónicos, mecánicos, hidráulicos, como sensores, actuadores, sistema de alimentación, control, cableado, los cuales se caracterizarán para analizar su funcionamiento.
- Desarrollo del prototipo: integración y ensamble de los componentes del prototipo.
- Pruebas de validación del sistema: etapa de verificación del prototipo desarrollado.



Fig. 18: Metodología del proceso.

Los resultados que se esperan al seguir esta metodología es la realización del proyecto de la máquina VRM que cumpla con los requerimientos solicitados por la empresa ThyssenKrupp Presta de México S.A de C.V.

3.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE DISEÑO

En el desarrollo de la Ingeniería de Proyectos es importante tener bien definido los requerimientos que el cliente necesita cubrir en el desarrollo del prototipo, logrando así un resultado éxito del diseño de un producto, equipo o máquina. Para ello es vital definir formas, materiales, características, funciones, dimensiones, etc.

Es fundamental contar con una definición cuantitativa y cualitativa de las especificaciones técnicas que se requieren cubrir, esto nos permite estar seguros de que el proyecto va por buen camino, dichas especificaciones pueden ser muy particulares, dependiendo del dispositivo, producto o maquinaria a desarrollar, de las que podemos mencionar son las siguientes:

- Geometría de producto.
- Dimensiones y tolerancias.
- Pruebas de aceptación.
- Propiedades físicas (color, peso, etc.).
- Propiedades químicas.
- Capacidad de fuerza.
- Rendimiento.
- Formas de alimentación.
- Sensibilidad.
- Interfaz Hombre/Máquina.
- Medio de almacenamiento.
- Velocidad de respuesta.
- De seguridad.
- Parámetros de operación.
- Materiales.
- No. de ciclos de operación.

3.3. PASOS DE LA METODOLOGÍA UTILIZADA

Dentro de las especificaciones que se utilizó para el desarrollo de este prototipo se puede mencionar las siguientes:

Parte de inicio de la colocación de la maquinaria:

- Trazo de la ubicación específica de donde quedará colocada de la máquina, mesas, robots, tableros eléctricos, unidad hidráulica, mamparas de protección.
- Colocación de cada elemento en su lugar conforme el desarrollo Layout propuesto.
- Nivelación de maquinaria si en cierto momento fuera necesario.
- Colocar en la posición establecida el tablero eléctrico.
- Colocación de mamparas.

- Colocación de soportes para ducto y charola de aluminio.
- Cableado de alimentación de tablero con equipo de elevación.
- Cableado de la máquina al tablero.
- Cableado de la maquinaria a la unidad hidráulica.
- Colocación de conexiones hidráulicas.
- Energización del tablero.
- Verificación del voltaje 440 vac y secuencia de fases.

Después de la colocación de la maquinaria se procederá a:

- Proceder a energizar tablero, así como las diferentes partes de la máquina.
- Realizar prueba de continuidad de las tierras y disparo de contactos polarizados.
- El Ingeniero de sistemas checará las señales de comunicación y sensores.
- El Ingeniero de procesos hará ajustes con respecto al modelo de pieza prueba a trabajar.
- Se analizará la pieza de prueba trabajada con una pieza muestra para verificar que cumpla con los requisitos establecidos y si en dado caso no fuera así se procederá ajustar la máquina.
- Por medio de la observación se analizará si existe alguna anomalía como fugas de aire, aceite, cables sueltos, etc.

Si la máquina está al 100% funcionando se procede a proporcionar al cliente la documentación para la aceptación y liberación de máquina.

CAPÍTULO 4 CASO PRÁCTICO (DESARROLLO DEL CASO)

4.1. PROBLEMÁTICA A SOLUCIONAR

Como se ha mencionado anteriormente la empresa ThyssenKrupp Presta de México S.A de C.V. contaba con 3 máquinas para la realización de la dirección de carro para varias marcas importantes, esto provocó en un momento determinado la demanda sobrepasara su capacidad de respuesta, por lo que la empresa solicitó el desarrollo de una nueva máquina con la tecnología actual, para poder entregar en tiempo y forma su producción. Para dicho proyecto se contó con un corto tiempo de desarrollo, por la premura de su producción.

4.2. DESARROLLO DEL PROYECTO

Dentro del desarrollo del proyecto se tomó en cuenta ciertas características como: la temperatura, distancia en donde se tomará el voltaje de alimentación, el valor de la corriente, frecuencia, tipo de charolas a utilizar, para los cálculos de la instalación, a continuación, se muestra los valores de dichas características:

- Temperatura de trabajo 30°C.
- Distancia de la toma de corriente es de 19 mts.
- Canalización se utilizará charola de aluminio tipo escalera 6" x 3 ¼".
- Corriente base conforme a las especificaciones es de 100 amperes.
- Voltaje de operación 3 x 440 vac/pe.
- Frecuencia 60 hz.
- Corriente de cortocircuito 10 kiloamperes.

En el cálculo del conductor con respecto a la corriente fue necesario aplicar factores de corrección por temperatura y agrupamiento. En este caso se utilizó el valor de temperatura de 30 °C. En las terminales de los equipos para circuitos alimentados con valores que oscilan entre los 100 amperes con conductores de tamaño 2.08 mm² a 42.4 mm² (14 awg a 1 awg), estos calibres se deben utilizar cuando existan estas condiciones:

- a) En conductores que manejen temperatura de operación del aislamiento de 60 °C.
- b) En conductores que manejen temperatura mayor de 60 °C, basándose en la ampacidad A 60 °C conforme al tamaño del conductor a utilizar.

En esta parte se utilizó la columna con el valor de 60 °C del conductor y 30 °C de temperatura ambiente. Apoyándonos de la tabla 18 (310-15(b) (2) (a)) nos da un valor de 1.00 (F.T.). Para el cálculo del factor de agrupamiento aplicado se utilizó la tabla 24 (392-22(a)) con respecto al área de ocupación permisible para cables multiconductores en charolas portacables de tipo fondo ventilado, tipo malla o fondo para cables de 2000 volts o menos. También se apoya de la tabla 20 (310-15 (b) (3) (a)). En la instalación se ocupó 3 conductores de fase de agrupamiento el factor de agrupamiento será de 1.

Para el cálculo de la corriente corregida se utilizó las siguientes fórmulas:

$$I \text{ corregida} = \frac{I_n}{(F.A.)*(F.T)} \quad (76)$$

$$I \text{ corregida} = \frac{100}{(1)*(1)} = 100 \quad (77)$$

$$I \text{ corregida} = 100 \text{ Amperes} \quad (78)$$

F.A. = Factor de agrupamiento.

F.T. = Factor de temperatura.

I_n = Corriente base.

Revisando la tabla 21 (310-15(b) (16)) en la columna de 60 °C se ubicó la corriente de 100 amperes o un valor cercano, se encontró que el conductor a utilizar es de 1 AWG (para una corriente de 110 amp.), en este caso al no ser tan comercial, se optó por elegir el calibre de 1/0 para un valor de 125 amperes de material de cobre.

Para la caída de tensión dentro la instalación se ocupó 3 fases (3 hilos) con una longitud de 19 metros que va desde el tablero de distribución hasta el gabinete, siendo la corriente base de 100 amperes y un voltaje de 440 VAC.

Utilizando las fórmulas:

$$Z = R * \text{Cos } \theta + XL * \text{Sen } \theta \quad (79)$$

$$e\% = \frac{\{1.73 * I * L * (R * \text{Cos } \theta + XL * \text{Sen } \theta)\}}{V_{ff}} \quad (80)$$

Para localizar los datos de R y XL nos utilizó de la tabla del NEC encontrando:

Un Factor de Potencia de 0.9.

$\text{Cos } \theta = 0.85$.

Para encontrar el ángulo del coseno se calculó el coseno inverso de 0.85 (0.9):

$$\text{Cos}^{-1} = 0.9 = 31.78^\circ$$

$$\text{Sen } 31.78^\circ = 0.5266$$

Para los valores de R, XL se volvió a utilizar la tabla de NEC tomando en cuenta que se utilizaría el conductor 1/0 AWG de cobre y canalización de charola de aluminio nos da los siguientes valores.

XL = 0.144 Ohms.

R = 0.43 Ohms.

