

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

**MONTAJE DE ACOMETIDAS ELÉCTRICAS DESDE EL  
TRANSFORMADOR DE 1.5 MVA A SUBTABLEROS DE  
DISTRIBUCIÓN Y DE ESTOS A LAS MÁQUINAS DE LA  
INDUSTRIA METALMECÁNICA SEDEMI.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGA EN  
ELECTROMECAÁNICA**

**CARINA ELIZABETH PUNINA PROAÑO**  
**caelizp@hotmail.com**

**DIRECTOR: ING. CARLOS ALBERTO CHILUISA RIVERA**  
**c\_chiluisa\_epn@yahoo.com**

**QUITO, MARZO, 2014**

## DECLARACIÓN

Yo, Carina Elizabeth Punina Proaño, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

Carina Elizabeth Punina Proaño

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el siguiente trabajo fue desarrollado por la señorita Carina Elizabeth Punina Proaño, bajo mi supervisión.

.....  
Ing. Carlos Alberto Chiluisa Rivera  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a Dios por bendecirme todos los días y permitirme llegar hasta donde he llegado.

Son muchas las personas especiales a las que quisiera agradecer su apoyo, amistad y cariño en cada una de las experiencias que han formado parte de mi vida y que me han ayudado a crecer personal y profesionalmente.

Sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

Al Ing. Carlos Chiluisa un agradecimiento especial por haberme brindado todo su apoyo y valiosos consejos que han permitido desarrollar esta tesis, siempre guiándome a culminar mis estudios con éxitos.

A mis padres María Proaño y Carlos Punina, que han estado siempre a mi lado apoyándome en cada momento de mi vida por mas difícil que hubiese sido y me han impulsado a seguir adelante siempre con la frente en alto para que pueda cumplir mis metas. Gracias por la confianza que depositaron en mi y por los buenos consejos que siempre me dieron para ser una mujer de bien. Los quiero mucho.

A mi hijita adora Arianita, este es un logro que quiero compartir contigo, gracias por ser el motor que me impulsa día a día a seguir adelante. Te amo mucho.

A mis hermanas Pamela y Mishell que nunca me dieron las espaldas en los momentos más difíciles de mi vida, ya que con su amor y apoyo me dieron fuerzas para seguir adelante. Las quiero mucho.

A Francisco, que con su gran apoyo, cariño y amor, he logrado superar un reto más en mi vida y que junto a él por el resto de nuestras vidas superaremos los que vinieran.

CARINA PUNINA

## DEDICATORIA

A MI MADRE,

María Elizabeth Proaño Calderón, quien en su regazo amoroso, me cubrió, me cubre y me seguirá cubriendo de amor y de toda su sabiduría, gracias por todo lo que has hecho por mí.

Gracias por acoger a mi hija desde el primer día en que nació como que fuera tuya, y por criarla de la mejor manera. Ese sacrificio de parte tuya y mía permitió que pudiera terminar mis estudios y después tener un trabajo, con el cual pueda darle una vida digna.

A MI PADRE,

Carlos Enrique Punina Aguilar, gracias por levantarme en los momentos difíciles y darme tus mejores consejos para superarlos, que sin esas fuerzas no lo hubiese podido lograr.

Esta tesis queridos padres se las dedico por ayudarme a cumplir mi gran sueño de tener un título en la Escuela Politécnica Nacional.

CARINA ELIZABETH PUNINA

## ÍNDICE

<b>CAPITULO I</b> .....	12
<b>LA ELECTRICIDAD Y SU DESARROLLO INDUSTRIAL</b> .....	12
1.1. DESARROLLO DE LA ELECTRICIDAD.....	12
1.1.1 INTRODUCCION.....	12
1.1.2 ORIGEN DE LA ELECTRICIDAD.....	12
1.1.3 HISTORIA DE LA ELECTRICIDAD.....	12
1.2. DESARROLLO DE LAS MAQUINAS.....	20
1.2.1 INTRODUCCION.....	20
1.3. INSTALACIONES ELECTRICAS BASICAS.....	23
1.3.1 INTRODUCCION.....	23
1.3.2 CONEXIONES BASICAS EMPLEADAS EN LOS CIRCUITOS ELECTRICOS.....	25
1.4. MATERIALES PARA ACOMETIDAS AEREAS Y SUBTERRANEAS DE BT.....	28
1.4.1 INTRODUCCION.....	28
1.4.2 TIPOS DE ACOMETIDAS.....	28
1.4.3 ALTURA MINIMA DE SEGURIDAD DE ACOMETIDA A NIVEL DE PISO.....	30
1.4.4 MATERIALES PARA ACOMETIDAS AEREAS Y SUBTERRANEAS.....	30
<b>CAPITULO II</b> .....	41
<b>CENTROS DE CARGA</b> .....	41
2.1 INTRODUCCION.....	41
2.2 CENTRO DE CARGA.....	41
2.3 PARTES COMPONENTES DE LOS TABLEROS ELECTRICOS.....	42
2.3.1 GABINETES.....	42
2.3.2 COMPONENTES.....	43
2.4 DISEÑO DE TABLEROS EN MEDIA TENSION.....	49
2.4.1 CONSIDERACIONES GENERALES.....	49
2.4.2 TIPOS DE ENSAYOS EN TABLEROS.....	50
2.5 NORMAS QUE RIGEN LOS CENTROS DE CARGA.....	50
2.5.1 INTRODUCCION.....	50
2.5.2 NORMA 60529 (IEC).....	51
2.5.3 NORMAS (UL) 50, 50E.....	51
2.5.4 NORMA 250 (NEMA).....	52
2.5.5 PUNTOS PRINCIPALES DE LOS QUE SE OCUPAN LAS NORMAS.....	52
2.5.6 PROTECCION CONTRA INGRESO DE CUERPOS EXTRAÑOS A TABLEROS.....	54
2.5.7 CALIFICACIONES IP PARA LOS GABINETES SEGÚN IEC 60529.....	55
2.5.8 CALIFICACIONES IP PARA LOS GABINETES SEGÚN UL Y NEMA.....	56
2.6 REQUISITOS MINIMOS PARA EL DISEÑO DE GABINETES.....	58
2.7 NORMAS APLICABLES EN LA FABRICACION DE TABLEROS ELECTRICOS.....	59
2.7.1 ROTULADO E INSTRUCTIVOS DE TABLEROS.....	60
2.7.2 INFORMACION ADICIONAL.....	60
2.7.3 CERTIFICACION DE TABLEROS DE BV Y CELDAS DE MV.....	61
<b>CAPITULO III</b> .....	62
<b>ILUMINACION</b> .....	62
3.1 INTRODUCCION.....	62
3.2 ILUMINACION INTERIOR.....	63
3.3 CARACTERISTICAS DE LA ILUMINACION.....	63
3.4 CALCULO DE LUMINARIAS PARA INSTALACIONES DE ALUMBRADO.....	72
3.4.1 METODO DE LOS LUMENES.....	72
3.5 CALCULO DEL SISTEMA DE ILUMINACION DEL NUEVO GALPON EN SEDEMI.....	76
<b>CAPITULO IV</b> .....	79
<b>SISTEMA PUESTAS A TIERRA</b> .....	79
4.1 INTRODUCCION.....	79
4.1.1 IMPORTANCIA DE LOS SISTEMAS DE CONEXIÓN A TIERRA.....	79

4.1.2 EL PORQUE DE LA CONEXIÓN A TIERRA .....	80
4.2 PUESTA A TIERRA.....	82
4.2.1 DEFINICION.....	82
4.3 MATERIALES PARA SISTEMAS DE TIERRA.....	83
<b>CAPITULO V.....</b>	<b>90</b>
<b>SEGURIDAD INDUSTRIAL.....</b>	<b>90</b>
5.1 INTRODUCCION.....	90
5.1.1 DEFINICION DE SEGURIDAD INDUSTRIAL.....	90
5.1.2 CONCEPTOS BASICOS.....	91
5.1.3 REGLAS GENERALES PARA REALIZAR INSTALACIONES ELECTRICAS .....	92
5.2 SEGURIDAD EN INSTALACIONES ELECTRICAS.....	93
5.2.1 IDENTIFICACION DE APARATOS Y CIRCUITOS.....	94
5.2.2 SEPARACION DE LAS FUENTES DE ENERGIA .....	94
5.2.3 INTERVENCION EN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES ELECTRICAS .....	95
5.2.4 TRABAJOS EN INSTALACIONES ELECTRICAS SIN VOLTAJE .....	96
5.2.5 INTERVENCION EN INSTALACIONES SIN VOLTAJE.....	97
5.2.6 INTERVENCION EN INSTALACIONES ELECTRICAS ENERGIZADAS.....	97
5.2.7 MEDIDAS DE SEGURIDAD EN INSTALACIONES ELECTRICAS.....	98
5.3 SEGURIDAD EN INSTALACIONES DE ACOMETIDAS ELECTRICAS .....	99
5.3.1 TRANSFORMADORES .....	99
5.4 SEGURIDAD EN INSTALACIONES DE ILUMINACION.....	100
5.4.1 ILUMINACION Y NIVELES MINIMOS.....	101
5.4.2 ILUMINACION ARTIFICIAL.....	101
5.4.3 RIESGOS POR ILUMINACION INADECUADA .....	102
5.5 SEGURIDAD PERSONAL DURANTE LA EJECUCION DE TAREAS .....	103
5.5.1 TRABAJO EN ALTURAS .....	103
<b>CAPITULO VI .....</b>	<b>105</b>
<b>MONTAJE DEL PROYECTO.....</b>	<b>105</b>
6.1 DESARROLLO DEL PROYECTO .....	105
6.1.1 MARCO CONCEPTUAL.....	106
6.2 MONTAJE DEL TRANSFORMADOR .....	108
6.3 MONTAJE DE PROTECCIONES EN TABLEROS .....	108
6.4 MONTAJE DE ACOMETIDAS A LOS SUBTABLEROS .....	109
6.4.1 MONTAJE DE LA CANALETA PORTA CABLES.....	109
6.4.2 MONTAJE DEL TENDIDO DE CABLES .....	111
6.5 MONTAJE DE LOS SUBTABLEROS .....	114
6.6 MONTAJE DE ACOMETIDAS DE SUBTABLEROS A MAQUINAS.....	115
6.6.1 DIMENSIONAMIENTO DE ACOMETIDAS DE LOS SUBTABLEROS.....	116
6.6.1.1 INTENSIDAD DE CORRIENTE .....	116
6.6.1.2 CAIDA DE VOLTAJE .....	129
6.7 MONTAJE DE LUMINARIAS.....	132
6.7.1 SELECCIÓN DE LUMINARIAS PARA ILUMINACION DE LAS NAVES.....	133
6.7.2 PRUEBAS CON LUMINARIAS DE MERCURIO HALOGENADO Y LED.....	134
6.7.3 COMPARACIONES ENTRE LAMPARA DE MERCURIO HALOGENADO Y LED.....	136
6.8 MONTAJE DEL SISTEMA DE TIERRA .....	138
6.8.1 SISTEMA DE PROTECCION CONTRA DESCARGAS DIRECTAS DE RAYO.....	139
<b>CAPITULO VII.....</b>	<b>141</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>141</b>
7.1 CONCLUSIONES.....	141
7.2 RECOMENDACIONES.....	142
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>144</b>
<b>DIRECCIONES ELECTRONICA .....</b>	<b>144</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>146</b>

## RESUMEN

El presente Proyecto tiene por objeto realizar el montaje y la distribución completa de las acometidas desde un transformador de 1.5 MVA previamente instalado por la empresa SEDEMI hasta cada uno de los tableros de distribución. Y así alimentar la totalidad de las cargas que involucra poner en funcionamiento la nueva planta metalmecánica.

Cada capítulo desarrollado en este trabajo se enfoca en los elementos que intervienen en las instalaciones eléctricas del presente proyecto, de esta forma se tiene un concepto claro para el diseño y desarrollo de cada uno de los mismos.

Para el montaje de las acometidas se realizó un estudio de cargas teniendo en cuenta el consumo y las caídas de voltaje que se pueden generar. Una vez analizado dichos efectos se pudo distribuir de la mejor forma posible los subtableros, dando paso a la instalación de tres subtableros ubicados estratégicamente alrededor del galpón.

Con la necesidad de proteger a las personas ante choques eléctricos, se tuvo presente por parte de SEDEMI un sistema de puesta a tierra eficaz, que brinde protección al personal involucrado en el desempeño de las tareas específicas.

También se tomo en cuenta el sistema de iluminación, en función de que las personas cuenten con un ambiente eficiente y confortable a su visión, para que su desempeño no se vea afectado por factores ergonómicos inadecuados.

A más de contribuir en el ámbito industrial de la empresa SEDEMI, este proyecto aportó didácticamente a mis conocimientos para mi formación personal y profesional, y a tener presente normas de construcción y seguridad personal.

Finalmente se comprobó que la instalación eléctrica de cada elemento del proyecto, en su totalidad funcione de forma correcta, eficiente y segura de

modo que brinde toda la seguridad necesaria para el personal que laborare en este nuevo sitio de trabajo.

## INTRODUCCIÓN

A medida que las necesidades de las personas incrementan con el pasar del tiempo, el consumo y la demanda también aumentan, esto ocasiona que las industrias tengan que ampliar su nivel de producción, y así satisfacer los requerimientos de las nuevas generaciones.

Uno de los ejemplos de este desarrollo ya en la práctica es la ampliación de la Empresa Metalmecánica SEDEMI, la misma que ha construido un nuevo galpón para incorporar nueva maquinaria para el proceso de fabricación de estructuras y tubería para torres de transmisión y ductos para conducción de líquidos.

Para mantener operativo el galpón se requiere desarrollar el Proyecto Eléctrico que va desde las acometidas eléctricas hasta el sistema de iluminación adecuada para el área.

Para la ejecución del proyecto se seguirá una serie de pasos tales como:

- Inspección del lugar
- Levantamiento de Información
- Estudio de cargas y diseño del proyecto de acuerdo a la estructura del galpón y la ubicación de cada una de las maquinas.
- Aprobación del proyecto por parte de SEDEMI.
- Organización del personal y de los recursos a emplearse.
- Ejecución del Proyecto
- Pruebas y Resultados

Cada una de las fases dentro del proyecto, forman parte importante del mismo para obtener los resultados deseados. Ya que si no se diseña de la forma correcta las instalaciones pueden resultar inseguras y nada confiables para los trabajadores y los equipos.

Al ser una industria metalmecánica se considera que dentro del proyecto se realizará dos turnos y por lo tanto es necesario tener una buena iluminación de acuerdo a los cánones establecidos, con el fin de obtener el máximo rendimiento tanto de máquinas como del personal que ejecuta los trabajos en los diferentes turnos.

El estudio de cargas del nuevo galpón, consiste en evaluar cada una de las cargas a instalarse y tener una idea de cual es la potencia máxima que se va a utilizar. Esta misma evaluación a través de cálculos permite dimensionar las diferentes acometidas con sus respectivas protecciones. Además de ayudar a distribuir las cargas en los diferentes subtableros alrededor del sitio.

Con el proyecto se obtendrá una instalación observando las normas correspondientes para que el sistema de acometidas sea seguro, eficiente y además sin el inconveniente de que se presenten caídas de voltaje que son perjudiciales para el sistema eléctrico y electrónico de las nuevas maquinas.

Uno de los axiomas que se involucra en el proyecto y que es de suma relevancia en la instalación de cada uno de los elementos, es la seguridad personal, ya que solo de esta manera se resguarda la integridad de los trabajadores y se cuida el bien maspreciado que es la vida.

Mediante el siguiente proyecto se puede determinar normas y reglas en la ejecución de cada fase de un proyecto e implementarse en el futuro.

# CAPITULO I

## LA ELECTRICIDAD Y SU DESARROLLO INDUSTRIAL

### 1.1 DESARROLLO DE LA ELECTRICIDAD

#### 1.1.1 INTRODUCCIÓN

La electricidad une, fortalece y a través del tiempo ha hecho que cientos de personas imaginen lo imposible.

La electricidad es tal vez la tecnología más utilizada actualmente y hace parte importante de nuestras vidas.

Desde el descubrimiento de los primeros fenómenos eléctricos hasta hace poco más de dos siglos los avances que se han producido en el estudio de la electricidad han sido bastante lentos.

#### 1.1.2 ORIGEN DE LA ELECTRICIDAD.

La electricidad es una forma de energía que sólo se puede apreciar por los efectos que produce. La palabra deriva de la voz griega elektron, que significa ámbar.

La electricidad existe en todo: en nuestro cuerpo, en el aire que respiramos, en el libro que leemos, en los objetos, etc.

El estudio de la electricidad en reposo recibe el nombre de electrostática y el estudio de la electricidad en movimiento se llama electrodinámica.

#### 1.1.3 HISTORIA DE LA ELECTRICIDAD.

**Thales de Miletus** (630–550 AC) fue el primero, que cerca del 600 AC, conociera el hecho de que el ámbar, al ser frotado adquiere el poder de atracción sobre algunos objetos.

Sin embargo fue el filósofo Griego **Theophrastus** (374–287 AC) el primero, que en un tratado escrito tres siglos después, estableció que otras sustancias tienen este mismo poder, dejando así constancia del primer estudio científico sobre la electricidad.

En 1600, la Reina Elizabeth I ordena al Físico **Real William Gilbert** (1544–1603) estudiar los imanes para mejorar la exactitud de las Brújulas usadas en la navegación, siendo éste trabajo la base principal para la definición de los fundamentos de la Electroestática y Magnetismo.

Gilbert fue el primero en aplicar el término Electricidad del Griego "elektron" = ámbar. Gilbert es la unidad de medida de la fuerza magnetomotriz y realizó la inspección de cómo está conformado el sistema de iluminación, para su mejor utilización.

En 1672, el Físico Alemán **Otto von Guericke** desarrolló la primera máquina electrostática para producir cargas eléctricas. Máquina que consiste en una esfera de azufre torneada, con una manija a través de la cual, la carga es inducida al posar la mano sobre la esfera.

En 1745, se desarrolla lo que daría paso al Condensador Eléctrico, la botella de Leyden por **E. G. Von Kleist** (1700-1748) y **Pieter Van Musschenbroeck** (1692-1761) en la Universidad de Leyden, con esta botella se almacenó electricidad estática.

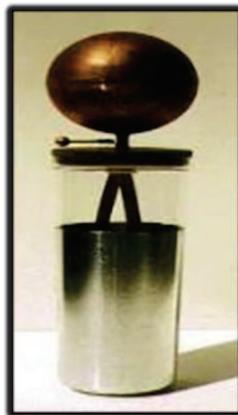


Fig.1.1 Botella de Leyden

En 1752, **Benjamín Franklin** (1706–1790) demostró la naturaleza eléctrica de los rayos. Desarrolló la teoría de que la electricidad es un fluido que existe en la materia y su flujo se debe al exceso o defecto del mismo en ella, este fenómeno dio paso al descubrimiento del pararrayos. (Ver Fig.1.2)

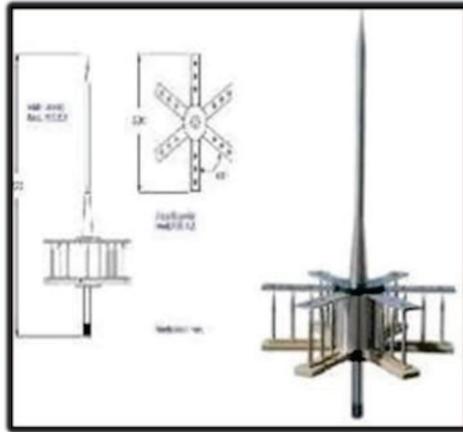


Fig.1.2 Pararrayos inventado por Franklin

En 1776, **Charles Agustín de Coulomb** (1736–1806) inventó la balanza de torsión con la cual, midió con exactitud la fuerza entre las cargas eléctricas y corroboró que dicha fuerza era proporcional al producto de las cargas individuales e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa. Coulomb es la unidad de medida de Carga eléctrica.

En 1800, **Alejandro Volta** (1745–1827) construye la primera celda Electrostática y la batería capaz de producir corriente eléctrica. Su inspiración le vino del estudio realizado por el Físico Italiano **Luigi Galvani** (1737–1798) sobre las corrientes nerviosas–eléctricas en las ancas de ranas.

Galvani propuso la teoría de la Electricidad Animal, lo cual contrarió a Volta, quien creía que las contracciones musculares eran el resultado del contacto de los dos metales con el músculo. Sus investigaciones posteriores le permitieron elaborar una celda química capaz de producir corriente continua, fue así como desarrollo la Pila.

**Voltio** es la unidad de medida del potencial eléctrico (Voltaje).

Desde 1801 a 1815, **Sir Humphrey Davy** (1778–1829) desarrolla la electroquímica (nombre asignado por él mismo), explorando el uso de la pila de Volta o batería, y tratando de entender como funciona.

En 1801 observa el arco eléctrico y la incandescencia en un conductor energizado con una batería.

En 1815 el descubrimiento más importante lo realiza, cuando descubre al joven Michael Faraday y lo toma como asistente.

En 1819, El científico Danés **Hans Christian Oersted** (1777–1851) descubre el electromagnetismo, cuando en un experimento para sus estudiantes, la aguja de la brújula colocada accidentalmente cerca de un cable energizado por una pila voltaica, se movió. Este descubrimiento fue crucial en el desarrollo de la Electricidad, ya que puso en evidencia la relación existente entre la electricidad y el magnetismo.

En 1823, **André-Marie Ampere** (1775–1836) establece los principios de la electrodinámica, cuando llega a la conclusión de que la Fuerza Electromotriz es producto de dos efectos: El voltaje eléctrico y la corriente eléctrica. Experimenta con conductores, determinando que estos se atraen si las corrientes fluyen en la misma dirección, y se repelen cuando fluyen en contra.

**Amperio** es la unidad de medida de la corriente eléctrica.

En 1826, El físico Alemán **Georg Simón Ohm** (1789–1854) fue quien formuló con exactitud la ley de las corrientes eléctricas, definiendo la relación exacta entre el voltaje y la corriente. Desde entonces, esta ley se conoce como la ley de Ohm.

**Ohm** es la unidad de medida de la Resistencia Eléctrica.

$$R = \frac{V}{I} = \frac{\text{Voltios}}{\text{Amperios}} = \text{Ohm}$$

En 1831, **Michael Faraday** (1791–1867) a los 14 años trabajaba como encuadernador, lo cual le permitió tener el tiempo necesario para leer y desarrollar su interés por la Física y Química. A pesar de su baja preparación formal, dio un paso fundamental en el desarrollo de la electricidad al establecer que el magnetismo produce electricidad a través del movimiento.

**Faradio** es la unidad de medida de la Capacitancia Eléctrica.

El voltaje inducido en la bobina que se mueve en campo magnético no uniforme fue demostrada por Faraday.

En 1835, **Simule F.B. Morse** (1791–1867), mientras regresaba de uno de sus viajes, concibe la idea de un simple circuito electromagnético para transmitir información, el Telégrafo.

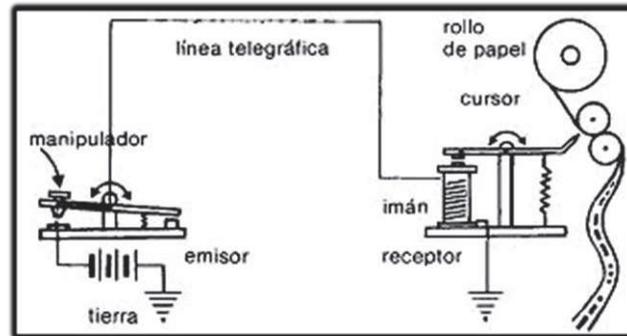


Fig.1.3 Telégrafo de Morse

En 1837 se asocia con **Henry y Vailcon** con el fin de obtener financiamiento del Congreso de USA para su desarrollo, fracasa el intento, prosigue solo, obteniendo el éxito en 1843, cuando el congreso le aprueba el desarrollo de una línea de 41 millas desde Baltimore hasta el Capitolio en Washington D.C. La cual construye en 1844.

En 1840–42, **James Prescott Joule** (1818–1889) Físico Inglés, quien descubrió la equivalencia entre trabajo mecánico y la caloría, y el científico Alemán Hermann Ludwig Ferdinand Helmholtz (1821–1894), quien definió la primera ley de la termodinámica demostraron que los circuitos eléctricos cumplían con la ley de la conservación de la energía y que la Electricidad era una forma de Energía.

Adicionalmente, Joule inventó la soldadura eléctrica de arco y demostró que el calor generado por la corriente eléctrica era proporcional al cuadrado de la corriente.

**Joule** es la unidad de medida de Energía.

En 1845, **Gustav Robert Kirchhoff** (1824–1887) Físico Alemán a los 21 años de edad, anunció las leyes que permiten calcular las corrientes, y tensiones en redes eléctricas. Conocidas como Leyes de Kirchhoff I y II.

En 1854, El matemático Inglés **William Thomson (Lord Kelvin)** (1824–1907), demostró con su trabajo el análisis teórico sobre transmisión por cable e hizo posible el desarrollo del cable transatlántico.

En 1851 definió la Segunda Ley de la Termodinámica. En 1858 Inventó el cable flexible.

En 1870, **James Clerk Maxwell** (1831–1879) Matemático Inglés formuló las cuatro ecuaciones que sirven de fundamento de la teoría Electromagnética. Dedujo que la luz es una onda electromagnética, y que la energía se transmite por ondas electromagnéticas a la velocidad de la luz.

**Maxwell** es la unidad del flujo Magnético.

En 1879, el Físico Inglés **Joseph John Thomson** (1856–1940) demostró que los rayos catódicos estaban constituido de partículas atómicas de carga negativas la cual el llamó "Corpúsculos" y hoy en día los conocemos como Electrones.

En 1881, **Thomas Alva Edison** (1847–1931) produce la primera Lámpara Incandescente con un filamento de algodón carbonizado. Este filamento permaneció encendido por 44 horas.



Fig.1.4 Primeras lámparas eléctricas inventadas por Thomas Alva Edison

En 1881 desarrolló el filamento de bambú con 1.7 lúmenes por vatio. En 1904 el filamento de tungsteno con una eficiencia de 7.9 lúmenes por vatio. En 1910 la lámpara de 100 w con rendimiento de 10 lúmenes por vatio.

Hoy en día, las lámparas incandescentes de filamento de tungsteno de 100 w tienen un rendimiento del orden de 18 lúmenes por vatio. En 1882, Edison instaló el primer sistema eléctrico para vender energía, para la iluminación incandescente en los Estados Unidos, para la estación Pearl Street de la ciudad de New York.

El sistema fue en tres hilos, 220–110 v con una potencia total de 30 kW.

En 1884, **Heinrich Rudolf Hertz** (1847–1894) demostró la validez de las ecuaciones de Maxwell y las rescribió, en la forma que hoy en día es conocida.

En 1888 Hertz recibió el reconocimiento por sus trabajos sobre las Ondas Electromagnéticas: propagación, polarización y reflexión de ondas. Con Hertz se abre la puerta para el desarrollo de la radio.

**Hertz** es la unidad de medida de la frecuencia.

**En 1888, Nikola Tesla, Serbio-Americano** inventor e investigador quien desarrolló la teoría de campos rotantes, base de los generadores y motores polifásicos de corriente alterna.

A **Tesla** se le puede considerar, sin ninguna duda, como padre del sistema eléctrico que hoy en día disfrutamos.

**Tesla** es la unidad de medida de la densidad de flujo magnético.

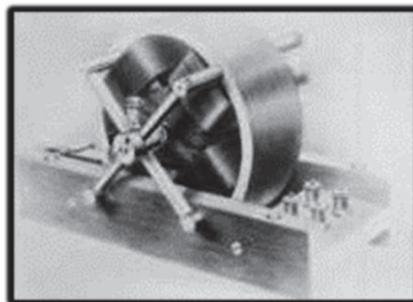


Fig.1.5 Tesla Motor C.A.

- ✓ En 1888 Motor de inducción, la mejora del dinamo, el método para convertir y distribuir corrientes eléctricas.
- ✓ En 1890 el Motor de corriente alterna.

- ✓ En 1892 el Sistema de transmisión de potencia.
- ✓ En 1894 el Generador eléctrico.
- ✓ En 1896 el Equipo para producir corrientes y tensiones de alta frecuencia.
- ✓ En 1897 mejoras en el transformador eléctrico.

Los derechos de sus patentes sobre sus sistemas de corriente alterna, transformadores, motores y generadores, los vendió a **George Westinghouse (1846-1914)** fundador de **Westinghouse Company**, pionera en el desarrollo comercial de la corriente alterna (CA).

En 1893 en la feria de Chicago, Westinghouse y Tesla presentaron todo un sistema eléctrico en CA a escala, a fin de demostrar sus bondades.

En 1895 Westinghouse pone en servicio la Primera planta de Generación de Electricidad comercial en C.A. La Planta del Niagara. (Fig.1.6).

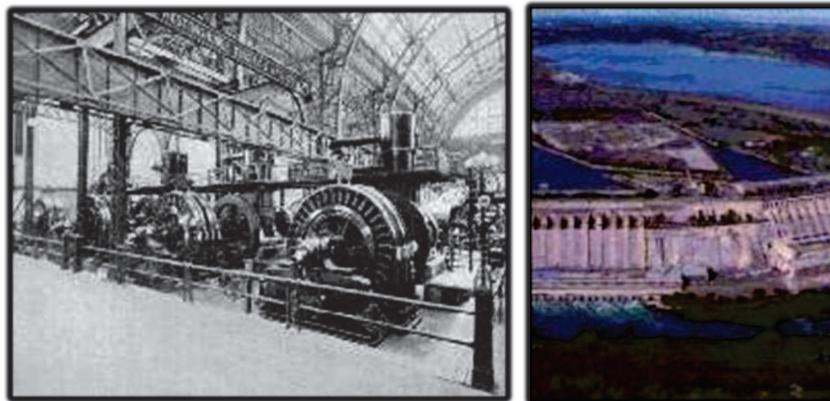


Fig.1.6 Feria de Chicago 1893 y Primera Planta de Generación Eléctrica en el Niagara

En la revolución industrial la electricidad fue muy importante, pues evitó que las industrias buscaran carbón. La electricidad al ser una energía limpia fuerte y fácil de llevarse de un sitio a otro, fue utilizada en muchos campos de la vida diaria como la comunicación e iluminación. Gracias a esta revolución las ciudades comenzaron a tener alumbrado público. La electricidad ayudó a la creación de tranvías y ferrocarriles metropolitanos usados en las grandes ciudades para el transporte diario de los ciudadanos.

La radio, el teléfono, el telégrafo y el cine fueron desarrollados gracias a la electricidad.

En 1911 **Heike Kamerlingh Onnes** hace importantes descubrimientos acerca de la superconductividad, o la capacidad intrínseca de algunos materiales para conducir electricidad.

En el **siglo XX**, las industrias eléctricas crecen con la sociedad del consumo y nacen grandes corporaciones.

Ya en la **actualidad**, la electricidad es parte esencial de nuestras vidas, la encontramos desde un bombillo en nuestro hogar hasta los satélites espaciales.

Hoy, encontramos diferentes formas de producir energía eléctrica, tales como:

No Renovables:

- a) Centrales Nucleares
- b) Combustibles Fósiles

Y Renovables:

- a) Centrales Eólicas
- b) Centrales Hidroeléctricas
- c) Centrales Solares Fotovoltaicas
- d) Centrales Termoeléctricas solares
- e) Centrales Geo-Termoeléctricas.

En la actualidad las naciones se ven enfocadas en encontrar nuevas formas de crear energía limpia para el ambiente.

## **1.2 DESARROLLO DE LAS MAQUINAS**

### **1.2.1 INTRODUCCIÓN**

La generación y utilización de la corriente eléctrica ha permitido a la humanidad, cambiar de forma radical su forma de vida.

La importancia de la historia de la ciencia eléctrica cobra singular atractivo con el descubrimiento de, Michael Faraday en 1831, sobre inducción electromagnética, esencia de los modernos generadores y motores.

Los descubrimientos de Ampere y Faraday tuvieron inmediatas aplicaciones prácticas que cambiaron la faz de la civilización moderna.

Usando el descubrimiento de Oersted, de que una corriente eléctrica produce un campo magnético en el espacio alrededor del cable que la conduce, tanto Ampere como Arago lograron magnetizar agujas de hierro. Lo hicieron de la siguiente forma:

“Enrollaron un cable alrededor de la aguja y luego conectaron los extremos de aquél a una batería. Al pasar la corriente por el cable crea un campo magnético en el espacio dentro de la bobina; este campo magnético a su vez magnetiza la aguja de la misma forma que un imán permanente magnetiza una limadura de hierro”

En 1825 el inglés William Sturgeon (1783-1850) enrolló 18 espiras de alambre conductor alrededor de una barra de hierro dulce, que dobló para que tuviera la forma de una herradura. Al conectar los extremos del cable a una batería el hierro se magnetizó y pudo levantar un peso que era 20 veces mayor que el propio. Este fue el primer electroimán, es decir, un imán accionado por electricidad.

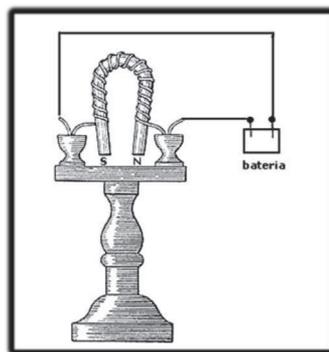


Fig.1.7 Primer electroimán construido por Sturgeon en 1825.