Con los valores localizados y calculados se procedió a sustituir en las siguientes fórmulas:

$$Z = (0.43) * (0.85) + (0.144) * (0.5266) = 0.4413304 \quad (81)$$

$$e\% = \frac{\{1.73 * (100) * (0.019) * (0.4413304)\}}{440} = \frac{145.06}{440} = 0.32\% \quad (82)$$

El resultado del $e\% = 0.32\%$ nos muestra que es menor al 3% permitida por caída de tensión lo cual nos indica que el calibre de conductor 1/0 AWG es adecuado.

Cálculo por corto circuito: para saber la corriente de corto circuito se considera 10 000 amperes según la placa del tablero y la protección operará en un ciclo, tomando el valor de 60 °C.

Utilizando la fórmula.

$$A = I * 2.1996 \quad (83)$$

$$A = (10000) * 2.1996 = 21996 \text{ circular mil} \quad (84)$$

Analizando la siguiente información de la tabla 26 con respecto al calibre y el valor de circular mil.

Tabla 26: Relación de calibre-Valor de circular mil.

| Calibre | Circular Mil |
|---------|--------------|
| 8 AWG | 16510 |
| 6 AWG | 26240 |

Se puede observar que el calibre 1/0 AWG 105 500 circular mil soporta la corriente de corto perfectamente.

También se puede analizar por medio de la figura 6 de corriente de corto circuito permisible para cables aislados con conductor de cobre, en donde se busca una corriente de 10000 amperes, y localizando la intersección en un ciclo dándonos que el calibre a utilizar es de 6 AWG. Donde podemos darnos cuenta que es correcto el calibre de 1/0 AWG, el cual ira montado en una charola de 6" x 3 1/4".

Sobre el caso del calibre de conductor puesta a tierra se utilizó la tabla 16 de conductor del electrodo de puesta a tierra para sistemas de corriente alterna. La tabla 16 nos indica que el calibre mínimo es 6 AWG, pero se optó por un cable de 4 AWG para dar mayor seguridad.

Todos los cálculos anteriores nos dan como resultado:

- 3 cables de thw-ls de 19 metros.
- Calibre 1/0 awg cada uno.
- Un cable de 4 awg para puesta a tierra.
- Colocados en una charola de 6" x 3 1/4".
- Área cable 1/0 awg 53.49 mm² (De los 3 cables de 1/0 160.47 mm²).
- Área cable 4 awg 21,2 mm².
- Área total de los conductores 181.67 mm².
- Área total de la charola 4200 mm² (tabla 25 columna 1, ancho 15 mm).
- Área suficiente para la colocación de los cables.

Las características del armario eléctrico quedaron de la siguiente manera, tabla 27.

Tabla 27: Armario eléctrico características técnicas.

| | | |
|--|--|--------------|
| Armario eléctrico características técnicas | Año de fabricación | 2019 |
| | Proyecto-número | 1724-01 |
| | Máquina-número | M3569 |
| | Dibujo-número | 9831509 |
| | Voltaje de operación | 3x440 VAC/PE |
| | Frecuencia | 60 Hz |
| | Protección previa máx. (cortacircuitos) | 125 A |
| | Corriente admisible asignada de corta duración ICW | 10 KA |
| | Corriente nominal | 100 A |
| | Corriente nominal a plena carga | 29 A |
| | Voltaje de control | 24 VDC |
| | Clase de protección | IP 64 |

La canalización que se utilizó fue una charola de aluminio tipo escalera de 6 pulgadas de ancho con peralte de 3 ¼ pulgadas. Teniendo identificado el tipo de canalización en la que alojaron los conductores, se procedió a aplicar el factor de agrupamiento según corresponda a la corriente calculada anteriormente.

Tabla 28: Relación de número de conductores-Factor de agrupamiento.

| Número de conductores que llevan corriente | Factores de corrección por agrupamiento. |
|--|--|
| 4 a 6 | 0.80 |
| 7 a 9 | 0.70 |
| 10 a 20 | 0.50 |
| 21 a 30 | 0.45 |
| 31 a 40 | 0.40 |
| 41 y mas | 0.35 |

Como se puede observar en la tabla 29 el ducto contiene 14 cables de fuerza y contactos. Los restantes son de control y la suma total de los cables ocupados en un área menor al 20 % del ducto.

Tabla 29: Relación de la descripción del tirado de cableado de la máquina.

| Clavija | Voltaje | Calibre mm ² | Descripción | φ mm | A mm ² |
|---------|---------|-------------------------|--|-------|-------------------|
| X01 | 440 vac | 4 x 2.5 | Fuerza | 8.9 | 62.211534 |
| X02 | 440 vac | 4 x 1.5 | Tablero de fuerza 1 | 7.2 | 40.715136 |
| X10 | 440 vac | 4 x 1.5 | Bomba | 7.2 | 40.715136 |
| X13 | 440 vac | 4 x 1.5 | Motor | 7.2 | 40.715136 |
| X14 | 127 vac | 3 x 1.5 | Contacto | 6.7 | 35.256606 |
| X30 | 24 vdc | 7 x 2.5 | Suministro a tablero 1 | 11.1 | 96.769134 |
| X32 | 24 vdc | 7 x 2.5 | Suministro a tablero 2 | 11.1 | 96.769134 |
| X33 | 24 vdc | 7 x 2.5 | Circuito de seguridad | 11.1 | 96.769134 |
| X35 | 24 vdc | 4 x 1 | Suministro a consola de mando | 6.5 | 33.18315 |
| X37 | 24 vdc | 5 x 1.5 | Suministro a control hidráulico | 8.1 | 51.530094 |
| X38 | 24 vdc | 5 x 1.5 | Suministro a control hidráulico | 8.1 | 51.530094 |
| X39 | 24 vdc | 5 x 1.5 | Suministro a control hidráulico | 8.1 | 51.530094 |
| X40 | 24 vdc | 7 x 1.0 | Lámpara señalizadora | 8 | 50.2656 |
| X41 | 24 vdc | 2 x 1.0 | Alimentación a touch panel | 5.7 | 25.517646 |
| X50 | 24 vdc | 4 x 1.0 | Presión 1 hidráulico | 6.5 | 33.18315 |
| X51 | 24 vdc | 4 x 1.0 | Presión 2 hidráulico | 6.5 | 33.18315 |
| X52 | 24 vdc | 4 x 1.0 | Presión 3 hidráulico | 6.5 | 33.18315 |
| X60 | 24 vdc | 4 x 1.0 | Paro de emergencia en acceso | 6.5 | 33.18315 |
| X61 | 24 vdc | 4 x 1.0 | Paro de emergencia en hidráulico | 6.5 | 33.18315 |
| X62 | 24 vdc | 4 x 1.0 | Paro de emergencia en acceso | 6.5 | 33.18315 |
| X63 | 24 vdc | 4 x 1.0 | Paro de emergencia en consola de mando | 6.5 | 33.18315 |
| X75 | 24 vdc | 19 x 1.0/ 0.5 | Seguridad en tablero 1 | 13.4 | 141.026424 |
| X80 | 24 vdc | 16 x 0.5 +3 x 1.0 | Interruptor de seguridad acceso 1 | 10.5 | 86.59035 |
| X81 | 24 vdc | 16 x 0.5 +3 x 1.0 | Interruptor de seguridad acceso 2 | 10.5 | 86.59035 |
| X82 | 24 vdc | 16 x 0.5 +3 x 1.0 | Interruptor de seguridad acceso 3 | 10.5 | 86.59035 |
| X83 | 24 vdc | 16 x 0.5 +3 x 1.0 | Interruptor de seguridad acceso 4 | 10.5 | 86.59035 |
| Tierra | 0 vdc | 25 | Cables de tierra | 25 | 275 |
| 10 | | 8 x 32 AWG | Cables de comunicación | 6.1 | 29.224734 |
| | | | Sumatoria total del área | | 1797.37224 |
| | | 200 x 100 mm | Área del ducto | 20000 | |

| | | | | |
|--|--|----------------|------|--|
| | | Área útil 20 % | 4000 | |
|--|--|----------------|------|--|

Para la verificación de la instalación en su totalidad se procedió a verificar por medio de un equipo que realiza la comprobación de maquinaria y cuadros eléctricos, denominada MI 3325 MultiServicer XD que se muestra en la figura 19, se efectuó la conexión correspondiente para la verificación de la máquina, arrojando datos que indicó que la máquina está perfectamente ensamblada y conectada tanto a energía eléctrica, control y comunicación, como se muestra en la figura 20.



Fig. 19: MI 3325 MultiServicerXD.