Años después, en 1829, el estadounidense Joseph Henry (1797-1878) construyó una versión mejorada del electroimán. Para ello enrolló en una barra de hierro dulce espiras en forma mucho más apretada y en un número mayor;

de esta manera logró una mayor intensidad magnética. El electroimán se comporta de forma equivalente a un imán permanente, con la ventaja de que su intensidad se puede controlar, ya sea cambiando la corriente que se le hace circular o variando el número de espiras de la bobina. Además, al cesar la corriente, cuando se desconecta la batería, desaparece el efecto magnético.

El descubrimiento de Ampere sentó las bases para la invención de las máquinas eléctricas rotativas y estáticas, como son:

<b>MÁQUINAS ELÉCTRICAS ROTATIVAS</b>
<p><b>MOTORES:</b> Son máquinas que transforman energía eléctrica en energía mecánica. Si se coloca una espira en un campo magnético y se hace pasar una intensidad de corriente a través de ella, el campo ejerce una fuerza sobre los lados de la espira, y estas fuerzas ejercen un momento de fuerzas. La espiral empieza a rotar, por lo que se habrá transformado energía eléctrica en mecánica.</p>
<p><b>GENERADORES:</b> Son máquinas que transforman energía mecánica en energía eléctrica. Mantiene por tanto una diferencia de potencial (voltaje) entre dos puntos denominados polos, por la ley de Faraday, al hacer girar una espira dentro de un campo magnético, se produce una variación del flujo de dicho campo a través de la espira y por lo tanto se genera una corriente eléctrica.</p>
<b>MÁQUINAS ELÉCTRICAS ESTÁTICAS</b>
<p><b>TRANSFORMADORES:</b> Es un dispositivo o máquina que transfiere energía eléctrica de un circuito a otro sin cambio de frecuencia, lo hace bajo el principio de inducción electromagnética. Tiene circuitos eléctricos aislados entre sí que son eslabonados con un circuito magnético común.</p> <p>Al alimentar con <math>V_p</math> (Voltaje primario) por el lado primario se forma un flujo mutuo que circula por el núcleo magnético y eso hace circular una corriente (<math>I</math>) e induce voltaje en la bobina del secundario.</p>
<p><b>AUTOTRANSFORMADORES:</b> Se define al autotransformador como un aparato que funciona en forma semejante al transformador solo que la transferencia de energía se realiza por inducción magnética y conducción eléctrica, debido a que los devanados primario y secundario están unidos eléctricamente.</p>

Tabla 1.1 Tipos de Máquinas Rotativas y Estáticas

## 1.3 INSTALACIONES ELÉCTRICAS BÁSICAS

### 1.3.1 INTRODUCCIÓN

Se entiende por instalación eléctrica al conjunto integrado por canalizaciones, estructuras, conductores, accesorios y dispositivos que permiten el suministro de energía eléctrica desde las centrales generadoras hasta el centro de consumo, para alimentar a las máquinas y aparatos que la demanden para su funcionamiento.

Y que se combinan para el aprovechamiento y utilización de la energía eléctrica en el hogar, comercio e industria.

#### Partes de un circuito eléctrico

Todo circuito eléctrico sin importar que tan simple o que tan complejo sea, requiere 4 partes básicas:

1. Una fuente de energía eléctrica: que puede forzar el flujo de electrones (corriente eléctrica) a fluir a través del circuito.
2. Conductores: que transporten el flujo a través del circuito
3. La carga: que es un dispositivo o dispositivos a los cuales se suministra la energía eléctrica.
4. Dispositivo de control: que permite conectar o desconectar el circuito.

Un diagrama elemental que muestra estos cuatro componentes básicos de un circuito se muestra a continuación:

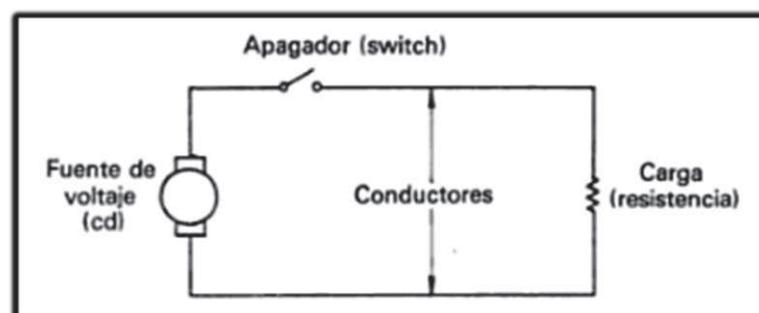


Fig.1.8 Componentes básicos de un circuito

Por lo general los conductores de cobre usados en las instalaciones eléctricas son alambres de cobre; se pueden usar también alambres de aluminio.

La carga puede estar representada por una amplia gama de equipos y dispositivos, como por ejemplo:

<b><u>Resistivos</u></b>	{	Estufas Radiadores Planchas Calentadores de agua o termos Hornos Cocinas Lámparas
<b><u>Inductivos</u></b>	{	Ventiladores Extractores de aire Taladros Pequeñas máquinas-herramientas en general Lavadoras de ropa sin calefactor Centrífugas
<b><u>Resistivo- Inductivos</u></b>	{	Secadores de pelo Secadores de ropa Unidades de aire acondicionado Ventiladores térmicos o turbo-calefactores Lavadoras automáticas de ropa Lavadoras de platos
<b><u>Otros</u></b>	{	Refrigeradores Hornos de microondas Radios Televisores Celulares Computadores, etc...

### 1.3.2 CONEXIONES BASICAS EMPLEADAS EN LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS

A continuación se presenta las conexiones eléctricas más básicas.

#### 1) Punto de luz simple con interruptor.

Instalación de una bombilla que se enciende y apaga con un interruptor. (Ver Fig.1.9)

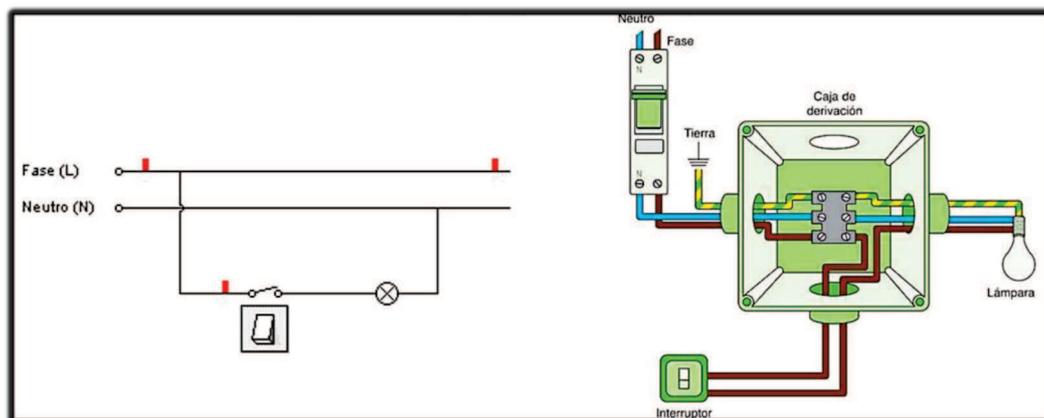


Fig.1.9 (a) Esquema Multifilar, (b) Esquema de Montaje. Punto de luz simple con interruptor.

#### 2) Timbre con pulsador.

Instalación de un timbre actuado por un pulsador (típico de recibidores de viviendas). (Ver Fig.1.10).

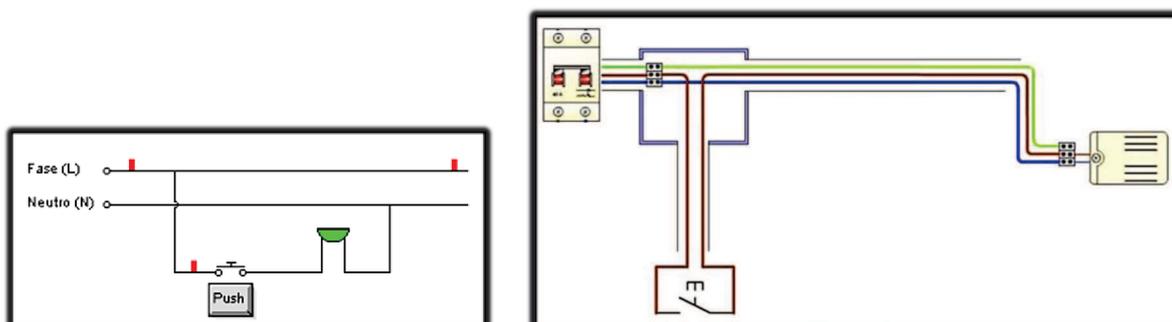


Fig.1.10 (a) Esquema Multifilar, (b) Esquema de Montaje. Timbre con pulsador.

### 3) Punto de luz con 2 interruptores conmutados.

Se trata de una bombilla, que se puede encender y apagar desde dos interruptores indistintamente. Es un circuito típico en los pasillos de las viviendas, dormitorios, etc. (Ver Fig.1.11).

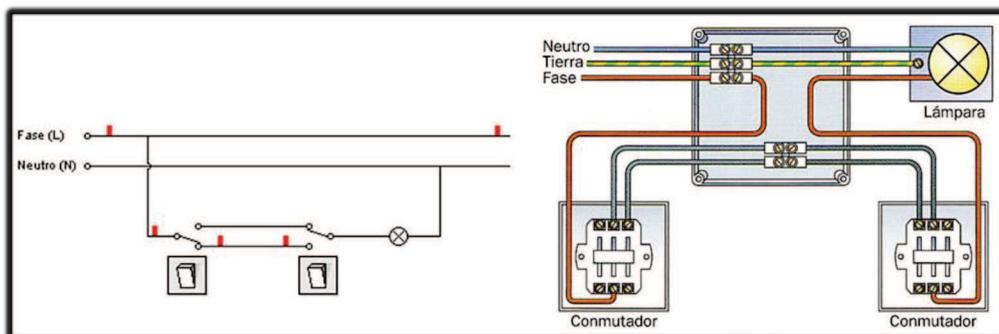


Fig.1.11 (a) Esquema Multifilar, (b) Esquema de Montaje. Punto de luz con 2 interruptores conmutados.

### 4) Punto de luz con conmutada de cruce.

El circuito consiste en una bombilla que se puede encender y apagar indistintamente desde 3 puntos en localizaciones diferentes. Para montar este circuito, hace falta un conmutador de cruce. (Ver Fig.1.12).

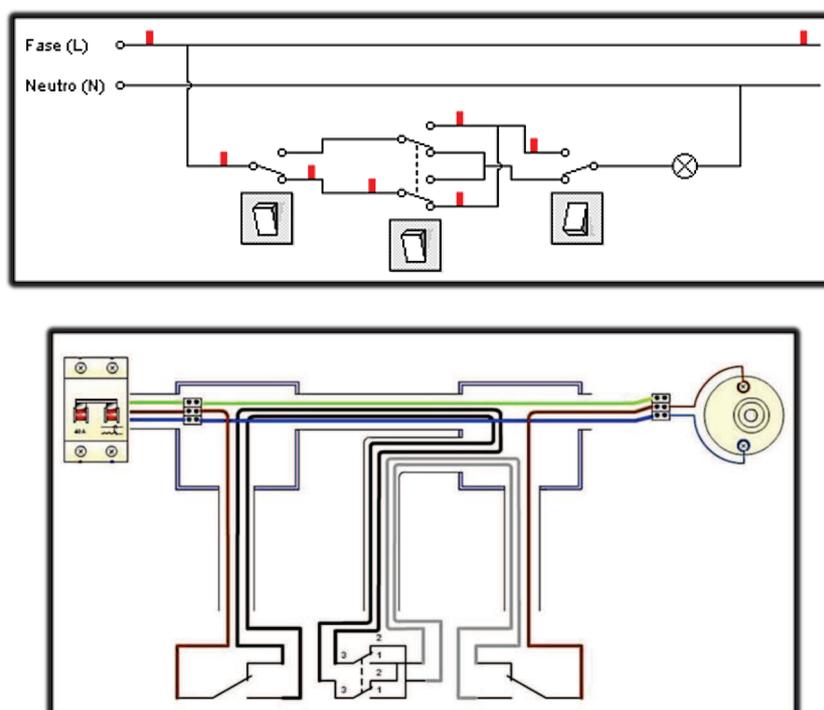


Fig.1.12 (a) Esquema Multifilar, (b) Esquema de Montaje. Punto de luz con conmutada de cruce.

## 5) Tomas de corriente.

Instalación eléctrica para alimentar tomas de corriente, a las cuales se podrá enchufar cualquier aparato eléctrico. (Ver Fig.1.13).

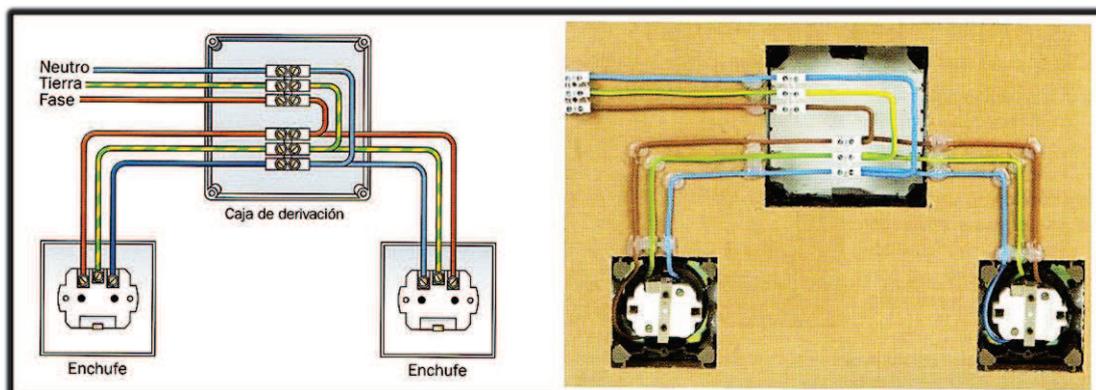


Fig.1.13 (a) Esquema Multifilar, (b) Esquema de Montaje. Tomas de corriente.

## 6) Circuitos en conexión serie

En este tipo de circuito se le llama así porque la corriente eléctrica dispone de un solo camino para circular, y si éste camino se interrumpe la corriente no puede circular y se apaga el sistema. (Ver Fig.1.14).

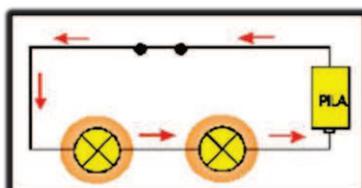


Fig.1.14 Circuito en Serie.

## 7) Circuitos en conexión paralelo

Se llama conexión en paralelo a aquella donde la corriente dispone de dos o más caminos para circular, y si uno de ellos se interrumpe no se verá afectado el funcionamiento de los demás. (Ver Fig.1.15).

El voltaje en cada uno de los elementos en paralelo es igual al voltaje de la fuente de alimentación, lo que varia es la cantidad de corriente y esta depende de la resistencia que presenta cada camino.

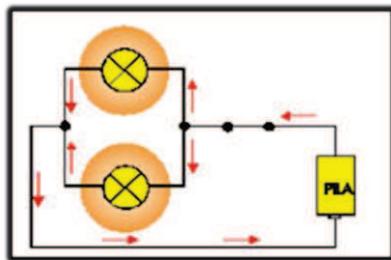


Fig.1.15 Circuito en Paralelo.

## 8) Circuitos en serie y paralelo

Los dispositivos de control también se pueden conectar en serie y paralelo. Si se interrumpe en algún punto del circuito en serie este no funciona y en paralelo si se desconecta un dispositivo las demás siguen funcionando.

### 1.4 MATERIALES PARA ACOMETIDAS AEREAS Y SUBTERRANEAS DE BT

#### 1.4.1 INTRODUCCIÓN

Se entiende por acometida, la parte de la instalación eléctrica que se construye desde las redes públicas de distribución hasta las instalaciones del usuario.

Los conductores de la acometida deberán ser continuos, desde el punto de conexión de la red hasta los bornes de la entrada del equipo de medida.

No es aceptable empalmes, ni derivaciones, en ningún tramo de la acometida de acuerdo a las Normas NEC. En la caja o armario de medidores deberá reservarse en su extremo una longitud del conductor de la acometida suficiente que permita una fácil conexión al equipo de medida, además en caso de recalentamiento del conductor se dispone de longitud de cable para la reparación.

#### 1.4.2 TIPOS DE ACOMETIDAS

Atendiendo a su trazado, al sistema de instalación y a las características de la red, las acometidas pueden ser:

TIPO	SISTEMA DE INSTALACIÓN
Aéreas	Posada sobre fachada
	Tensada sobre poste
Subterráneas	Con entrada y salida
	En derivación
Mixtas	Aero-Subterráneas

Tabla 1.2 Tipo de acometida en función del sistema de instalación

## ACOMETIDA AÉREA

Se considerará acometida aérea a los conductores que van en forma aérea desde las redes de distribución hasta un inmueble, en el cual se ha instalado una caja para medidor(es).

Las acometidas de baja tensión podrán ser aéreas hasta cargas iguales a 35 kW y no deberá sobrepasar el valor del 1 % de regulación de tensión, cuando está conectada a la red de distribución de bajo voltaje.