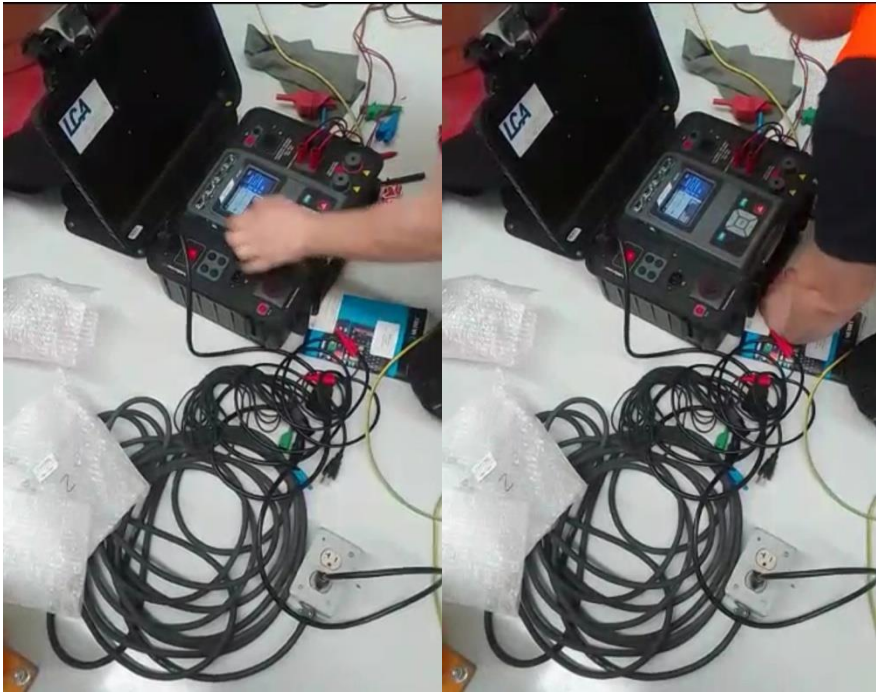


Fig. 20: Verificación de la máquina con el equipo MI 3325 MultiServicerXD.

4.3. DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA DE MEDICIÓN DE CONTINUIDAD DE CABLES PUESTA A TIERRA

En la prueba de medición de continuidad se utilizó el equipo denominado MI 3325 MultiServicerXD, para iniciar la medición de continuidad se seleccionó una prueba sencilla denominada single test, a continuación, se muestra la figura 21 del menú donde selecciona dicha prueba.

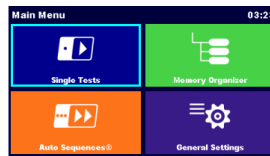


Figure 4.2: Main menu

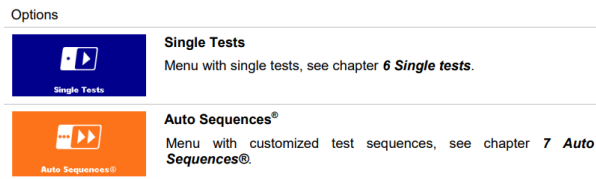


Fig. 21: Menú del MultiServicerXD.

Para el mejor manejo del equipo se puede cambiar el idioma en que nos muestra la información, para ello nos dirigimos a la configuración general y seleccionamos la opción de lenguaje para modificar el idioma que desplegará en la pantalla el equipo (figura 22).



Fig. 22: Pantalla de la Configuración general.

En la sección de lenguaje se puede ajustar conforme a la necesidad del usuario, como se ve en la figura 23, después de haber cambiado el idioma se regresa al menú principal, para seguir con los ajustes necesarios para realizar la prueba de medición de continuidad.



Fig. 23: Selección de lenguaje.

En el menú principal se selecciona la función de CONT. Como lo muestra la figura 24.

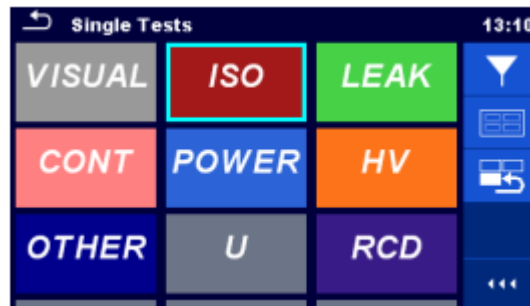


Fig. 24: Funciones del equipo.

Donde nos desplegará la siguiente pantalla donde nos da el acceso a la configuración para realizar la prueba de continuidad (figura 25).

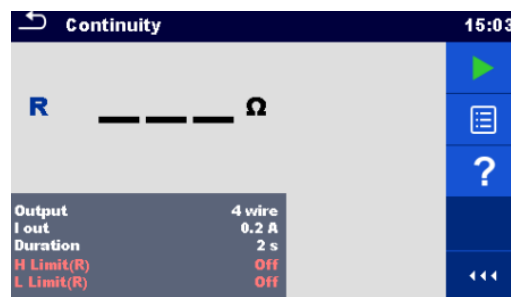


Fig. 25: Menú de prueba de continuidad.

En la figura 26 se puede ver los datos que se deben colocar para la realización de la prueba.

Resultados de la prueba / subresultados

R..... Resistencia
 ΔU Caída de tensión escalada a 10 A

Parámetros de prueba

| | |
|------------------------|---|
| Conexiones de salida | Salida [4 hilos, P-PE] |
| Corriente de prueba | Salida de I [0,2 A, 4 A, 10 A, 25 A] |
| Duración | Duración [Off, 2 s ... 180 s] |
| Prueba de ΔU * | Habilita la prueba de ΔU [On, Off] |
| Sección de cable* | Sección del cable para la prueba de ΔU [0.5 mm ² ...≥ 6mm ²] |

Límites de la prueba

| | |
|--------------------------|---|
| Límite H (R) | Límite H [Off, 0,01 Ω ... 9 Ω] |
| Límite L (R) | Límite L [Off, 0,01 Ω ... 9 Ω] |
| Límite H (ΔU)* | Límite H (1.0 V ... 5.0 V) |

* Aplicable solo a corrientes de prueba de 10 A.

Fig. 26: Datos a ingresar al equipo

Para el procedimiento de medición de continuidad se debe realizar los siguientes pasos:

- Seleccionar la función de continuidad.
- Establecer los parámetros/límites.
- Conectar las puntas de prueba a los bordes C1, P1, P2 y C2 del instrumento (4cables), o en su caso conectar las puntas de prueba al terminal P/S (medición de 2 hilos P/S-PE).
- Si se considera necesario se puede compensar la resistencia de los cables de prueba esto es de manera opcional.
- Acople las puntas de prueba al dispositivo a revisar.
- Iniciar la medición.
- La medición se puede realizar de dos maneras una de manera manual y la otra por medio de un temporizador.
- Guardar los resultados (Opcional).

En este caso hubo la necesidad de realizar una compensación de resistencia debido a que los módulos tienen diferentes distancias y el cable que se utilizó es de cobre 10 mm² de diámetro, 50 mts., para ello se realizó algunos cálculos considerando la resistencia que tiene y que no alterará las mediciones reales. A continuación, se explica dicho procedimiento.

Para ello el MultiServicerXD tiene una herramienta la cual ayuda a determinar el límite de resistencia de continuidad esto normalmente es utilizado cuando se prueba claves de extensión de alimentación de red o sin PRCDS. Esta calculadora está dentro de las funciones de continuidad y PE_conductor, se accede desde el panel de opciones, mostrándonos la siguiente pantalla como lo muestra la figura 27.

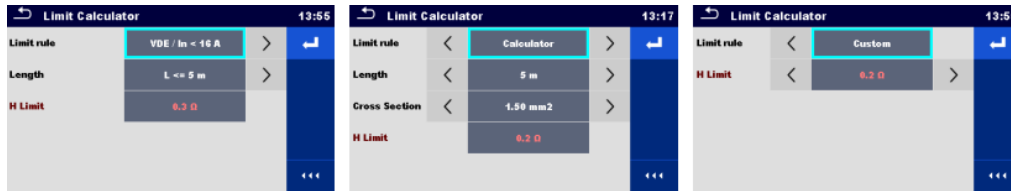


Fig. 27: Pantallas de calculadora de límite.