Cuando la acometida es exclusiva desde el transformador de distribución a los consumidores, el calibre de los conductores deberá ser tal que la regulación no supere el 3 % en la zona urbana y del 7 % en las redes veredales rurales.

La llegada de la acometida a los inmuebles se deberá realizar de acuerdo con las normas AE 219, AE 220, AE 220-1 y AE 220-2.

Los conductores de la acometida a un inmueble, no deberán pasar por el interior ni por encima de otro predio o inmueble, se debe llevar por la vía pública hasta la entrada del inmueble.

## ACOMETIDA SUBTERRANEA

Las acometidas subterráneas se exigen cuando las redes de distribución son subterráneas, así como en aquellos sitios donde la conformación urbanística no permita construcción de redes aéreas de acuerdo con los mandatos establecidos. En la actualidad se está poniendo en práctica el soterramiento de las líneas eléctricas, así como las acometidas, con el objeto de mejorar el

paisaje circundante y obtener seguridad para las personas que conviven cerca a las líneas eléctricas.

También se exigen acometidas subterráneas para cargas mayores de 35 kW y menores de 225 kW, en este caso la acometida subterránea deberá ser exclusiva a partir del transformador de la red de distribución y el calibre de los conductores deberá ser tal que la regulación de tensión no supere el 3%.

#### **1.4.3 ALTURA MÍNIMA DE SEGURIDAD DE ACOMETIDAS A NIVEL DE PISO**

Las alturas mínimas para las instalaciones de acometidas sobre el nivel de piso son:

- En puntos de retención o hasta la parte inferior de la curva de goteo: 3 m.
- En vías residenciales y comerciales sin tráfico de vehículos de carga: 3.6 m.
- En vías con tráfico pesado: 5.5 m.
- Separación horizontal de las acometidas respecto a las ventanas, puertas, salidas de emergencia o sitios de tránsito: 1 m.

Para la ubicación de las cajas de medidores, se tomará como altura de referencia entre 1,5 y 1,7 m para el visor del medidor más alto. Si la parte inferior de la caja queda ubicada a una altura menor a 80 cm, se podrá adicionar una reja metálica frontal para protección contra impacto.

#### **1.4.4 MATERIALES PARA ACOMETIDAS AEREAS Y SUBTERRANEAS.**

La acometida está conformada por los siguientes componentes:

- a) Punto de alimentación
- b) Conductores eléctricos
- c) Soporte de la acometida
- d) Tablero general de acometidas

- e) Interruptor general
- f) Armario de medidores
- g) Tubos y conductos para instalaciones de cables
- h) Elementos de sujeción, amarre y suspensión
- i) Ductos
- j) Pozos de revisión

Los mismos se describen a continuación:

#### **a) PUNTO DE ALIMENTACIÓN**

Es el punto de conexión que provee la empresa suministradora de energía eléctrica.

#### **b) CONDUCTORES ELÉCTRICOS**

##### **Conductores eléctricos para acometidas aéreas**

Los conductores tendrán suficiente capacidad de conducción de corriente para transportar la corriente eléctrica de la carga alimentada y además deben soportar las tensiones mecánicas requeridas en la instalación aérea.

Los conductores para acometidas aéreas son de cobre aislados desde calibre N 8 AWG (8,36 mm<sup>2</sup>) hasta N 4 AWG (21,15 mm<sup>2</sup>) si son de cobre o 13,3mm<sup>2</sup> (6 AWG) si son de aluminio. En casos especiales, donde se requiera un calibre mayor para garantizar los niveles de regulación, se permitirá utilizar calibre N° 2 AWG (33,62 mm<sup>2</sup>).

La forma de conexión de los conductores de la acometida a la red de distribución deberá hacerse teniendo en cuenta el calibre y el material, usando conectores apropiados de acuerdo con las normas para las conexiones aluminio - cobre o cobre - cobre.

Un conductor de neutro debe tener un calibre nominal que considere si el tipo de carga es lineal o no lineal y el número de fases de la acometida y lo que establezca la empresa eléctrica suministradora local en cuanto al máximo desequilibrio y contenido armónico permitido en un sistema.

Si se trata de una instalación en tubería metálica el número máximo de conductores debe estar basado en que la suma de áreas de los conductores no exceda del 40% de la sección útil de la tubería.

Para la selección de la tubería se debe consultar las respectivas tablas con el objeto de cumplir la norma correspondiente. **(VER ANEXO 1).**

Está permitido que el conductor de neutro de una acometida sea desnudo, especialmente en las áreas rurales.

 Calibre AWG	Diámetro ext. del conductor [mm]	Capacidad de corriente [A]		Constante regulación [% / kVA-m] 120 V 1f, 2 hilos
		Al aire (1)	En ducto (2)	
2x8	9,56	43	38	0,0292502
2x6	11,29	58	52	0,01836601
2x4	13,02	79	71	0,01145242

Tabla 1.3 Conductores de acometida monofásica en AWG

 Calibre AWG	Diámetro ext. del conductor ancho x alto [mm]	Capacidad de corriente [A]		Constante regulación [% / kVA-m] 208 V 2f, 3 hilos
		Al aire (1)	En ducto (2)	
2x8+8	16x10	43	38	0,00536
2x6+6	18,2x11,3	58	52	0,00339
2x4+6	21,6x13,5	79	71	0,00215
2x4+4	22x13,8	79	71	0,00215

Tabla 1.4 Conductores para acometida bifásica en AWG

 Calibre AWG	Diámetro ext. del conductor [mm]	Capacidad de corriente [A]		Constante regulación [% / kVA-m] 208/120 V 3f, 4 hilos
		Al aire (1)	En ducto (2)	
3x8+10	16,58	57	53	0,00501
3x6+8	18,95	77	69	0,00319
3x4+6	23,28	100	91	0,00204

Tabla 1.5 Conductores para acometida trifásica en AWG

Los cables concéntricos están conformados por uno o dos conductores de cobre, aislados con polietileno (PE) para conductores en AWG y rodeados concéntricamente por un conjunto de hilos de cobre desnudo, dispuestos en forma helicoidal y una cubierta de Cloruro de Polivinilo 75 °C (PVC), color negro resistente a la acción de la intemperie.

Los cables trifásicos tetrafilares están conformados por cuatro conductores de cobre, aislados con polietileno (PE), dispuestos en forma helicoidal y una cubierta de Cloruro de Polivinilo (PVC), de color negro resistente a la acción de la intemperie.

### Conductores eléctricos para acometidas subterráneas

Los conductores de acometidas subterráneas deben soportar las condiciones atmosféricas y otras circunstancias de uso, sin que se produzca fugas de corriente eléctrica perjudiciales.

Los conductores de acometida subterránea deben tener aislamiento para la tensión eléctrica aplicada, por tal razón los conductores de acometida subterránea deben ser aislados., con doble capa aislante, como por ejemplo: conductores con denominación TTU.

Los conductores de los cables utilizados en las líneas subterráneas serán de cobre o de aluminio y estarán aislados con mezclas apropiadas de compuestos poliméricos. Estarán además debidamente protegidos contra la corrosión que

pueda provocar el terreno donde se instalen y tendrán la resistencia mecánica suficiente para soportar los esfuerzos a que puedan estar sometidos.

Los conductores a utilizar en las redes subterráneas de Bajo Voltaje (BV) serán unipolares de Aluminio homogéneo, tipo RV, tensión nominal 0,6/1 KV, con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) y cubierta de PVC.

En líneas subterráneas BT con tendidos largos, ejecutadas por terceros y sin previsión de futuras derivaciones, red o acometidas, también podrán utilizarse conductores trenzados en haz, tipo RVS, de las mismas características técnicas.

En zonas húmedas, en las que el nivel freático sobrepase temporal o permanentemente el nivel del lecho de la zanja, deberán utilizarse cables especiales resistentes al agua.

Los conductores podrán ser de sección 50, 95, 150 y 240 mm<sup>2</sup>; en cada aplicación se utilizará la sección adecuada a las intensidades y caídas de tensión previstas. Para el neutro se utilizará dentro de estas secciones, como mínimo, la sección inmediatamente inferior a la de fase. El conductor de 50 mm<sup>2</sup> podrá ser utilizado exclusivamente para el neutro.

Las características principales se indican en la Tabla 1.6.

Conductor	Intensidad máxima admisible a 25 °C		Intensidad 40 °C	Resistencia $\Omega$ /km	Reactancia $\Omega$ /km
	Enterrado	Bajo tubo	Al aire	a 25 °C	a 25 °C
3x1x95+1x50 Al	260	208	220	0,32	0,08
3x1x150+1x95 Al	330	264	300	0,21	0,08
3x1x240+1x150 Al	430	344	420	0,13	0,08

Tabla 1.6 Características principales de cables tipo RV de BT

Los cables podrán ser de uno o más conductores y de tensión asignada no inferior a 0,6/1 KV, y deberán cumplir los requisitos especificados en la parte correspondiente de la Norma UNE-HD 603 (Cables de distribución de tensión asignada 0,6/1 KV).

La sección de estos conductores será la adecuada a las intensidades y caídas de tensión previstas y, en todo caso, esta sección no será inferior a 6 mm<sup>2</sup> para conductores de cobre y a 16 mm<sup>2</sup> para los de aluminio.

Dependiendo del número de conductores con que se haga la distribución, la sección mínima del conductor neutro será:

a) Con dos o tres conductores: Igual a la de los conductores de fase.

b) Con cuatro conductores, la sección del neutro será como mínimo la de la (Tabla 1.7)<sup>1</sup>

Conductores fase (mm <sup>2</sup> )	Sección neutro (mm <sup>2</sup> )
6 (Cu)	6
10 (Cu)	10
16 (Cu)	10
16 (Al)	16
25	16
35	16
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

Tabla 1.7 Sección mínima del conductor neutro en función del número de conductores

La profundidad hasta la parte inferior del cable no será menor de 0,60 m en acera ni de 0,80 m en calzada.

Cuando exista algún tipo de impedimentos que no permita las profundidades mencionadas éstas podrán reducirse entubando los conductores.

### c) SOPORTE DE LA ACOMETIDA

Es un poste o tubo galvanizado de 51,8 mm de diámetro y 2mm de espesor como mínimo, que sirve para sujetar la acometida a una altura determinada a partir del suelo.

<sup>1</sup><http://www.tuveras.com/reglamentos/rebtic/itc-bt-07.htm>

Los conductores de acometida aérea deberán estar sujetos a un poste de acometida. El calibre mínimo del tubo de acometida debe ser 51,8 mm y terminar en la parte superior con un codo o “reversible” o lo que especifique la empresa eléctrica suministradora local.

Cuando se utilice un tubo como soporte de los conductores de acometida aérea, debe ser de una resistencia adecuada o estar sujeto por abrazaderas o por alambres de retención que soporten con seguridad los esfuerzos que origina el cable de acometida.

#### **d) TABLERO GENERAL DE ACOMETIDAS**

Es aquél al que llega la línea principal y del cual se derivan las líneas seccionales o de circuitos.

El tablero principal deberá instalarse a una distancia del medidor de energía, que será fijada, en cada caso, por acuerdo entre el usuario y el ente encargado de la distribución de energía eléctrica, recomendándose que la misma sea lo más corta posible.

Sobre la acometida de la línea principal en dicho tablero, deberá instalarse un interruptor o breaker, como aparato de maniobra principal.

La protección de cada línea seccional derivada, deberá responder a alguna de las siguientes alternativas:

- a) Interruptor manual y fusibles (en ese orden).
- b) Interruptor automático con apertura por sobrecarga y cortocircuito.

#### **e) INTERRUPTOR GENERAL**

Cualquier edificación servida por una red eléctrica, debe poseer un interruptor general junto al punto en que la línea penetra en el edificio. Este interruptor con sus accesorios, facilita el medio de conectar y desconectar la instalación

entera, de medir la energía y de proteger la instalación contra las sobretensiones y cortocircuitos.

Las funciones de un interruptor son:

### Protección eléctrica

Cuyo objetivo es evitar o limitar las consecuencias destructivas o peligrosas de las corrientes excesivas (cortocircuito) o causadas por sobrecargas y defectos de aislamiento, y separar el circuito defectuoso del resto de la instalación.

### Aislamiento seguro de las piezas que se encuentran con voltaje.

El objetivo del aislamiento es separar un circuito o un aparato, o un elemento de la planta (como por ejemplo un motor), del resto de un sistema que se encuentra energizado con el fin de que, el personal pueda realizar con total seguridad trabajos en la parte aislada. En principio, todos los circuitos de una instalación de bajo voltaje deben disponer de medios de aislamiento. En la práctica, y con el fin de mantener una continuidad óptima del servicio, es preferible proporcionar un medio de aislamiento en el origen de cada circuito.

### Conmutación local o remota

En términos generales, por “control” se entiende cualquier medio que permita modificar de forma segura un sistema de alimentación con carga a todos los niveles de una instalación.

En la Tabla 1.8 se puede apreciar las funciones de los interruptores.

Protección eléctrica contra	Aislamiento	Control
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Corrientes de sobrecarga</li> <li>■ Corrientes de cortocircuito</li> <li>■ Defecto de aislamiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Aislamiento indicado claramente por un indicador mecánico seguro autorizado</li> <li>■ Una separación o una barrera aislante interpuesta entre los contactos abiertos, claramente visible</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Conmutación funcional</li> <li>■ Conmutación de emergencia</li> <li>■ Parada de emergencia</li> <li>■ Apagado para la realización de tareas de mantenimiento mecánico</li> </ul>

Tabla 1.8 Funciones básicas de los interruptores de baja tensión

#### **f) ARMARIO DE MEDIDORES**

Son cajas que brindan seguridad al equipo de medición, con un sistema blindado que no permite el acceso al medidor, tiene incorporada la protección para el equipo de medición (interruptores termo magnéticos), pueden ser de construcción plástica (polipropileno) o metálica con pintura electrostática.

La caja de protección de medidores es parte del sistema de medición, siendo responsabilidad de la empresa la instalación de la misma. Se considera como opción las cajas metálicas para domicilios que dispongan medidores existentes, siempre y cuando cumplan las normativas vigentes en lo que respecta a ubicación y altura.

La caja Porta-Medidores deberá estar ubicada en un lugar de fácil y libre acceso para el personal encargado de su control y de la lectura de los medidores allí instalados y lo más cerca posible del punto de conexión al sistema de distribución. La caja Porta-Medidores se instalará en el exterior del local, vivienda o inmueble en general a una altura aproximada de 1,5 m medidos desde el piso hasta la parte inferior de la caja.

#### **g) TUBOS Y CONDUCTOS PARA INSTALACIONES DE CABLES**

Con el fin de proteger el aislamiento de las causas mecánicas de deterioro y evitar el riesgo de fuego, el NEC prescribe que todos los conductores queden encerrados en una envolvente metálica u otra protección adecuada. En la construcción generalmente se utilizan tubos rígidos o flexibles.

La gran mayoría de las instalaciones eléctricas emplean los tubos rígidos de acero. Estos tubos pueden ser instalados en el interior o en el exterior de los muros o pueden quedar sujetos a un perfil laminado, en vigas y columnas o empotrado en losas, columnas o vigas de hormigón.

#### **h) ELEMENTOS DE SUJECIÓN, AMARRE Y SUSPENSIÓN**

Para la sujeción de los conductores en las acometidas aéreas trenzadas en haz de BT se utilizarán herrajes y accesorios que deberán estar debidamente

protegidos contra la corrosión y el envejecimiento, y resistirán los esfuerzos mecánicos a que puedan estar sometidos, con un coeficiente de seguridad no inferior al que corresponda al dispositivo de anclaje donde estén instalados.

Los materiales de sujeción de los conductores son distintos en función de que las líneas sean instaladas sobre fachada o tensadas sobre apoyos.

## **i) DUCTOS**

### **Ductos para acometida aérea**

El ducto de la acometida aérea se iniciará en la capaceta donde los conductores entran al inmueble y llegará hasta la caja de medidores. El ducto de la acometida aérea deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- Ser hermético.
- Calibre mínimo  $\frac{3}{4}$ " en tubo metálico galvanizado tipo IMC o Rígido, para instalación empotrado hasta la caja del medidor.
- No podrá tener derivaciones ni perforaciones desde el inicio hasta la caja del medidor o armario de medidores.
- Deberá estar incrustado en los muros, con excepción de las paredes prefabricadas donde podrán ir superpuestos a partir del punto de entrada del tubo a la edificación.

### **Ductos para acometida subterránea**

Se aceptan para los ductos de acometidas de bajo voltaje desde la red subterránea, cualquiera de los materiales que se anotan a continuación:

- a) Hierro galvanizado
- b) PVC del tipo reforzado o duro
- c) Polietileno (manguera reforzada)
- d) Tubos Conduit

En cualquier caso, el diámetro del ducto será de 51,8 mm como mínimo. En caso de utilizarse tubo de hierro galvanizado se deberá poner codo eléctrico para permitir la curvatura suave por donde pasará el cable de la acometida.

Para facilitar la instalación de la acometida subterránea, el ducto irá en una sola pieza continua desde la caja de medidores hasta la red de baja tensión que pasa por la vereda, siempre y cuando la distancia no sea mayor a 10 m.

Para distancias de máximo 10 m no hace falta que se construya el pozo de revisión en la parte inferior del tablero o caja, sin embargo la acometida bajará desde esta caja en forma perpendicular hasta el piso, punto desde el cual haciendo una curvatura suave (aproximadamente 45°), se dirigirá hacia la red de baja tensión. El propósito es que al pasar el cable no se encuentre interrupciones por uniones de ductos y/o por ángulos pronunciados.

#### **j) POZOS DE REVISIÓN**

Es una caja construida en el piso con paredes de mampostería enlucidas, u hormigón con fondo de suelo natural y tapa de hormigón armado con cerco metálico. La función del pozo de revisión es facilitar el tendido del cable y reemplaza a los codos o curvas que hubiere en el trayecto desde las redes de distribución hasta el sitio que solicita el servicio. Las tapas de los pozos deberán contar con señalización según los requerimientos de la empresa suministradora local.

Los pozos tendrán las siguientes dimensiones

<b>Clase de red</b>	<b>Cruce de vía</b>	<b>Otros sitios</b>
Medio voltaje	80 x 80 x 125 cm	80 x 80 x 90 cm
Bajo voltaje	60 x 60 x 125 cm	60 x 60 x 80 cm

Tabla1.9 Dimensiones para pozos de revisión

## **CAPITULO II**

### **CENTROS DE CARGA**

#### **2.1 INTRODUCCIÓN**

Para incrementar el nivel de competitividad y cumplir con las exigentes necesidades del mercado actual, se logra únicamente a través del aumento en la eficiencia de los procesos de producción. En toda instalación industrial o comercial el uso de la energía eléctrica es indispensable. La continuidad de servicio y la calidad de la energía consumida por los diferentes equipos, así como la requerida para la iluminación, son necesarias para lograr mayor productividad.

Un Centro de Carga es el lugar desde donde se alimenta a todas las cargas de una Instalación Eléctrica, sea residencial, comercial o de cualquier tipo, también llamado tablero de distribución o tablero eléctrico.

#### **2.2 CENTRO DE CARGA**

El centro de Carga o tablero eléctrico es una caja o gabinete que contiene los dispositivos de conexión, maniobra, comando, medición, protección, alarma y señalización, con sus cubiertas y soportes correspondientes, para cumplir una función específica dentro de un sistema eléctrico. La fabricación o ensamblaje de un tablero eléctrico debe cumplir criterios de diseño y normativas que permitan su funcionamiento correcto una vez energizado, garantizando la seguridad de los operarios y de las instalaciones en las cuales se encuentran ubicados. Los equipos de protección y de control, así como los instrumentos de medición, se instalan por lo general en tableros eléctricos, teniendo una referencia de conexión estos pueden ser.

- Diagrama Unifilar
- Diagrama de Control
- Diagrama de interconexión

## 2.3 PARTES COMPONENTES DE LOS TABLEROS ELECTRICOS

Los tableros son equipos eléctricos de una instalación, que concentran los dispositivos de protección y de maniobra o comando, desde los cuales se puede proteger y operar toda la instalación o parte de ella y deben proveer un alto nivel de seguridad y confiabilidad en la protección de personas e instalaciones.

Un tablero eléctrico esta compuesto fundamentalmente por dos partes:

### 2.3.1 GABINETES

El gabinete propiamente dicho o estructura, puertas, sistemas de cierre, bisagras y la placa de montaje. Sobre esta última se montan los elementos componentes del tablero tales como el medidor de la energía eléctrica, los interruptores, los fusibles, etc...

Las cajas y gabinetes metálicos podrán estar constituidos por láminas de hierro o acero plegadas y soldadas las que le darán forma y rigidez mecánica. Los armarios metálicos se estructurarán sobre bastidores de perfiles de resistencia mecánica adecuada a las exigencias del montaje y se cerrarán con placas plegadas las que formarán sus cubiertas y puertas. Será recomendable la construcción modular de estos contenedores de modo de poder construir tableros de gran tamaño mediante el montaje de grupos de estos módulos.

Las láminas de hierro o acero que se utilicen en la construcción de cajas, gabinetes o armarios tendrán espesores mínimos de acuerdo a lo indicado en la Tabla 2.1.

Superficie libre [m <sup>2</sup> ]	Espesor de la plancha [mm]
0.25	1.2
0.75	1.5
1	1.8
Sobre 1	2.0

Tabla 2.1 Espesor mínimo de la plancha de acero para cajas, gabinetes o armarios.

### 2.3.2 COMPONENTES

Los componentes de los diferentes tipos de tableros eléctricos están relacionados con la función a la que están destinados, por lo cual la variedad que se puede tener es amplia; los componentes se montan sobre la denominada placa de montaje (Fig.2.1), o bien sobre la o las paredes, nunca sobre los laterales de los mismos.

En lo que se refiere a cómo hacerlo sobre la placa de montaje, existe dos posibilidades: fijando el o los elementos mediante tornillos con tuercas y arandelas (haciendo previas perforaciones a la placa de montaje) o bien sobre un riel tipo DIN, el cual a su vez previamente fijado a la placa de montaje.

Este sistema de riel permite un rápido montaje y desmontaje de los distintos elementos, los cuales ya vienen preparados para disponerlos de esta manera y también para fijar a las placas de montaje.



Fig.2.1 Placa de montaje para componentes.

Los Componentes pueden ser:

- a) Aparatos de maniobra y/o protección.- llaves, interruptores, interruptores automáticos, fusibles, etc...
- b) Aparatos de medición.- medidores de energía eléctrica, amperímetros, voltímetros, transformadores de intensidad, etc...
- c) Barras de cobre

Además pueden poseer también:

- d) Luces Piloto y Pulsadores
- e) Balizas y Columnas Luminosas

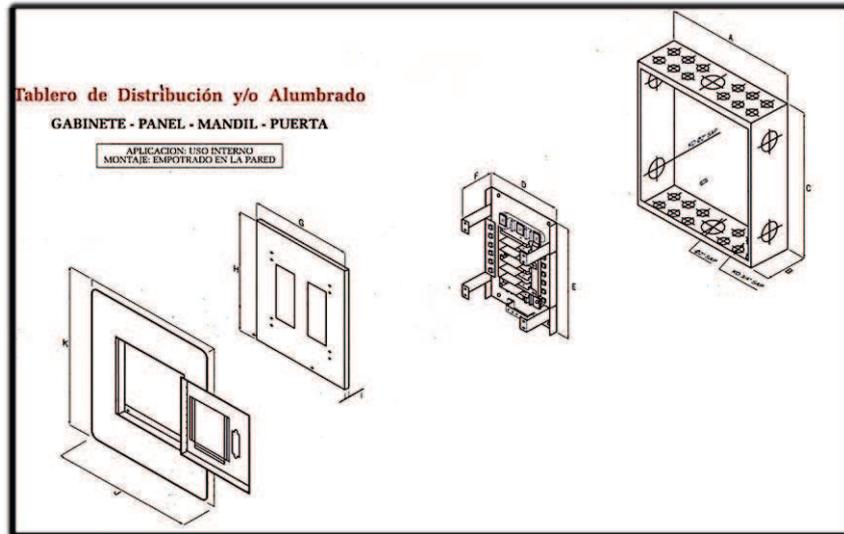


Fig.2.2 Partes componentes de un tablero eléctrico.

**a) Aparatos de maniobra y/o de protección**

Existen diversos modos de protección así como una diversidad de dispositivos.

Producto	Contactor	Arr. suave	Variador de velocidad	Relé de sobrec.	Protección extra	Fusible	Interruptor en carga	Interruptor con fusible	Disyuntor de línea	Disyuntor motor	Arrancador controlador
Función											
Desconexión											
Capacidad de corte											
Protección cortocircuito											
Sobrecarga											
Funciones adicionales											
Commutación (arr.directo, est.tr.)											
Arr. suave											
Variación de veloc.											

Tabla 2. 2 Elección de arrancadores.

## Interruptores termomagnéticos y diferenciales

No olvidarse que tanto el interruptor termomagnético como el interruptor diferencial son complementarios.



Fig.2.3 Interruptores de protección para montaje en Riel Din (De acuerdo a Normas IEC).

### Interruptor termomagnético:

Este interruptor protege al conductor de la instalación de sobrecargas y cortocircuitos.

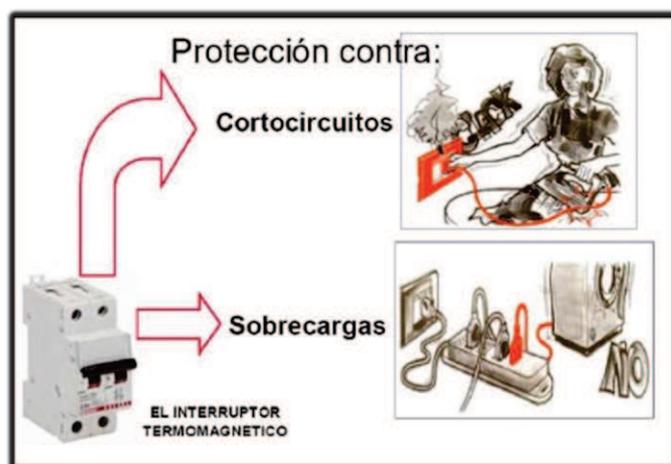


Fig.2.4 Protección del interruptor termomagnético.

### Interruptor diferencial

Este interruptor protege a las personas de posibles electrocuciones y protege a la instalación de daños causados por fugas de corriente o fallas de fase.

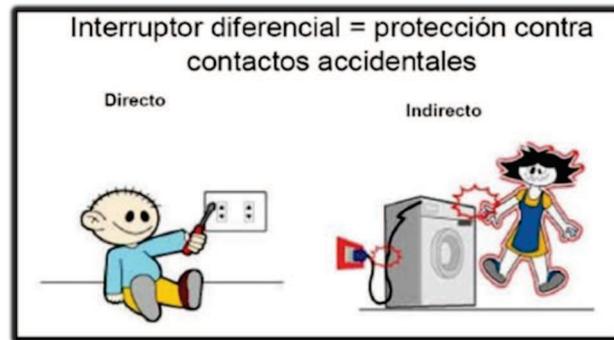


Fig.2.5 Protección del interruptor diferencial.

### b) Aparatos de medición

El proceso de medición requiere de un instrumento como medio físico para determinar la magnitud de una variable. Los instrumentos constituyen una extensión de las facultades humanas y en algunos casos permiten a las personas determinar el valor de una cantidad desconocida la cual no podría determinarse utilizando solamente las facultades sensoriales.

Todos los tableros principales de distribución cuya capacidad sea igual o superior a 200 Amperios deberán llevar instrumentos de medida que indiquen el voltaje y las corrientes sobre cada fase.

Un Voltímetro es un instrumento que sirve para medir la diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito eléctrico cerrado pero a la vez abiertos en los polos de un circuito eléctrico, mientras que el Amperímetro mide la corriente que circula en cada fase y su conexión es en serie. El circuito eléctrico puede ser monofásico o trifásico

### c) Barras de cobre

Las barras a utilizar en los tableros serán de cobre electrolítico de pureza no inferior a 99,9% y de alta conductividad. Serán pintadas y plateadas en todas las superficies de contacto, las cuales soportarán la sollicitación térmica y dinámica originada por las corrientes nominal y cortocircuito. Dichas barras irán montadas sobre aisladores.

Las barras estarán identificadas según la fase a la cual corresponde siendo la secuencia de fases N. R. S. T. de adelante hacia atrás, de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha según corresponda. La sección de las barras de neutro, será como mínimo de un 50 % de la sección de las Barras principales.



Fig.2.6 Barras de Cobre.

#### **d) Luces piloto y pulsadores**

Los pulsadores se usan en mandos generales de arranque y de parada, también en mandos de circuito de seguridad (paro de emergencia).

- Pueden ser metálicos cromados para ambientes de servicio intensivo.
- Totalmente plástico, para ambientes agresivos

Están disponibles con diámetros de 16, 22 y 30 mm (NORMA NEMA)

Todos los tableros principales de distribución deberán llevar luces piloto sobre cada fase para indicación de tablero energizado.

Los tableros principales, auxiliares y aquellos cuyas características de funcionamiento lo exijan deberán llevar luces piloto de indicación del estado de funcionamiento.

NOTA: La norma IEC 60204-1 establece el código de colores para los visualizadores y los pilotos, por ejemplo:

- **Piloto Rojo:** Emergencia – condición peligrosa que requiere una acción inmediata (presión fuera de los límites, sobre recorrido, rotura de acoplamiento, etc...)
- **Piloto amarillo:** Anormal – condición anormal que puede llevar a una situación peligrosa (presión fuera de los límites, activación de una protección, etc...)
- **Piloto blanco:** Neutro – información general (presencia de tensión de red, etc...)
- **Pulsador rojo:** Emergencia – acción en caso de peligro (paro emergencia, etc...)
- **Pulsador amarillo:** Anormal – acción en caso de condiciones anormales (poner de nuevo en marcha un ciclo automático interrumpido, etc...)



Fig.2.7 Diversidad de Luces Piloto y Pulsadores.

### e) Balizas y columnas luminosas

Elementos de visualización óptica que nos indica el estado de un determinado proceso.

- Baliza: consta de un único elemento luminoso.
- Columnas: varios elementos luminosos, a veces con avisador acústico

Según NORMA IEC 60204-1 establece los códigos de colores para las señalizaciones luminosas, correspondientes a los mensajes que deben ser indicados:

- **Rojo:** urgencia (acción inmediata requerida)
- **Amarillo/Naranja:** anomalía (chequeo y/o intervención requerida)
- **Verde:** funcionamiento normal (opcional)
- **Azul:** acción obligatoria (acción del operador requerida)
- **Blanco:** chequeo (opcional)

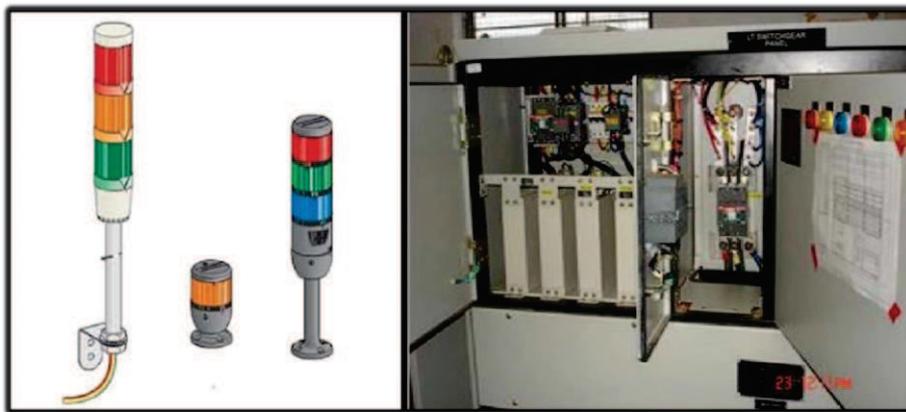


Fig.2.8 Señales luminosas.

## 2.4 DISEÑO DE TABLEROS EN MEDIA TENSIÓN

### 2.4.1 CONSIDERACIONES GENERALES

Para el diseño de tableros de medio voltaje se debe tener en cuenta una serie de consideraciones y normativas, garantizando así la continuidad y protección del tablero así como la de los operadores. En el diseño de tableros se toma en cuenta el costo de los mismos y la inversión necesaria para ello; se desarrolla una metodología, de acuerdo a variables de tipo general, los mismos se enumeran a continuación:

1. Potencia a manejar (robustez)
  - Tensión nominal
  - Corriente nominal
  - Capacidad de Cortocircuito
2. Sistema de Control de los Aparatos

3. Inversión vs. Instalación a maniobrar y proteger
4. Política de Mantenimiento
  - Correctivo
  - Preventivo
5. Seguridad de Instalaciones y Operarios
6. Facilidad de Expansión

## **2.4.2 TIPOS DE ENSAYOS EN TABLEROS**

Certificados por laboratorios externos:

- Ensayos dieléctricos
  - Frecuencia Industrial
  - Nivel Básico de Aislamiento o Impulso Eléctrico
- Ensayos térmicos
  - Aumento de temperatura
- Ensayos de Cortocircuito
  - Poder de corte
  - Poder de cierre
- Grado de protección
- Maniobras mecánicas

## **2.5 NORMAS QUE RIGEN LOS CENTROS DE CARGA**

### **2.5.1 INTRODUCCIÓN**

Las normas industriales para gabinetes eléctricos existen para promover la seguridad, alentar la eficiencia en el diseño y definir los niveles mínimos de rendimiento del producto. Por estos motivos, en las industrias eléctricas de Europa y Norteamérica se hacen cumplir varias normas. En el mercado mundial, es posible que se sigan estas u otras normas o que no haya normas en absoluto, lo que puede conducir a amplias variaciones en el rendimiento y el precio de los productos.