El límite de resistencia de continuidad se deriva de una tabla conforme a la longitud del cable a utilizar y a una corriente menor de 16A. La tabla es la siguiente:

Tabla 30: Valores de resistencia de límite.

| Longitud de cable (L) | Resistencia Limite (Ω) |
|-----------------------|---------------------------------|
| $L \leq 5m$ | 0.3 |
| $5m < L \leq 12.5m$ | 0.4 |
| $12.5m < L \leq 20m$ | 0.5 |
| $20m < L \leq 27.5m$ | 0.6 |
| $27.5m < L \leq 35m$ | 0.7 |
| $35m < L \leq 42.5m$ | 0.8 |
| $42.5m < L \leq 50m$ | 0.9 |
| $50m < L \leq 57.5m$ | 1.0 |

La resistencia límite se calcula con la siguiente fórmula.

$$R = \rho * \frac{L}{A} + 0.1\Omega$$

Donde

ρ : Resistencia específica del cobre ($1.68 * 10^{-8}$)

L: Longitud del cable seleccionado dentro de la tabla 30 (1m, 2m, 3m, 100m...).

A: Sección transversal del cable seleccionada de la tabla 30 (0.50 mm², 0.75 mm², 1,00 mm², 1.50 mm², 2.5 mm², 4.0 mm², 10.0 mm²).

El límite de continuidad y PE_conductor resistencia se selecciona directamente de la tabla.

Datos:

Diámetro de cable 10 mm²

Longitud 45mts a una distancia igual de 45mts.

Sustituimos los datos en la fórmula nos queda.

$$R = (1.68 * 10^{-8}) * \frac{4500}{0.1} + 0.1 \quad (85)$$

Dádonos: $R = 0.100756$ este valor lo redondeamos a 0.1000 Ω m.

También dentro del análisis se debe seleccionar un límite de resistencia en este caso que la máquina está desarrollada con equipos de medición muy sensibles se optó por colocar una resistencia de 8 Ω , con un tiempo de disparo de 5 segundos y una corriente de 10 amperes dichos datos serán generados en el equipo MultiServicerXD, mientras que en el tablero principal en la

parte de las tierras se colocó una punta de prueba del equipo MultiServicerXD y la otra punta de prueba por medio de un cable de 45 metros que se le agregó se colocó en el lugar que se tomaría la continuidad que es el cable de tierra de 6 AWG.

En la figura 28 se muestra la forma de conexión que debe tener el equipo para la realización de la prueba de continuidad.

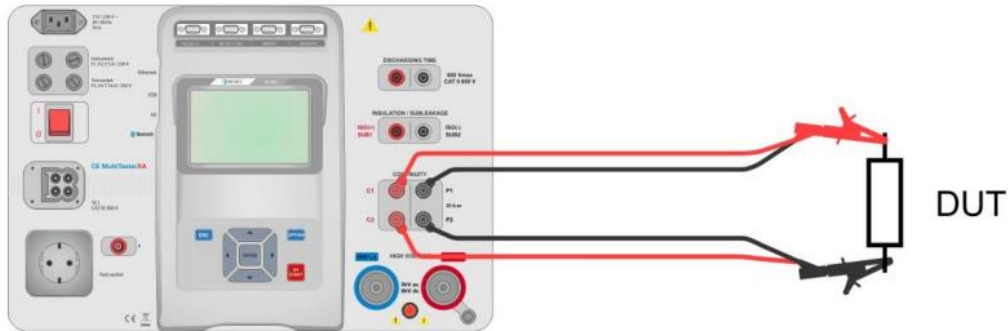


Fig. 28: Medición de continuidad, 4 hilos.

Teniendo todo conectado correctamente se inició el proceso de medición que duro 5 segundos produciendo una corriente de 10 amperes, la cual ayudará al equipo para a medir la resistencia del cable puesto a tierra del calibre de 6 AWG, dentro del tablero principal son 8 cables de calibre 6 AWG los cuales están conectados a 8 puntos siendo estas barras de cobre distribuidas en toda la máquina. El resultado que desplego al terminar la medición fueron los siguientes valores 0.09 , 0.010 , 0.11Ω , esto nos demuestra que es una resistencia menor a la permitida conforme a la norma, permitiendo asegurar la protección de la máquina a cualquier tipo de ruido eléctrico, interferencias inducidas o de señales no deseadas.

Se puede mencionar que se utilizó canalización para la colocación de cables eléctricos, cables de comunicación, cables de control y señales, que se agruparon según su tipo datos que manejaban cada uno, como por ejemplo control igual o menor de 24 VDC, cables de alimentación 440 y 220 VAC.

Los equipos de medición y de control están trabajan en un rango de voltaje de 0 o 20 milivolts o en su caso de 0 a 20 miliamperes. Como sabemos los instrumentos de medición de fuerza, desplazamiento o torque son muy sensibles a flujos magnéticos inducidos en sus cables de comunicación provocando la distorsión de la información a la tarjeta control dando como resultado malas lecturas, modificando los resultados de respuesta, para evitar dichos resultados se procede a utilizar cables mallados.

Después de a ver realizado todas las pruebas necesarias se puede concluir que el sistema a tierra de la máquina asegura la protección de la misma, también al operario.

4.4. LAYOUT PROPUESTO

Sobre el diseño físico de la máquina se realizó varios Layout con la finalidad de visualizar como quedaría terminada, estos abarcan desde la parte física a escala, la distribución de las diferentes

partes que lo conforman, así como donde se ubicaría en el área de producción. A continuación, se muestran en las figuras 29 a la 2 al respecto al tema.

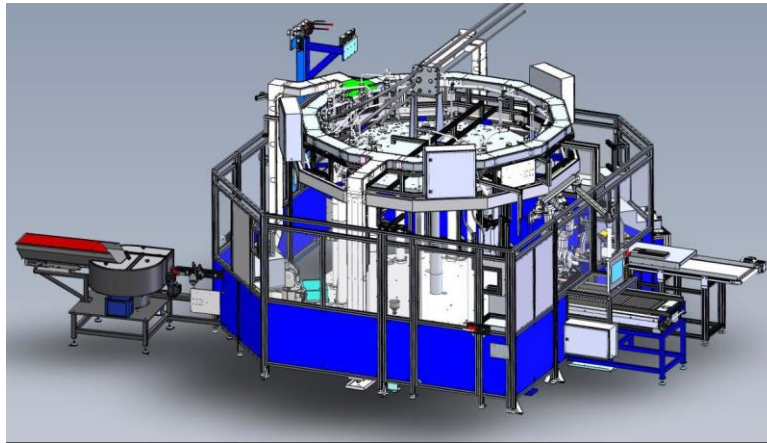


Fig. 29: Layout de la Máquina VMR, vista lateral (Programa SolidWorks).

En la figura 29 se observa un diseño preliminar de cómo quedaría la máquina físicamente armada, este diseño fue realizado a escala, las figuras 30, 31, se muestra de una manera más específica dicho diseño con las piezas internas y externas.

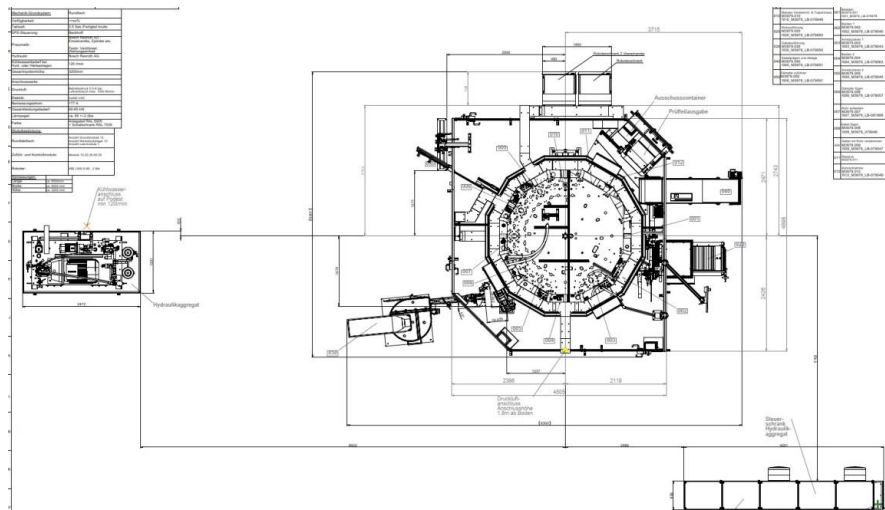


Fig. 30: Layout de la Máquina VMR. (Vista superior) (Programa SolidWorks).