En muchos casos, el cliente final no sabe de las normas o no las entiende claramente y, por lo tanto, no insiste en que sus proveedores proporcionen productos que cumplan con ellas. El enfoque exclusivo en precios bajos sin

entender por completo ni exigir normas industriales puede verse como un costo inicial bajo del producto, pero podría finalmente conducir a altos costos de mantenimiento, falla del producto y en el peor de los casos, problemas de seguridad de los trabajadores.

Las tres normas con mayor reconocimiento mundial para los gabinetes son:

- IEC 60529; (International Electrotechnical Commission)
- UL 50, 50E; (Underwriters Laboratories)
- NEMA 250; (National Electrical Manufacturer's Association)

### **2.5.2 NORMA 60529 (IEC)**

La ICE es la organización líder en el mundo que elabora y publica normas internacionales para todas las tecnologías eléctricas, electrónicas y afines, lo que se llama colectivamente electrotecnología.

La norma IEC 60529 incluye una lista de códigos, llamados números característicos (Characteristic Numerals), que se usan para identificar niveles de protección contra el ingreso de agentes nocivos que pueden dañar los elementos.

Normalmente conocida como la Protección IP, estos códigos reflejan la capacidad del gabinete eléctrico de proteger contra el acceso a partes electrificadas por parte de personas, herramientas, humedad, polvo o suciedad.

### **2.5.3 NORMAS (UL) 50, 50E**

Underwriters Laboratories® es una organización de certificación independiente de seguridad de productos que ha probado productos y escrito normas de seguridad durante más de un siglo. UL evalúa anualmente más de 19,000 tipos de productos, componentes, materiales y sistemas, y más de 21 mil millones de marcas de UL aparecen anualmente en los productos de 72,000 fabricantes.

Las normas UL 50, 50E se basan en las normas NEMA 250. Mientras que se ocupan de muchos de los mismos puntos, NEMA simplemente indica la

intención del diseño pero no exige el cumplimiento a través de las pruebas de un tercero y visitas de cumplimiento en el sitio.

Se puede construir un producto de acuerdo a las normas NEMA, pero el cumplimiento del rendimiento real está a discreción del fabricante. Sin embargo la certificación UL es una confirmación formal de que se ha cumplido con la construcción y el rendimiento exigidos después de que se hayan efectuado análisis y pruebas. Resumiendo, ambas, NEMA y UL definen normas, pero sólo UL hace cumplir sus normas mediante pruebas y la inspección de terceros.

#### **2.5.4 LA NORMA 250 (NEMA)**

NEMA promueve la competitividad de todos los productos de la industria eléctrica de los EE.UU. a través del desarrollo, la defensa en las legislaturas federal y estatal y las agencias ejecutivas, y la recolección y el análisis de datos económicos.

Similar a la IEC 60529, la norma NEMA 250 cubre gabinetes para equipo eléctrico. Igual que la IEC 60529, NEMA 250 se ocupa de la protección contra el ingreso, pero difiere en que también se ocupa de las especificaciones que detallan los criterios mínimos de la construcción, el rendimiento, de pruebas, la resistencia a la corrosión y mucho más. Aun cuando su comienzo está basado en los Estados Unidos, NEMA es una organización global que trabaja para promover las normas eléctricas en todo el mundo.

#### **2.5.5 PUNTOS PRINCIPALES DE LOS QUE SE OCUPAN LAS NORMAS**

Para estandarizar el rendimiento de los gabinetes, las organizaciones que incluyen a IEC, NEMA y UL ofrecen sistemas de calificación para identificar la capacidad de un gabinete para resistir influencias ambientales, desde líquidos que gotean a la infiltración de polvo y la inmersión completa. El objetivo de la calificación de las tres organizaciones es ayudar a los usuarios finales a hacer una selección apropiada e informada de gabinetes que cumplan con las exigencias específicas de su aplicación.

Se califica los gabinetes eléctricos por Tipo (NEMA y UL) y/o calificación IP (IEC) de acuerdo al grado de protección proporcionado. Las calificaciones de Tipo IP cubren:

**El grado de protección humana** contra componentes peligrosos dentro del gabinete.

**El grado de protección para el equipo** adentro del gabinete contra el ingreso de cuerpos extraños sólidos incluido el polvo.

**El grado de protección para el equipo** adentro del gabinete contra el ingreso de agua.

Estas tres normas principales tienen similitudes y diferencias en sus criterios de rendimiento, influencia en los elementos del diseño de un gabinete, requisitos de pruebas y métodos de cumplimiento.

La tabla 2.3 a continuación indica los puntos principales tratados por cada una de las normas. Los tres se ocupan de la protección contra el ingreso, sin embargo NEMA 250 y UL 50, 50E también definen los requisitos mínimos para el diseño de los gabinetes.

Norma	Puntos principales de los que se ocupa
IEC 60529	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nivel de protección contra el ingreso de elementos sólidos y líquidos</li> </ul>
NEMA 250	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nivel de protección contra el ingreso de elementos sólidos y líquidos</li> <li>• Requisitos mínimos para el diseño de gabinetes</li> </ul>
UL 50, 50E	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nivel de protección contra el ingreso de elementos sólidos y líquidos</li> <li>• Requisitos mínimos para el diseño de gabinetes</li> </ul>

Tabla 2.3 Puntos principales de los que se ocupan las normas IEC 60529, NEMA 250 y UL 50, 50E

## 2.5.6 PROTECCION CONTRA INGRESO DE CUERPOS EXTRAÑOS A TABLEROS

Si bien las tres normas se ocupan del ingreso, no lo definen de la misma manera. A continuación, como se define en UL 50, 50E y NEMA 250.

NEMA		Calificación de Gabinetes	UL		
Sólidos	Líquidos		Sólidos	Líquidos	
INTERIORES	Proporciona un grado de protección contra el acceso a piezas peligrosas y contra el ingreso de objetos extraños sólidos (suciedad que cae)	Sin protección	Tipo 1	Proporciona un grado de protección contra el contacto incidental (menor) y suciedad que cae	Sin protección
	Proporciona un grado de protección contra el acceso a piezas peligrosas y contra el ingreso de objetos extraños sólidos (suciedad que cae)	Proporciona un grado de protección contra el ingreso de agua (goteo y salpicaduras ligeras)	Tipo 2	Proporciona un grado de protección contra el contacto incidental (menor) y suciedad que cae	Proporciona un grado de protección contra goteos y salpicaduras ligeras de líquidos no corrosivos
	Proporciona un grado de protección contra el acceso a piezas peligrosas y contra el ingreso de objetos extraños sólidos (suciedad que cae y asentamiento de polvo, pelusa, fibras y contaminantes aéreos)	Proporciona un grado de protección contra el ingreso de agua (goteo y salpicaduras ligeras)	Tipo 5	Proporciona un grado de protección contra el contacto incidental (menor) y suciedad que cae, asentamiento de polvo, pelusa, fibras y contaminantes en el aire	Proporciona un grado de protección contra goteo y salpicaduras ligeras de líquidos no corrosivos
	Proporciona un grado de protección contra el acceso a piezas peligrosas y el ingreso de objetos extraños sólidos (suciedad que cae y polvo, pelusa, fibras y contaminantes circulantes)	Proporciona protección contra el ingreso de agua (goteo y salpicaduras ligeras) y salpicaduras ligeras o filtración de aceite y refrigerantes no corrosivos	Tipo 12	Proporciona un grado de protección contra el contacto incidental (menor) y suciedad que cae, polvo, pelusa, fibras y contaminantes circulantes	Proporciona un grado de protección contra goteo y salpicaduras ligeras de líquidos no corrosivos; y contra salpicaduras ligeras y filtración resultante de aceite y refrigerantes no corrosivos.
	Proporciona un grado de protección contra el acceso a piezas peligrosas y el ingreso de objetos extraños sólidos (suciedad que cae y polvo, pelusa, fibras y contaminantes circulantes)	Proporciona protección contra el ingreso de agua (goteo o salpicaduras ligeras) y rocío, salpicaduras y filtración de aceite y refrigerantes no corrosivos	Tipo 13	Proporciona un grado de protección contra el contacto incidental (menor) y la caída de suciedad, polvo, pelusa, fibras y contaminantes circulantes	Proporciona un grado de protección contra rocío, salpicaduras y filtración de agua, aceite y refrigerantes no corrosivos.
INTERIORES O AL AIRE LIBRE	Proporciona un grado de protección contra el acceso a piezas peligrosas y el ingreso de objetos extraños sólidos (suciedad que cae y polvo soplado por el viento)	Proporciona un grado de protección contra el ingreso de agua (lluvia, aguanieve o nieve llevada por el viento)	Tipo 3	Proporciona un grado de protección contra el contacto incidental (menor), suciedad que cae y polvo soplado por el viento	Proporciona un grado de protección contra lluvia, aguanieve y nieve
	Proporciona un grado de protección contra el acceso a piezas peligrosas y el ingreso de objetos extraños sólidos (suciedad que cae)	Proporciona un grado de protección contra el ingreso de agua (caída de lluvia, aguanieve o nieve)	Tipo 3R	Proporciona un grado de protección contra el contacto incidental (menor) y suciedad que cae	Proporciona un grado de protección contra lluvia, aguanieve y nieve
	Proporciona un grado de protección contra el acceso a piezas peligrosas y el ingreso de objetos extraños sólidos (suciedad que cae y polvo soplado por el viento)	Proporciona un grado de protección contra el ingreso de agua (lluvia, aguanieve, salpicadura de agua y agua dirigida con manguera)	Tipo 4	Proporciona un grado de protección contra el contacto incidental (menor), suciedad que cae y polvo soplado por el viento	Proporciona un grado de protección contra lluvia, aguanieve, nieve, salpicadura de agua y agua dirigida con manguera
	Proporciona un grado de protección contra el acceso a piezas peligrosas y el ingreso de objetos extraños sólidos (suciedad que cae y polvo soplado por el viento)	Proporciona un grado de protección contra el ingreso de agua (lluvia, aguanieve, nieve, salpicadura de agua, y agua dirigida con manguera) y proporciona un mayor nivel de protección contra la corrosión	Tipo 4X	Proporciona un grado de protección contra el contacto incidental (menor), suciedad que cae y polvo soplado por el viento	Proporciona un grado de protección contra lluvia, aguanieve, nieve, salpicadura de agua, agua dirigida con manguera y corrosión
	Proporciona un grado de protección contra el acceso a piezas peligrosas y el ingreso de objetos extraños sólidos (suciedad que cae)	Proporciona un grado de protección contra el ingreso del agua (dirigido con manguera y la inmersión temporal esporádica a profundidad limitada)	Tipo 6	Proporciona un grado de protección contra el contacto incidental (menor) y suciedad que cae	Proporciona un grado de protección contra el ingreso del agua (dirigido con manguera y la inmersión temporal esporádica a profundidad limitada)
	Proporciona un grado de protección contra el acceso a piezas peligrosas y el ingreso de objetos extraños sólidos (suciedad que cae)	Proporciona un grado de protección contra el ingreso del agua (dirigido con manguera y la inmersión prolongada a una profundidad limitada)	Tipo 6P	Proporciona un grado de protección contra el contacto incidental (menor) y suciedad que cae	Proporciona un grado de protección contra lluvia, aguanieve, nieve, agua dirigida con manguera y la inmersión prolongada a profundidad limitada

Tabla 2.4 Calificaciones de tipos de gabinete como los define UL 50, 50E y NEMA 250

### 2.5.7 CALIFICACIONES IP PARA LOS GABINETES SEGÚN IEC 60529.

La Tabla 2.5 enumera la calificación IP del gabinete, definida en la IEC 60529.

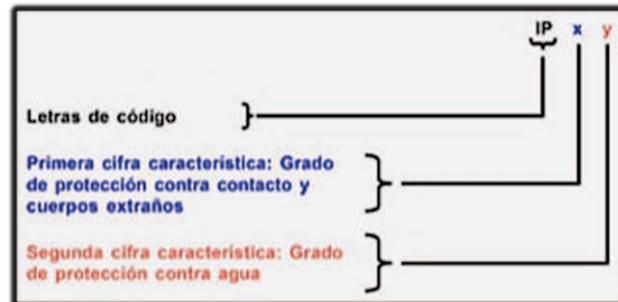


Tabla 2.5 Calificación IP.

Como por ejemplo, un grado de protección IP65; cuyo tablero con este grado de protección IP, es:

- 6: Protegido totalmente contra el polvo y
- 5: Protegido contra chorros a baja presión de agua desde todas las direcciones.

Los tableros deberán construirse con un índice de protección (grado IP) adecuado al ambiente y condiciones de instalación.

En general no se aceptará la construcción de tableros de tipo abierto. Como referencia se sugiere considerar un grado IP 41 como mínimo para tableros en interior e IP44 como mínimo para tableros instalados en exterior.

Primer número		Segundo número	
IP	Prueba IP	IP	Prueba IP
0	 Sin protección	0	 Sin protección
1	 Protegido contra objetos sólidos de hasta 50 mm, p.ej. toque accidental con las manos	1	 Protegido contra gotas de agua que caen verticalmente, p.ej. condensación
2	 Protegido contra objetos sólidos de hasta 12 mm, p.ej. dedos	2	 Protegido contra el rocío directo de agua hasta 15° de la vertical
3	 Protegido contra objetos sólidos de más de 2.5 mm, p.ej. herramientas y alambres	3	 Protegido contra el rocío a 60° de la vertical
4	 Protegido contra objetos sólidos de más de 1 mm	4	 Protegido contra el rocío de agua desde todas las direcciones (se permite un ingreso limitado)
5	 Protegido contra el polvo (ingreso limitado, sin acumulación dañina)	5	 Protegido contra chorros a baja presión de agua desde todas las direcciones (se permite un ingreso limitado)
6	 Totalmente protegido contra el polvo	6	 Protegido contra chorros fuertes de agua
		7	 Protegido contra los efectos de inmersión entre 15 cm y 1 m

Tabla 2.6 La calificación IP de gabinetes de acuerdo a la definición IEC 60529.

Si bien la calificación de Tipo UL se basa en las calificaciones de tipo NEMA, y por lo tanto son muy similares a ellas, son muy distintas de las calificaciones de IP de IEC y por lo tanto, no se puede comparar o equiparar. La diferencia entre las normas UL e IEC son principalmente el tipo de prueba requerida.

Por ejemplo, en algunos mercados se equipara con frecuencia el Tipo 12 UL con la IP55. Sin embargo la calificación UL y NEMA Tipo 12 es mucho más estricta en que no se permite el ingreso de polvo ni líquido durante la prueba, mientras que la calificación IP55 permite el ingreso de algo de polvo y líquido en el gabinete, siempre que no sea dañino.

## 2.5.8 CALIFICACIONES IP PARA LOS GABINETES SEGÚN UL Y NEMA

Las tablas 2.7, 2.8 y 2.9 indicadas abajo son los métodos de prueba utilizados para comprobar la protección y los criterios para pasar cada prueba.

La Tabla define los requisitos de prueba y los criterios de pasa/falla para las calificaciones UL y NEMA.

Calificaciones UL 50, 50E y NEMA 250				
	Protección	Método de prueba	Criterios para pasar	
INTERIORES	<b>Tipo 1</b>	Contacto incidental (menor) y suciedad que cae	Sonda 0.250 pulgadas máximo	Sin penetración
	<b>Tipo 2</b>	Goteo, salpicaduras ligeras de líquido	Prueba de goteo de 30 minutos	Cantidad limitada de agua adentro; no en piezas vivas (energizadas)
	<b>Tipo 5</b>	Polvo, goteo y salpicaduras ligeras de líquido depositadas	Prueba de rocío de 20 psi (170 kPA)	Sin agua adentro
	<b>Tipo 12</b>	Polvo circulante, goteo y salpicaduras ligeras de líquido y aceite	Prueba de goteo de 30 minutos Prueba de rocío de 30 psi (200 kPA)	Sin agua adentro
	<b>Tipo 13</b>	Polvo circulante, rocío de líquido y aceite	Agua y agente humectante, 2 galones (7.6 L)/min. - 30 minutos	Sin agua adentro
AL AIRE LIBRE	<b>Tipo 3</b>	Lluvia, aguanieve, nieve y polvo soplado por el viento	Manguera para incendios, 45 galones (170 L)/min.	Sin agua adentro
	<b>Tipo 3R</b>	Lluvia, aguanieve y nieve	(3) boquillas de lluvia de 5 psi - 1 hora	Cantidad limitada de agua adentro; no en piezas vivas (energizadas)
	<b>Tipo 4</b>	Agua dirigida con manguera	Manguera para incendios, 65 galones (246 L)/min. - 5 minutos mínimos	Sin agua adentro
	<b>Tipo 4X</b>	Agua dirigida con manguera y corrosión	Manguera para incendios, 65 galones (246 L)/min. - 5 minutos mínimos, 200 horas de rocío salobre	Sin agua adentro
	<b>Tipo 6</b>	Inmersión temporal a profundidad limitada	Se sumerge a 6 pies (1.8 m) - 30 minutos	Sin agua adentro
	<b>Tipo 6P</b>	Inmersión prolongada a profundidad limitada	Se sumerge a 6 pies (1.8 m) - 24 horas	Sin agua adentro

Tabla 2.7 Requisitos para las pruebas y criterios de pasa/falla para las calificaciones de UL/NEMA



Fig.2.9 Prueba de agua dirigida con manguera Tipo 4      Fig.2.10 Prueba de agua atomizada Tipo 12

Grados de protección del primer número característico de IEC 60529 - Sólido				
	Protección	Método de prueba	Criterios para pasar	
INTERIORES	<b>IP 1X</b>	Contacto incidental (menor) y objetos sólidos	Diámetro de 50 mm - Sonda	Sin penetración
	<b>IP 2X</b>	Contacto incidental (menor) y objetos sólidos	Diámetro de 12.5 mm - Sonda	Sin penetración
	<b>IP 3X</b>	Contacto incidental (menor) y objetos sólidos	Diámetro de 2.5 mm - Sonda	Sin penetración
	<b>IP 4X</b>	Contacto incidental (menor) y objetos sólidos	Diámetro de 1.0 mm - Sonda	Sin penetración
AL AIRE LIBRE	<b>IP 5X</b>	Protegido contra el polvo	Polvo circulante	Polvo limitado adentro; no en piezas vivas (energizadas)
	<b>IP 6X</b>	Hermético al polvo	Polvo circulante	Sin polvo adentro

Tabla 2.8 Requisitos para las pruebas y los criterios de pasa/falla para las calificaciones IEC IP (primer número, protección contra ingreso de sólidos y humano); tipo y tamaño de las partículas de polvo, el polvo de talco puede pasar a través de una abertura de 0.003 pulgadas.

Grados de protección del segundo número característico de IEC 60529 - Agua			
	Protección	Método de prueba	Criterios para pasar
INTERIORES	IP X1	Gotas que caen verticalmente	Prueba de goteo de 10 minutos
	IP X2	Gotas que caen verticalmente a 15° de la vertical	Prueba de goteo de 10 minutos a 15°
	IP X3	Rociado de agua	5 minutos tubo oscilando 120° o rociado parcial durante 5 minutos
	IP X4	Salpicaduras de agua	10 minutos tubo oscilando 360° o rociado completo durante 5 minutos
	IP X5	Chorros de agua	Manguera para incendios 3.3 galones (12.5 L)/min.
AL AIRE LIBRE	IP X6	Poderosos chorros de agua	Manguera para incendios 26 galones (100 L)/min.
	IP X7	Inmersión temporal a profundidad limitada	Se sumerge a 3 pies (1 m) - 30 minutos
	IP X8	Inmersión prolongada a profundidad limitada	Más rigurosa que X7 Acuerdo con el cliente

Tabla 2.9 Requisitos para las pruebas y los criterios de pasa/falla para las calificaciones IEC IP (segundo número, protección contra el ingreso de líquidos)

Las Tablas 2.8 y 2.9 definen los requisitos de prueba y los criterios de pasa/falla para las calificaciones IP.

## 2.6 REQUISITOS MINIMOS PARA EL DISEÑO DE GABINETES

Sólo UL 50, 50E y NEMA 250 se ocupan de las normas de diseño mínimas para los gabinetes. IEC 60529 no cubre el diseño de la caja.

- Fortaleza
  - Impacto mecánico en las paredes del gabinete
  - Requisitos de espesor de la capa de metal
- Sellado
  - Envejecimiento de juntas
  - Resistencia al aceite
- Material/Acabado
- Requisitos de cierre de la puerta y de la cubierta
- Inflamabilidad
- Ventilación
- Montaje
- Térmico
- Unión/Conexión a tierra

Requisitos para el diseño de gabinetes		Underwriters Laboratories	National Electrical Manufacturers Association	International Electrotechnical Commission
Requisito del diseño	Porqué es importante	UL 50, 50E	NEMA 250	IEC 60529
Fortaleza	Asegura fortaleza consistente para tener seguridad y rendimiento.	x	x	—
Sellado	Asegura que el método de sellado se desempeñará en distintos ambientes durante la vida útil del gabinete	x	x	—
Material/ Acabado	Asegura un alto nivel de estética, resistencia a la corrosión y protección UV para la aplicación final	x	x	—
Cierre	Asegura que la puerta y/o la cubierta estén correctamente selladas y limita el acceso al personal calificado	x	x	—
Inflamabilidad	Asegura la seguridad del equipo y del operador	x	x	—
Ventilación	Ayuda a aumentar la duración del equipo adentro del gabinete	x	x	—
Montaje	Asegura la facilidad de instalación mientras que mantiene la calificación del rendimiento del gabinete	x	x	—
Térmico	Asegura que el gabinete se desempeñará a alto nivel en ambientes extremos	x	x	—
Unión/Conexión a tierra	Asegura la seguridad del equipo y del operador	x	—	—

Tabla 2.10 Ilustra las diferencias en los requisitos del diseño para las normas UL, IEC y NEMA, además de describir porqué son importantes para el cliente final.



Fig.2.11 (a) Prueba de tracción térmica (b) Prueba de la junta (c) Prueba de la cerradura (d) Prueba de accionamiento inflamabilidad

## 2.7 NORMAS APLICABLES EN LA FABRICACIÓN DE TABLEROS ELÉCTRICOS

- Normativa Interna de la Planta
- Normativa Covenin 200 - Código Eléctrico Nacional.
- Normativa Intevep
- National Electric Code (NEC)
- ANSI Standards: American National Standards Institute

- OSHA: Occupational Safety and Health Administration
- IEC: International Electric Codes
- NEMA
- UL Laboratory ANSI/NFPA 70B: Electrical Equipment Maintenance.
- ANSI/NFPA 70B: Electrical Equipment Maintenance

### **2.7.1 ROTULADO E INSTRUCTIVOS DE TABLEROS.**

Un tablero de bajo voltaje o celda de medio voltaje debe tener adherida de manera clara, permanente y visible, por lo menos la siguiente información:

- Voltajes nominales de operación.
- Corriente nominal de operación.
- Número de fases.
- Número de hilos (incluyendo tierras y neutros).
- Razón social o marca registrada del fabricante, comercializador o importador.
- El símbolo de riesgo eléctrico.
- Cuadro para identificar los circuitos.

### **2.7.2 INFORMACIÓN ADICIONAL**

El fabricante de tableros y celdas debe poner a disposición del usuario, mínimo la siguiente información:

- a) Grado de protección o tipo de encerramiento.
- b) Diagrama unifilar del tablero.
- c) El tipo de ambiente para el que fue diseñado en caso de ser especial (corrosivo, intemperie o áreas explosivas).
- d) Rotulado para la identificación de los circuitos individuales.
- e) Instrucciones para instalación, operación y mantenimiento.
- f) Todo tablero debe indicar, de forma visible, la posición que deben tener las palancas de accionamiento de los interruptores, al cerrar o abrir el circuito.

### **2.7.3 CERTIFICACIÓN DE TABLEROS DE BV Y CELDAS DE MV**

Para efectos de la certificación de los tableros de BV y celdas de MV deben verificar mediante pruebas por lo menos los siguientes parámetros:

- Grados de protección IP no menor a 2XC (o su equivalente NEMA) e IK declarados.
- Incremento de temperatura.
- Propiedades dieléctricas.
- Distancias de aislamiento y fuga.
- Valores de cortocircuito.
- Efectividad del circuito de protección.
- Comprobación del funcionamiento mecánico de sistemas de bloqueo, puertas, cerraduras u otros elementos destinados a ser operados durante el uso normal del tablero
- Resistencia a la corrosión del encerramiento.
- Resistencia al calor anormal y al fuego de los elementos aislantes
- Medidas de protección contra el contacto directo (barreras, señales de advertencia, etc.).
- Los demás requisitos exigidos en el presente reglamento.

El fabricante o comercializador de los tableros de fabricación única, podrá reemplazar el certificado de tercera parte, por la declaración de fabricante, teniendo en cuenta los requisitos de la norma ISO-IEC-NTC 17050.

Para aplicar esta condición debe utilizar productos de calidad debidamente certificada, e incluir dentro de sus protocolos de ensayos la información y pruebas necesarias para la verificación de los parámetros y requisitos.

La declaración del fabricante, deberá ser validada y suscrita por un ingeniero electricista o electromecánico con matrícula profesional vigente. Esta condición debe ser revisada por el inspector de la instalación y dejará constancia de esto en el dictamen de inspección.

## CAPITULO III

### ILUMINACIÓN

#### 3.1 INTRODUCCIÓN

La iluminación es un factor ergonómico importante para el desarrollo de las actividades del ser humano. Pudiendo así obtener de la naturaleza luz natural y de los avances tecnológicos luz artificial.

Durante el día con la luz natural no se siente la necesidad de la iluminación artificial pero al pasar las horas y al llegar el atardecer se produce un gran cambio y es fundamental la utilización de esta, para así no interrumpir las actividades.

La luz eléctrica es más cómoda, limpia, segura e higiénica que los otros tipos de luz artificial, sin embargo, requiere de una correcta utilización en forma eficiente y económica, tomando en cuenta que las fuentes primarias de producción de la energía eléctrica que alimentan a las instalaciones y sistemas de iluminación están constituidas por alimentaciones de energéticos primarios como el petróleo que constituyen fuentes no renovables, por lo que el ahorro de energía es primordial, sin dejar de lado una correcta iluminación.

Proporcionar una adecuada iluminación no es tarea fácil ya que se debe considerar algunos aspectos importantes como la ubicación y la cantidad de luminarias que generen comodidad y bienestar al usuario de la misma.

La luz es un componente esencial en cualquier medio ambiente ya que hace posible la visión del entorno, pero además, al interactuar con los objetos puede modificar la apariencia del espacio, influir sobre su estética, ambientación, afectar el rendimiento visual, estado de ánimo y motivación de las personas.

Por lo menos una quinta parte de la vida del hombre transcurre bajo alumbrado artificial, y está comprobado que el color del medio ambiente produce en el observador reacciones psíquicas o emocionales.

Se estima que aproximadamente un 80% de las impresiones sensoriales humanas son de naturaleza óptica, esto demuestra la importancia de la luz natural y artificial.

Teniendo en cuenta esto se puede decir que un sistema de iluminación eficiente es aquel que, además de satisfacer necesidades visuales, crea también ambientes saludables, seguros y confortables, posibilita a las personas disfrutar de atmosferas agradables, minimizando el impacto ecológico y ambiental.

Por las razones antes mencionadas es importante el estudio de la iluminación e incluso ha llegado a ser toda una profesión, en este mundo cambiante y acelerado en que vivimos.

### **3.2 ILUMINACIÓN INTERIOR**

Buena parte de las actividades humanas se realizan en el interior de edificios con una iluminación natural, a menudo insuficiente. Por ello es necesaria la presencia de una iluminación artificial que garantice el desarrollo de estas actividades. La iluminación de interiores es un campo muy amplio que abarca todos los aspectos de nuestras vidas desde el ámbito doméstico al del trabajo o el comercio.

Una buena iluminación, si se trata de alumbrado industrial, es un factor de productividad y de rendimiento en el trabajo, además de que aumenta la seguridad del personal; en el caso de alumbrado comercial, es un decisivo factor de atracción para el público; finalmente, en el caso de alumbrado doméstico se mejora el confort visual y hace más agradable y acogedora la vida familiar.

Se comprenderá la importancia y el interés que hay en establecer normas prácticas para realizar proyectos de iluminación interior de forma que integren la economía, la comodidad visual y el sistema de alumbrado más apropiado para una determinada función.

### **3.3 CARACTERÍSTICAS DE LA ILUMINACIÓN**

Una buena iluminación interior ha de cumplir cuatro condiciones esenciales:

- Suministrar una cantidad de luz suficiente
- Eliminar todas las causas de deslumbramiento
- Prever aparatos de alumbrado apropiados para cada caso particular
- Utilizar fuentes luminosas que aseguren para cada caso, una satisfactoria distribución de los colores.

Por lo general, los datos básicos son los planos del local, cuando son locales comerciales o locales para industrias, etc....

En todos los casos, el orden que se debe seguir para realizar un proyecto de iluminación de interiores es el siguiente:

- a) Determinación del nivel de iluminación.
- b) Elección del tipo de lámpara.
- c) Elección del sistema de iluminación.
- d) Elección de los métodos de alumbrado.
- e) Elección de la altura de los aparatos de alumbrado.
- f) Depreciación de la eficiencia luminosa y mantenimiento.

#### a) DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE ILUMINACIÓN

El nivel de iluminación es el necesario y adecuado para conseguir una visión eficaz, rápida y confortable de la tarea encomendada. Se adoptará como plano útil de trabajo una superficie situada a 0,85 m del suelo. Los niveles de iluminación recomendados para un local dependen de las actividades que se vayan a realizar en él.

Existe una tabla con valores recomendados de iluminación y por ningún caso pueden disminuirse. (Ver Tabla 3.1)

Tareas y clases de local	Iluminancia media en servicio (lux)		
	Mínimo	Recomendado	Óptimo
<b>Zonas generales de edificios</b>			
Zonas de circulación, pasillos	50	100	150
Escaleras, escaleras móviles, roperos, lavabos, almacenes y archivos	100	150	200

<b>Centros docentes</b>			
Aulas, laboratorios	300	400	500
Bibliotecas, salas de estudio	300	500	750
<b>Oficinas</b>			
Oficinas normales, mecanografiado, salas de proceso de datos, salas de conferencias	450	500	750
Grandes oficinas, salas de delineación, CAD/CAM/CAE	500	750	1000
<b>Comercios</b>			
Comercio tradicional	300	500	750
Grandes superficies, supermercados, salones de muestras	500	750	1000
<b>Industria (en general)</b>			
Trabajos con requerimientos visuales limitados	200	300	500
Trabajos con requerimientos visuales normales	500	750	1000
Trabajos con requerimientos visuales especiales	1000	1500	2000
<b>Viviendas</b>			
Dormitorios	100	150	200
Cuartos de aseo	100	150	200
Cuartos de estar	200	300	500
Cocinas	100	150	200
Cuartos de trabajo o estudio	300	500	750

Tabla 3.1 Iluminancias recomendadas según la actividad y el tipo de local

#### **b) ELECCIÓN DEL TIPO DE LÁMPARA**

Las lámparas empleadas en iluminación de interiores abarcan casi todos los tipos existentes en el mercado (incandescentes, halógenas, fluorescentes, etc.). Las lámparas escogidas por lo tanto, serán aquellas cuyas características se adapte a las necesidades de cada instalación.

En la actualidad, la tendencia de iluminación se inclina al empleo de luminarias tipo LED debido a sus grandes ventajas, entre las que destacan su considerable ahorro energético, arranque instantáneo, aguante a los encendidos y apagados continuos, variaciones de voltaje y su mayor vida útil, pero también con ciertos inconvenientes como es su elevado costo inicial.

Las luces tipo LED se adaptan a todo tipo de proyectos gracias a su gran versatilidad y pueden generar luz de varios colores.

### c) ELECCIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN

Los sistemas de iluminación se clasifican según la distribución del flujo luminoso por encima o por debajo de la horizontal; o sea teniendo en cuenta la cantidad del flujo luminoso proyectada directamente a la superficie iluminada y la que llega a la superficie después de reflejarse por techo y paredes.

Los demás sistemas de iluminación pueden considerarse como formas intermedias en las cuales, la luz emitida se irradia tanto hacia arriba como hacia abajo.

En la figura 3.1 se puede observar los diferentes sistemas de iluminación.

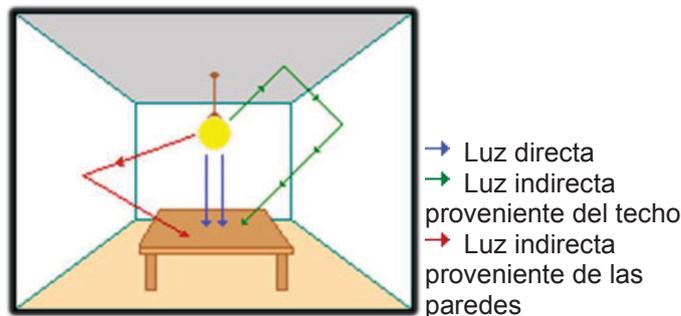


Fig.3.1 Tipos de sistemas de iluminación.

#### **Iluminación directa**

Se produce cuando todo el flujo luminoso de las lámparas se dirige directamente a la superficie que ha de iluminar. Es el sistema más económico de iluminación y el que ofrece mayor rendimiento luminoso. Por contra, el riesgo de deslumbramiento directo es muy alto y produce sombras duras poco agradables para la vista.

Las luminancias de este tipo tienen por lo general un rendimiento elevado de (90-100%).

#### **Iluminación semidirecta**

La mayor parte del flujo luminoso se dirige hacia la superficie que se trata de iluminar y el resto es reflejado en techo y paredes. En este caso, las sombras son más suaves y el deslumbramiento menor que el anterior. Sólo es

recomendable para techos que no sean muy altos y sin claraboyas puesto que la luz dirigida hacia el techo se perdería por ellas.