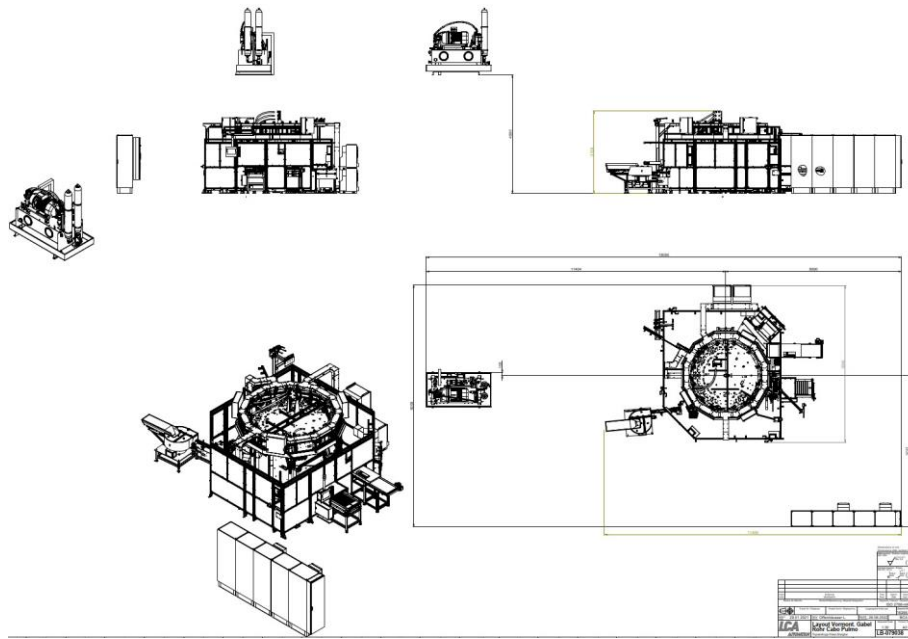


Fig. 31: Layout de la Máquina VMR. (Vista Lateral) (Programa SolidWorks).

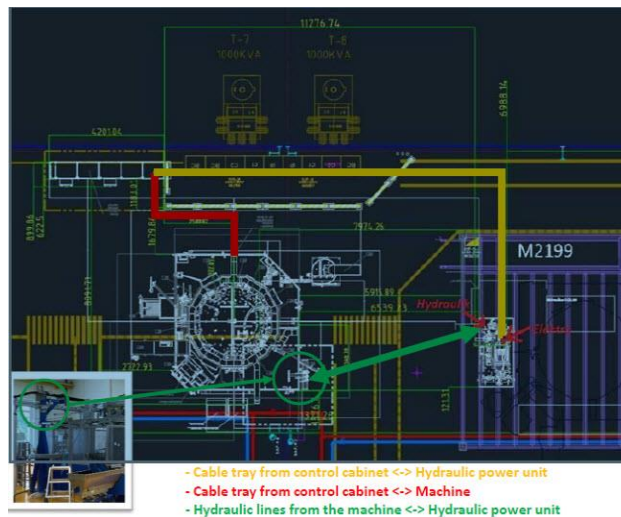


Fig. 32: Layout de la vista preliminar de la Máquina VMR y cableado de control, control y línea hidráulica (Programa SolidWorks).

En la figura 32 se muestra la disposición preliminar de cómo quedaría el tirado del cableado tanto de energización, control y comunicación de la máquina hacia el tablero principal.



Fig. 33: Área propuesta de donde quedará colocada la Máquina VMR.

En la figura 33 se muestra el área seleccionada por parte de la empresa donde deberá quedar la maquinaria armada, en la figura se puede observar las dimensiones disponibles que cuenta dicho espacio. En la figura 34 se visualiza donde quedará colocada la charola de cables del armario de control, así como los soportes para la charola portables.

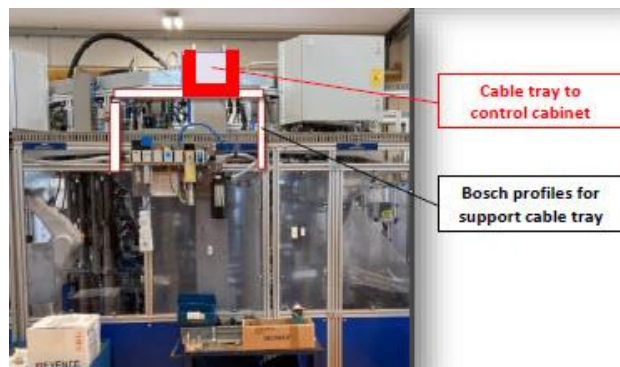


Fig. 34: Modificación de la charola portables para cabina de control. Perfiles Bosch para soporte de charola portables.

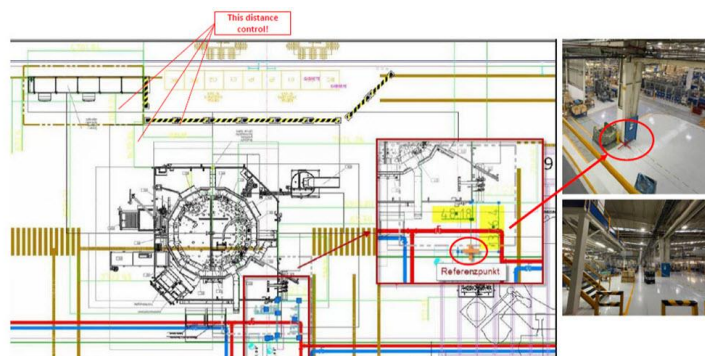


Fig. 35: Punto de referencia de colocación de la Máquina VMR.

En la figura 35 se muestra el punto de referencia donde debe quedar colocada la maquinaria dentro del área de producción de la empresa.

4.5 CODIFICACIÓN DE CABLES

Cuando se está ejecutando este tipo de proyecto muchas de las veces surgen algunos inconvenientes con la gran cantidad de cables a trabajar por lo cual se optó por utilizar la codificación para evitar errores de conexión con diferentes voltajes de operación, ya que se está manejando cables de fuerza, control y de comunicación. En la instalación se instalaron los siguientes cables en las siguientes áreas. En la figura 36 se muestra una imagen del tablero sobre la codificación que deben respetar para realizar la conexión de los tres tipos de cable de energía, control y comunicaciones, en la figura 37 se muestra el tipo de codificación para harting que se empleó para las clavijas de conexión.

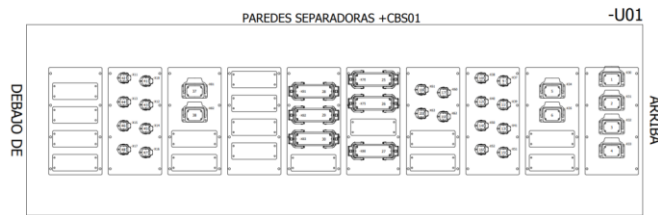


Fig. 36: Dentro del tablero fuerza, control, comunicación y la codificación.

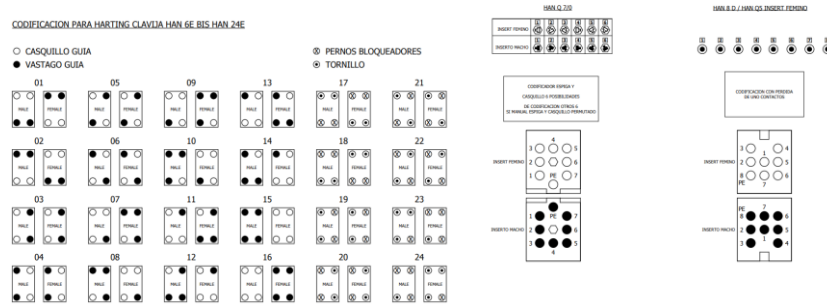


Fig. 37: Conexión de pines hembra y macho utilizado en las conexiones.

4.6. DESEMBARQUE DE LA MÁQUINA

La máquina fue manufacturada en Suiza, esta fue transportada en barco su traslado duró alrededor de 3 semanas aproximadamente, desembarco en el puerto de Veracruz, donde pasó una semana en la aduana mientras se hacían los trámites pertinentes, después de ser liberada de la aduana tardó alrededor de una semana para que llegara a Puebla, como se muestra en la figura 38.



Fig. 38: Embalaje de la máquina para su transportación.

Para su transportación fue necesaria dividir en varias partes la máquina, y colocada con mucho cuidado en los tráileres por medio de montacargas, como se puede observar en la figura 39.



Fig. 39: Transportación de la máquina y manipulación de la misma.

Al momento de llegar la máquina a la empresa se procedió a desenvolver del embalaje que la protegía para empezar a trabajar sobre de ella, como se observa en le figura 40.



Fig. 40: Proceso de desenvolver el embalaje de la máquina.

Después se procedió a colocarla en el lugar que fue destinado para su armado, utilizando tanto montacargas y grúa hidráulica para su manipulación, teniendo demasiado cuidado de no perjudicarla, como se observa en la figura 41.

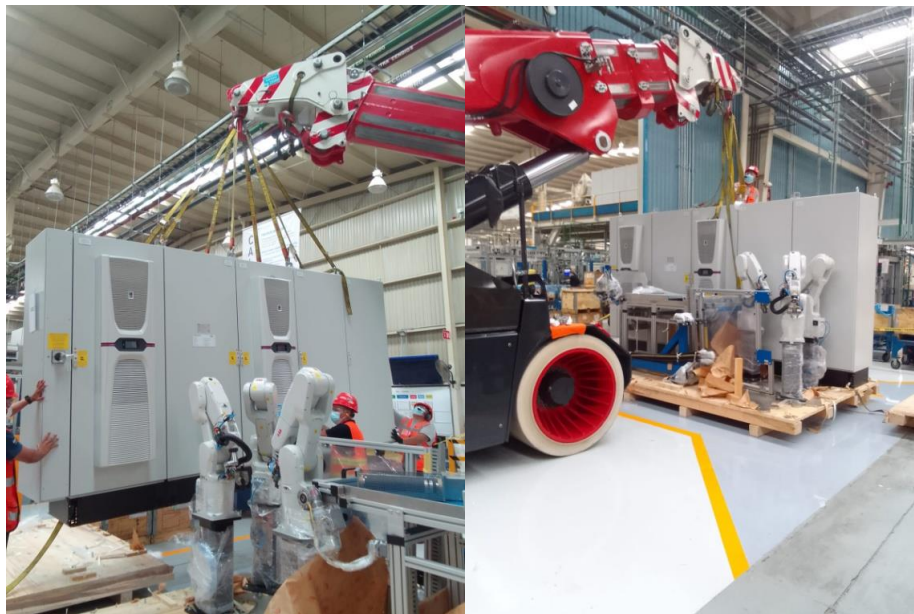


Fig. 41: Manipulación de las piezas de la máquina hacia dentro de la empresa por medio de grúa hidráulica.

Esta unidad hidráulica está formada por dos motores uno de 30 caballos y el otro de 2 caballos, esto es para controlar una parte de la máquina para la realización de forjado en frío de la pieza de la dirección, como se visualiza en las figuras 42 y 43 respectivamente.

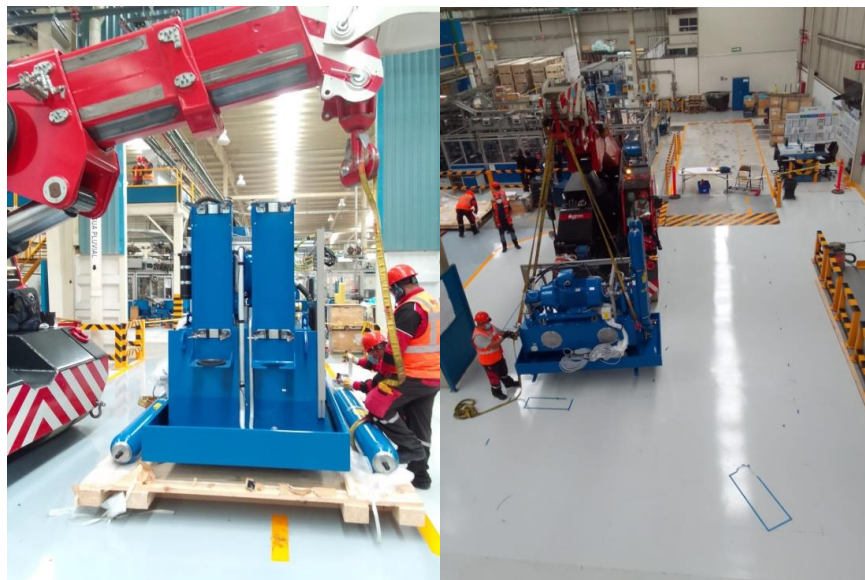


Fig. 42: Manipulación de la unidad hidráulica, por medio de la grúa hidráulica.

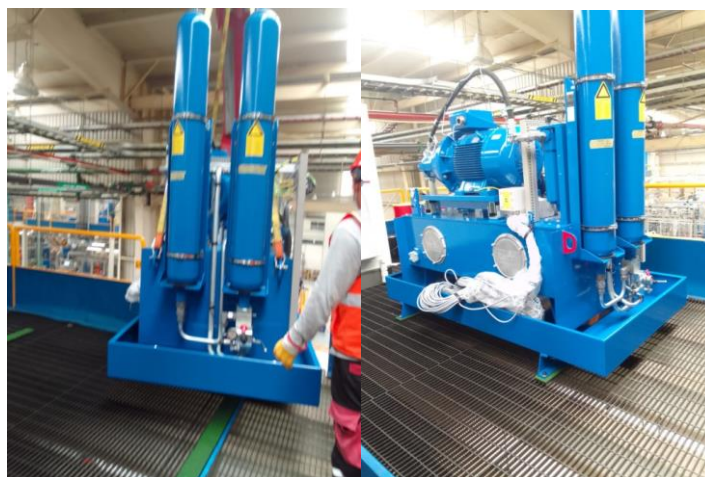


Fig. 43: Colocando la unidad hidráulica en su ubicación especificada.

Como se mencionaba anteriormente para su traslado desde Suiza fue necesario dividirla por medio de módulos para su manipulación, en la figura 44 se puede observar la parte principal de la máquina siendo manipulada por la grúa hidráulica y colocada en su ubicación específica.

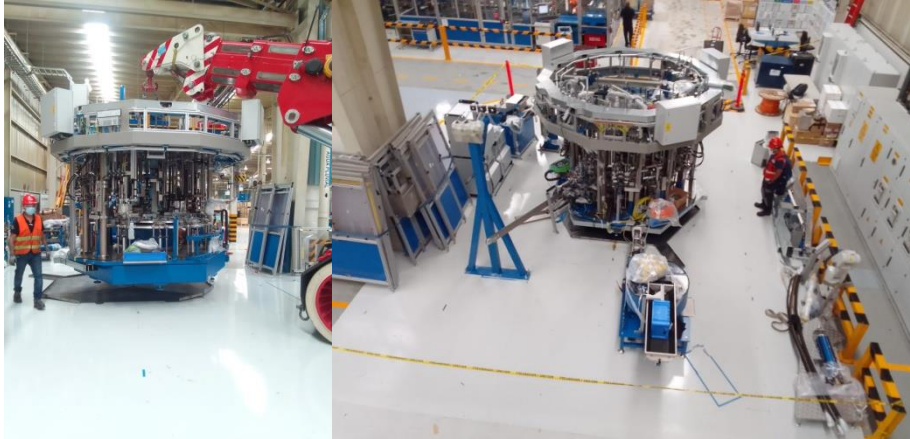


Fig. 44: Parte principal de la máquina, manipulada por medio de la grúa hidráulica.

Para la energización, control y comunicación de la máquina hacia el tablero principal, fue necesario hacer tirado de cableado, como se observa en la figura 45.



Fig. 45: Canalización de los cables de fuerza, control y comunicación hacia el tablero principal.

En el interior de la máquina se hace apoyar de robots para la manipulación, traslado, y colocado en el área necesaria del material para la realización de la pieza de la dirección, quedando en la parte central de la máquina para realizar dichas actividades, como se puede mirar en la figura 46.



Fig. 46: Colocación de los robots dentro de máquina.

En la figura 47 se puede observar el módulo que aproxima la cruceta a la máquina, para luego colocarla en el tubo que formará la dirección.



Fig. 47: Sección de la máquina que coloca las partes de la dirección.

Junto al armado de los módulos que conformar la máquina, se procede a realizar el tirado de los cables de energización, como se muestra en la figura 48, también se procede a realizar el cableado de la parte de control y comunicación de las partes electrónicas de la máquina como se muestra en la figura 49, en la figura 50 se muestra el tablero principal de alimentación.



Fig. 48: Panel de fuerza eléctrica.



Fig. 49: Panel de control y comunicación.



Fig. 50: Panel de alimentación principal.

CAPÍTULO 5. RESULTADOS OBTENIDOS

En la empresa ThyssenKrupp Presta de México S.A de C.V. contaba dentro de su área producción con 3 máquinas las cuales desarrollaban el doblado de material para la realización de la dirección de carros para las marcas: Ford, Volvo, Tesla, Peugeot.

En una de las máquinas se producía simultáneamente las piezas de las marcas Ford y volvo, esto en un lapso de tiempo provocó una saturación de producción y una tardanza en la entrega a tiempo del producto, por lo cual fue necesaria la adquisición de una máquina más, para dividir la producción.

Al poner en marcha la nueva máquina la capacidad de producción aumento a 11000 piezas por día, logrando reducir en tiempo de entrega en un 40%. A continuación, se muestra algunas fotografías tomadas de la máquina, en la figura 51 se muestra la máquina terminada de vista de frente, en la 52 se visualiza la parte trasera de la misma.



Fig. 51: Máquina terminada (vista de frente).



Fig. 52: Máquina vista trasera.



Fig. 53: Panel de control principal y tablero de alimentación eléctrica.

En la figura 53 se muestra el panel de control principal y el tablero de alimentación eléctrica, que quedó en posición lateral a donde se ubica la máquina. En la puesta en marcha de la máquina realizó piezas de prueba para verificar su funcionamiento, en este caso realizó de 300 a 500 piezas, como se puede observar en la figura 54 y en la figura 55 se muestra la pieza de la dirección terminada producida por la maquinaria armada.



Fig. 54: Piezas de prueba al momento de poner en marcha la máquina.



Fig. 55: Dirección de carro Ford armado.

6. LOGROS, BENEFICIOS Y/O IMPACTO SOCIAL

Sobre los logros, beneficios e impacto social obtenidos dentro de la implantación de la máquina denominada Vormontage gabel-Rohr (VMR) en la empresa ThyssenKrupp Presta de México S.A de C.V. fueron:

- Logro: Aumentar en un 40% el tiempo de entrega de la producción para la marca Ford.
- Beneficio: Fue una reducción muy significativa del tiempo de entrega y obtener un mayor tiempo de margen de error si en dado caso surgiera una falla.
- Impacto social: Fue la creación de empleo, en este caso fue de 3 personas más dentro de la planta laboral.

7. CONCLUSIONES

Se efectuó el montaje de la máquina denominada Vormontage gabel-Rohr (VMR) con número de Proyecto 1837-01 (M3979), en la empresa ThyssenKrupp Presta de México S.A de C.V., con la finalidad de apoyar en el área de producción, este desarrollo le dará la ventaja de aumentar su producción, manufacturando alrededor de 11000 piezas por día, y reduciendo en un 40 % el tiempo de entrega.

Para su realización de dicha máquina fue necesario el estudio del área, ya que de ahí se partió para el diseño de la máquina, el análisis de la parte eléctrica, electrónica, mecánica, para así dar una propuesta innovadora, se revisaron los diferentes tecnologías del mercado eligiendo las más adecuadas y recientes para su realización, en el diseño preliminar de la máquina se utilizó el programa SolidWorks, se procedió el armado de los módulos de la maquinaria (esto fue realizado en LCA Automation AG Suiza) y exportados hacia a México, ingresando a México se trasladó a la empresa ThyssenKrupp Presta de México S.A de C.V., para empezar su armado, al término de ello se procedió a la revisión exhaustiva descartando algún mal funcionamiento, y se procedió a la puesta en marcha para verificar su correcto funcionamiento realizando alrededor de 300 a 500 piezas prueba.

Se puede concluir que “El montaje de la máquina Vormontage gabel-Rohr (VMR) con número de Proyecto 1837-01 (M3979), en la empresa ThyssenKrupp Presta de México S.A de C.V., fue desarrollado exitosamente, cumpliendo con los requerimientos y necesidades del cliente.

8. BIBLIOGRAFÍA

ABB. (2007). *Manual técnico de instalaciones eléctricas, aparatos de protección y maniobra. La instalación eléctrica*. Italia.: ABB SACE.

Bosques, J. L. (2021). *Electricidad Básica (Manual de contenido para el participante)*. Puebla: Ternium.

CCH, U. (2022 de Octubre de 2022). *Portal Academico UNAM*. Obtenido de <https://portalacademico.cch.unam.mx/cibernetica1/implementacion-de-circuitos-logicos/ley-de-ohm>

Electricidad, T. G. (2000). *Total gas y electricidad* . Obtenido de <https://www.totalenergies.es/sites/default/files/inline-files/historia-de-electricidad-infografia%20%281%29.pdf>

Emilio, V. S. (2005). *Metodología en Proyectos Mecatrónicos*. Obtenido de Metodología en Proyectos Mecatrónicos: <https://www.mecatronica.net/emilio/ArtCongInt/23-2005.PDF>

Federico Miyara, L. A. (2003). Ruido eléctrico. En L. A. Federico Miyara, *Introducción al análisis frecuencial y al ruido eléctrico*. (pág. 73). Argentina: Riobamba 245 bis.

Harper, E. (s.f.). *Guía ilustrada de la norma oficial mexicana NOM-001 SEDE*. Mexico: Limusa.

Harper, E. (s.f.). *Manual de electricidad industrial I*. Mexico: Limusa.

Investigadores. (27 de Febrero de 2020). *Técnicas de Investigación*. Obtenido de Técnicas de Investigación: <https://tecnicasdeinvestigacion.com/investigacion-exploratoria/>

LEVY, I. R. (2006). Diseño, proyecto y montaje de instalaciones eléctricas seguras. En I. R. LEVY, *Diseño, proyecto y montaje de instalaciones eléctricas seguras*. (pág. 77). Argentina: Jorgew sarmiento editor universitas.

Nestor Agudelo, G. T. (s.f.). Historia de la automatización. *Universidad ECCL.*, 5.

Onesimo, I. B. (2005). Instalaciones Eléctricas Prácticas. En I. B. Onesimo, *Instalaciones Eléctricas Prácticas* (pág. 252). Mexico D.F.

Profesional, C. d. (2022). *La historia de la electricidad*. Obtenido de <https://www.epec.com.ar/>: <https://www.epec.com.ar/docs/educativo/institucional/historia.pdf>

R., O. d. (20 de junio de 2017). *Sobre la importancia de los trabajos de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC)*. Obtenido de Gobierno de Mexico: <https://www.gob.mx/conuee/articulos/sobre-la-importancia-de-los-trabajos-de-la-comision-electrotecnica-internacional-iec>

SALGADO, L. A. (2019). *NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012,(Instalaciones Eléctricas (utilización)*. Mexico D.F.: SENER.

theastrologypage.com. (2022). *¿Qué es el comité europeo de normalización electrotécnica (cenelec)?*
Obtenido de <https://es.theastrologypage.com/european-committee-electrotechnical-standardization>

Watlow. (22 de Septiembre. de 2020). *Watlow* . Obtenido de Watlow : <https://www.watlow.com/es-es/blog/posts/guide-to-electrical-noise>

9. ANEXOS

MI 3325 MultiServicerXD

Comprobadores de máquinas y cuadros eléctricos MI 3325 MultiServicerXD

Comprobadores de máquinas y cuadros eléctricos



El MI 3325 MultiServicerXD es un instrumento multifuncional indicado para diversas aplicaciones industriales en las que se requiere robustez y fiabilidad. El dispositivo se añade a la gama de instrumentos Metral como el sucesor del MI 3321 MultiServicerXA. La nueva plataforma integrada del MI 3325 incluye pantalla táctil a color, un organizador de memoria avanzado con una tarjeta SD grande para almacenaje y las modernas **AUTO SEQUENCE**®.

FUNCIONES DE MEDICIÓN

- Continuidad (2 y 4 hilos), 0,2A, 4A, 10A, 25 A + calda de tensión @ 10 A;
- Rigidez dieléctrica en AC, Rigidez en AC programable 100V - 5100 V;
- Resistencia de aislamiento (Riso, Riso-5): 50 V, 100 V, 250 V, 500 V, 1000 V (t.c.);
- Corriente de sub-fuga o sustitución (Isub, Isub-5) 110V c.a., 230 V c.a.;
- Z bucle - Impedancia de bucle y Corriente máxima de corto circuito (Ipsc, Uipsc, Uc(P));
- RCD de Z - Impedancia de bucle y corriente máxima de cortocircuito de corriente en sistemas con RCD (Ipsc, ps, Uc(P));
- Z línea - Impedancia de la línea y posibles cortocircuitos (Ipsc, Ulin);
- Prueba funcional (potencia P/S/D), tensión, corriente, cos ϕ , frecuencia, ThdU, ThdI, PF);
- Corriente de fuga de contacto; comprobación de RCD; (RCD U_t, RCD t, RCD I);
- Corriente de fuga diferencial;
- Corriente de fuga de PE;
- Polaridad;
- Corriente de la pinza;
- Tensión, frecuencia, rotación de fases;
- Comprobación de varistores;
- Tiempo de descarga;
- Caldas de tensión;

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

- **Pantalla táctil a color de alta resolución**, 4,3 pulgadas, TFT.
- **Doble entrada de datos**: el teclado y la pantalla táctil permiten al usuario controlar el instrumento como desea.
- **AUTO SEQUENCE**® **predefinidas**: Facilitar al usuario la ejecución sencilla y rápida de la secuencia de pruebas para el dispositivo seleccionado.
- **Compatible con comprobación RCD**: todos los instrumentos son compatibles con comprobaciones de RCD tipo A, AC, B, B+ y F.
- **Comprobación del equipo de soldadura** (solo si se usa junto con A 1432): MultiServicerXD es compatible con comprobaciones de soldadura según la IEC/EN 60974-4.
- Inspecciones funcionales.
- Inspecciones visuales.
- Inspecciones personalizadas (visuales y funcionales).
- **Pantallas de ayuda** incluidas para consultar in situ.
- **Tablas de fusibles** incorporadas para la evaluación automática del resultado de la impedancia de línea/ bucle.
- **Monitorización** de las 3 tensiones en tiempo real.
- **Alta tensión** CA de alta tensión (5.1 kV @ 250VA).
- **Continuidad**: Prueba de continuidad de 4 hilos

con corriente de prueba seleccionable (0,2A, 4A, 10A, 25 A) que permite mediciones precisas.

- **Comunicación**: 4 RS232, USB, puertos de comunicación Ethernet y Bluetooth que permiten descargar, subir y el control remoto del instrumento.
- **Comprobación multistroma**: el instrumento se puede utilizar en sistemas de suministro TT, TN, IT y TENV.
- Procedimiento de prueba automático de RCD (RCD AUTO).
- Procedimiento de prueba automático de impedancia (AUTO Z).
- Filtro de medición de acuerdo al grupo del área que se selecciona.
- **Alta capacidad de memoria**: compatible con tarjetas de memoria microSD, tarjeta de 8 GB ya integrada en el instrumento, aunque puede expandirse a 32 GB.
- **Software para PC Metral ES Manager**: permite la creación de estructuras de pruebas, AUTO SEQUENCE® de pruebas por el usuario, informes de pruebas profesionales y transferencia de datos para su archivo.

APLICACIÓN

- Comprobación de seguridad:
- de maquinaria en fábricas;
 - en la industria;
 - portátiles;
 - de líneas de producción;
 - de instrumentos portátiles;
 - de equipos de soldadura por arco;
 - de aparatos y dispositivos de control.

APLICACIONES INDUSTRIALES:

- Seguridad eléctrica en maquinaria (en cumplimiento de la norma IEC/EN 60204 Ed.6)
- Seguridad eléctrica en aparatos y conjunto de aparatos de baja tensión (en cumplimiento de la norma IEC/EN 61439-IEC.2)
- Seguridad de paquetes electrónicos (en cumplimiento con las normas VDE 0701-0702, A5/ NZS 3P60, Código de Prácticas)
- Seguridad en equipos de soldadura por arco (en cumplimiento de la norma IEC/EN 60974-4 Ed.2)





| Foto | Info. para pedido | Descripción | Foto | Info. para pedido | Descripción | Foto | Info. para pedido | Descripción |
|------|-------------------|--|------|-------------------|---|------|-------------------|---|
| | M 7144 | Euro 2 800 V | | A 1388 | Adaptador Schuko/ Schuko | | A 1491 | Alimentación sistema 24 V |
| | M 7143 | Euro 2 440 V | | A 1389 | Adaptador CEE S-P 15A / CEE S-P 15A | | A 1410 | Cuentador de paradas para medición del tiempo de descarga |
| | A 1632 | eMobility Analyser | | A 1390 | Adaptador CEE S-P 22A / CEE S-P 22A | | A 1391 | Adaptador de tensión residual |
| | A 1622 | Active 3-phase Adapter | | A 1379 | Punta de contacto de fuga | | A 1391 | Cable de tensión residual |
| | A 1622 | Active 3-phase Adapter Plus | | S 2012 | Impresora de etiquetas QT (funciona con red eléctrica) | | A 1484 | Pistola de prueba de AT con cable de 2 m, azul |
| | A 1460/D10 | XA Adaptador CE para apoyo en pruebas A este test | | A 1460 | Rollos de etiquetas de repuesto para S 2012 | | A 1484 | Pistola de prueba de AT con cable de 2 m, roja |
| | A 1495 | Pedal de control remoto | | A 1452 | Escáner código de barras (Bluetooth) | | S 2013 | Cable de prueba de alta tensión 5m, sin puntas |
| | A 1026 | Adaptador de equipo de rack para MI 2225 MultiServiceKIT | | A 1453 | QR / Escanea scanner (Bluetooth) | | S 2016 | Punta de prueba de continuidad, 2 x 10 m, 2 uds |
| | A 1016 | Adaptador de equipo de rack para Adaptador A1460 CC | | A 1106 | Lector de código de barras | | S 1072 | Cable de prueba de continuidad con cocodillo, 2 x 2,5 m, 2 uds |
| | A 1071/MS | Controlador de punta, 2,5 m | | A 1106/2D | 2D Escáner de código de barras 2D con conexión RS232 | | S 2017 | Punta de prueba de continuidad, 10 m, 2 uds |
| | A 1071/MS | Controlador de punta, 5 m | | A 1171 | Lector/grabador NFC | | P1118 | Clave de licencia para Metrel avanzado |
| | A 1107 | Adaptador trifásico | | A 1072 | Etiquetas NFC, 8 34 mm autoadhesivas, 50 uds | | A 1074 | RS232 a adaptador USB para teclado sistema USB |
| | A 1100 | Adaptador trifásico | | A 1073 | Etiquetas NFC, 8 28 mm autoadhesivas, 50 uds | | A 1416 | Lector de tarjeta MicroSD |
| | A 1101 | Adaptador trifásico con conmutador | | A 1104 | Brida para cables NFC, L 120 mm 50 uds. | | A 1107 | Cable de comunicación RS232 |
| | A 1106 | Adaptador trifásico (CEE-Schuko 16A) | | A 1419 | Testigo luminoso / tiene señalizadora mediante 4 LED con conmutador | | | Nota: Los accesorios que se muestran aquí complementan los equipos o manómetros no sólo la gama de accesorios, consulte el catálogo general para obtener una descripción más completa de los accesorios. |
| | A 1107 | Adaptador trifásico (CEE-Schuko 22 A) | | A 1416 | Testigo luminoso / tiene señalizadora mediante 2 LED con conmutador | | | |



KIT 6216 HDA-R MI 2225

- Instrumento MultiServiceKIT
- Cable de prueba de AT con sonda de prueba
- Cable de prueba de AT con cocodillo
- Cable de alimentación
- Cable de prueba 4 C
- Cable de prueba de tensión residual
- Cable de prueba de conexión
- Cable de prueba de 2 hilos, 3 m
- Cable de prueba de continuidad, 2,5 m, 2 uds
- Cable de prueba, roja, 10 m
- Sonda de prueba, 4 uds (negro, rojo, verde, azul)
- Punta de cocodillo, verde
- Punta de cocodillo, acero
- Punta de cocodillo, negra, 2 uds
- Punta de cocodillo, rojo, 2 uds
- Certificado de calibración
- Cable RS232
- Cable USB
- CD con manual de instrucciones (versión completa)
- Software de PC Metrel ES Mana que MASIC*
- Bolsa protectora para accesorios**

* Necesita descargar e instalar el programa MASIC en el equipo del ordenador de usuario.
** Necesario en funda

METREL D.O.
Measuring and Regulation Equipment Manufacturer
Ljubljanska 77, SI-1214 Horjul, Slovenia
T +386 (0)175 56 200, F +386 (0)175 49 226
metrel@metrel.si, www.metrel.si

Metrel y sus fotografías de catálogo pueden estar sujetos a modificaciones técnicas sin previo aviso.