El flujo luminoso es directo en gran parte hacia abajo (60-90%) y en parte arriba (10-40%).

### **Iluminación difusa**

Se llama también iluminación mixta. Si el flujo se reparte al cincuenta por ciento entre procedencia directa e indirecta. El riesgo de deslumbramiento es bajo y no hay sombras, lo que le da un aspecto monótono a la sala y sin relieve a los objetos iluminados.

Esta distribuido uniformemente hacia abajo (60-40%) y hacia arriba (40-60%).

### **Iluminación semiindirecta**

Se denomina algunas veces iluminación difusa. Se produce cuando la mayor parte del flujo proviene del techo y paredes. Debido a esto, las pérdidas de flujo por absorción son elevadas y los consumos de potencia eléctrica también, lo que hace imprescindible pintar con tonos claros o blancos.

El flujo luminoso es prevalente hacia la parte superior (60-90%) y solo una pequeña parte se recibe directamente (40-10%).

### **Iluminación indirecta**

Cuando casi toda la luz va al techo. Es la más parecida a la luz natural pero es una solución muy cara puesto que las pérdidas por absorción son muy elevadas. Por ello es imprescindible usar pinturas de colores blancos con reflectancias elevadas.

El rendimiento es bajo y la visión poco nítida por la falta de efecto de sombra, la iluminación hacia arriba es del (90-100%).

## **d) ELECCION DE LOS METODOS DE ALUMBRADO**

Los métodos de alumbrado nos indican cómo se reparte la luz en las zonas iluminadas. Según el grado de uniformidad deseado, distinguiremos cuatro casos:

1. Alumbrado General
2. Alumbrado general localizado
3. Alumbrado Localizado
4. Alumbrado Modularizado

### **Alumbrado General**

Es un método que proporciona una iluminación uniforme sobre toda el área iluminada, y produce en todos los lugares de un interior idénticas condiciones de visión. Es un método de iluminación muy extendido y se usa habitualmente en oficinas, centros de enseñanza, fábricas, comercios, etc. Se consigue distribuyendo las luminarias de forma regular por todo el techo del local.



Fig.3.2 Instalación de alumbrado general.

### **Alumbrado General Localizado**

El método proporciona una distribución no uniforme de la luz de manera que esta se concentra sobre las áreas de trabajo. El resto del local, formado principalmente por las zonas de paso se ilumina con una luz más tenue. Se consiguen así importantes ahorros energéticos puesto que la luz se concentra allá donde hace falta.



Fig.3.3 Instalación de alumbrado general localizado.

### Alumbrado localizado

Empleamos este método cuando necesitamos una iluminación suplementaria cerca de la tarea visual para realizar un trabajo concreto. El ejemplo típico serían las lámparas de escritorio.

Recurriremos a este método siempre que el nivel de iluminación requerido sea superior a 1000 lux., haya obstáculos que tapen la luz proveniente del alumbrado general, cuando no sea necesaria permanentemente o para personas con problemas visuales.

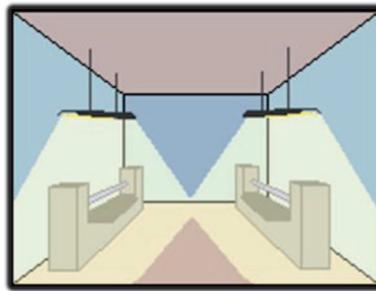


Fig.3.4 Instalación de alumbrado localizado.

### Alumbrado modularizado

En este tipo de iluminación se reducen los contrastes y proyecta muchas sombras; al igual que el alumbrado general, da una iluminación uniforme en todo el espacio. También produce efecto de monotonía en el ambiente, disimula defectos en las personas y oculta detalles.

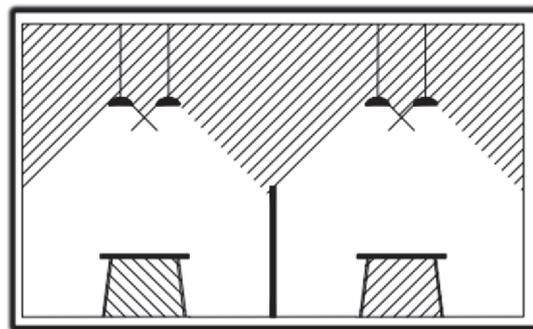


Fig.3.5 Instalación de alumbrado modularizado.

En la siguiente tabla se podrá apreciar las diferencias y características de los sistemas de alumbrado. (Ver Tabla 3.2)

Tabla 1: Características aproximadas de los sistemas de alumbrado:						
Sistema de Alumbrado	Disposición de Luminarias	Características Luminotécnicas	Efectos Visuales		Coordinación con ubicación de áreas de trabajo	Consumo energético
			Sobre el Espacio	Sobre personas y objetos		
General Directo o indirecto	Uniforme	Altos niveles de Iluminancia en todo el espacio. Excelente uniformidad. Reducción de contrastes y brillos. Se minimiza la proyección de sombras.	Produce sensación de amplitud y orden Crea atmósferas de monotonía y condiciones propicias para trabajos que requieren de alta concentración.	Modelados blandos. Aplana texturas. Oculta detalles. Minimiza efectos de reflejos especulares Apaga intensidad de los colores.	No requiere	Elevado (más con sistema indirecto). No permite reducción individual de los niveles de iluminación.
Localizado	Irregular	Altos niveles de Iluminancia sólo en áreas de interés. Uniformidad general baja Contrastes realzados. Puede causar importante proyección de sombras	Produce sensación de reducción del espacio. Puede crear atmósferas dramáticas, estimulantes y distractivas	Modelados duros. Realza textura y detalles. Los colores resultan más intensos. Ideal para crear efectos luminosos.	Muy importante	Reducido. Adecuado para controlar niveles de iluminación individualmente.
General y localizado	Uniforme (general) e irregular (localizado)	Iluminancia general reducida respecto de áreas de trabajo. Uniformidad general baja. Contrastes realzados. Puede causar importante proyección de sombras	Un balance adecuado puede compensar la sensación de reducción del espacio y crear condiciones propicias para el trabajo	Con un balance adecuado el modelado resulta casi natural. Buena apariencia de textura y detalles.	Muy importante sólo para el sistema de alumbrado localizado	Intermedio entre alumbrado general y localizado. Adecuado para controlar niveles de iluminación individualmente sin afectar el resto de la instalación.
Modularizado	Uniforme por sectores	Iluminancia media elevada. Uniformidad excelente. Reducidos contrastes y proyección de sombras	Idem a alumbrado general	Idem a alumbrado general	Importante para determinar el arreglo de luminarias	Elevado. Requiere sectorización de los circuitos. Permite reducción de los niveles de iluminación por sectores.

Tabla 3.2 Características aproximadas de los sistemas de alumbrado

### e) ELECCIÓN DE LA ALTURA DE SUSPENSIÓN DE LOS APARATOS DE ALUMBRADO.

La altura de suspensión de los aparatos de alumbrado es una característica fundamental de todo proyecto de iluminación interior.

Donde:

**h**: altura entre el plano de trabajo y las luminarias

**h'**: altura del local

**d**: altura del plano de trabajo al techo

**d'**: altura entre el plano de trabajo y las luminarias

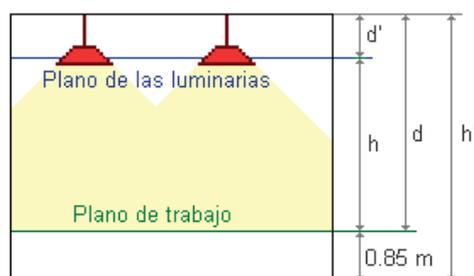


Fig.3.6 Esquema de alturas del local.

- Para locales de altura normal (oficinas, viviendas, aulas...)

Lo más altas posibles

- Para iluminación directa, semidirecta.

Mínimo:	$h = \frac{2}{3} \cdot (h' - 0.85)$
Óptimo:	$h = \frac{4}{5} \cdot (h' - 0.85)$

- Para iluminación indirecta, generalmente se toma:

$$d' \approx \frac{1}{4} \cdot (h' - 0.85)$$

$$h \approx \frac{3}{4} \cdot (h' - 0.85)$$

#### **f) DEPRECIACIÓN DE LA EFICIENCIA LUMINOSA Y MANTENIMIENTO**

El paso del tiempo provoca sobre las instalaciones de alumbrado una disminución progresiva en los niveles de iluminancia. Las causas de este problema se manifiestan de dos maneras.

- Ensuciamiento de lámparas, luminarias y superficies donde se va depositando el polvo.
- La depreciación del flujo de las lámparas.

En el primer caso la solución es por una limpieza periódica de lámparas y luminarias. Y en el segundo caso es establecer un programa de sustitución de las lámparas.

A menudo se recurre a esperar a que fallen para cambiarlas, es recomendable hacer la sustitución por grupos o de toda la instalación a la vez según un programa de mantenimiento.

### 3.4 CALCULO DE LUMINARIAS PARA INSTALACIONES DE ALUMBRADO

#### 3.4.1 MÉTODO DE LOS LÚMENES

La finalidad de este método es calcular el valor medio en servicio de la iluminancia en un local iluminado con alumbrado general. Es muy práctico y fácil de usar, y por ello se utiliza mucho en la iluminación de interiores cuando la precisión necesaria no es muy alta como ocurre en la mayoría de los casos.

Los pasos a seguir son:

1. Datos de entrada: dimensiones del local y la altura del plano de trabajo (la altura del suelo a la superficie de la mesa de trabajo), normalmente de 0.85 m.

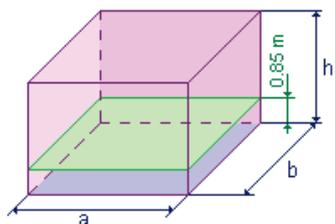


Fig.3.7 Dimensiones del local y altura del plano de trabajo.

a= ancho del local en m.

b= largo del local en m.

2. Obtener el nivel de iluminancia media recomendado en luxes. Este valor depende del tipo de actividad a realizar en el local. **(VER ANEXO 2)**
3. Determinar la superficie del local (S) en metros cuadrados.

$$S = a * b$$

S= Superficie del local en  $m^2$ .

a= ancho del local en m.

b= largo del local en m.

4. Escoger el tipo de lámpara (incandescente, fluorescente...) más adecuada de acuerdo con el tipo de actividad a realizar.

5. Escoger el sistema de alumbrado que mejor se adapte a las necesidades y las luminarias correspondientes.
6. Determinar la altura de suspensión de las luminarias según el sistema de iluminación escogido.
7. Calcular el índice del local (k):

Sistema de iluminación	Índice del local
Iluminación directa, semidirecta, directa-indirecta y general difusa	$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$
Iluminación indirecta y semiindirecta	$k = \frac{3 \cdot a \cdot b}{2 \cdot (h + 0.85) \cdot (a + b)}$

Fig.3.8 Calculo para el índice del local según el sistema de iluminación.

Donde k es un número comprendido entre 1 y 10.

8. Obtener de tabla el coeficiente de reflexión de techo, paredes y suelo. Y podemos tomarlo de la siguiente tabla.

	Color	Factor de reflexión ( $\rho$ )
<b>Techo</b>	Blanco o muy claro	0.7
	Claro	0.5
	Medio	0.3
<b>Paredes</b>	Claro	0.5
	Medio	0.3
	Oscuro	0.1
<b>Suelo</b>	Claro	0.3
	Oscuro	0.1

Tabla 3.3 Coeficientes de reflexión entre techo, paredes y suelo.

En su defecto si no se tiene datos sobre el color del techo, paredes y suelo, podemos tomar 0.5 para el techo, 0.3 para las paredes y 0.1 para el suelo.

9. Determinar el factor de utilización ( $\eta$ , CU) a partir del índice del local y los factores de reflexión. Estos valores se encuentran tabulados y los suministran los fabricantes. **(VER ANEXO 3)**

10. Determinar el factor de mantenimiento (fm) o conservación de la instalación (Tabla 3.4). Este coeficiente dependerá del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de la limpieza del local. Para una limpieza periódica anual podemos tomar los siguientes valores:

Ambiente	Factor de Mantenimiento (fm)
Limpio	0,8
Sucio	0,6

Tabla 3.4 Cálculo del coeficiente de mantenimiento.

11. Calcular el flujo luminoso total necesario. Para ello aplicaremos la fórmula

$$\Phi_{\tau} = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot f_m}$$

Donde:

- $\Phi_{\tau}$  es el flujo luminoso total (lúmenes)
- E es la iluminancia media deseada (lux)
- S es la superficie del plano de trabajo (m<sup>2</sup>)
- $\eta$  es el factor de utilización
- $f_m$  es el factor de mantenimiento

12. Calcular el número de luminarias.

$$N = \frac{\Phi_{\tau}}{n \cdot \Phi_l}$$

Donde:

- N es el número de luminarias
- $\Phi_{\tau}$  es el flujo luminoso total
- $\Phi_l$  es el flujo luminoso de una lámpara
- n es el número de lámparas por luminaria

13. Calcular la potencia total requerida por la instalación.

$$P = I \cdot V$$

P= Potencia total

I= Corriente o Amperaje

V= Voltaje aplicado

14. Una vez calculado el número mínimo de lámparas y luminarias procederemos a distribuirlas sobre la planta del local. En los locales de planta rectangular las luminarias se reparten de forma uniforme en filas paralelas a los ejes de simetría del local según las fórmulas:

$$N_{\text{ancho}} = \sqrt{\frac{N_{\text{Total}}}{\text{largo}} \times \text{ancho}}$$

$$N_{\text{largo}} = N_{\text{ancho}} \times \left( \frac{\text{largo}}{\text{ancho}} \right)$$

donde N es el número de luminarias

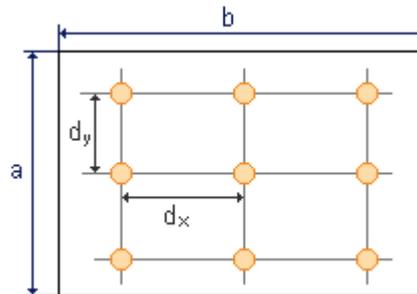


Fig.3.9 Distribución uniforme de luminarias en el local.

La distancia máxima de separación entre las luminarias dependerá del ángulo de apertura del haz de luz y de la altura de las luminarias sobre el plano de trabajo.

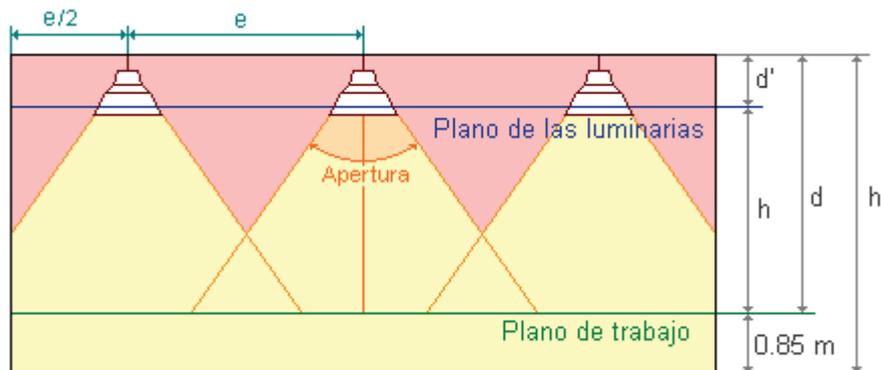


Fig.3.10 Plano de separación de las luminarias a las paredes.

Como puede verse fácilmente, mientras más abierto sea el haz y mayor la altura de la luminaria más superficie iluminará aunque será menor el nivel de iluminancia.

La separación entre las luminarias las podemos resumir con la siguiente tabla:

Tipo de luminaria	Altura del local	Distancia máxima entre luminarias
Intensiva	> 10 m	$e \leq 1.2 h$
Extensiva	6 - 10 m	$e \leq 1.5 h$
Semiextensiva	4 - 6 m	
Extensiva	$\leq 4$ m	$e \leq 1.6 h$
distancia pared-luminaria: $e/2$		

Tabla 3.5 Relación entre la altura del local y la distancia máxima entre luminarias.

Si después de calcular la posición de las luminarias nos encontramos que la distancia de separación es mayor que la distancia máxima admitida quiere decir que la distribución luminosa obtenida no es del todo uniforme.

#### 15. Comprobación de los resultados

Por último, queda comprobar la validez de los resultados mirando si la iluminancia media obtenida en la instalación diseñada es igual o superior a la recomendada en las tablas, mediante la ecuación indicada.

$$E_m = \frac{n \cdot \Phi_L \cdot \eta \cdot f_m}{S} \geq E_{\text{tablas}}$$

### 3.5 CÁLCULO DEL SISTEMA DE ILUMINACION DEL NUEVO GALPÓN EN SEDEMI

Para diseñar la instalación de alumbrado de la nave industrial de 80 m de largo por 45 m de ancho y 12 m de altura, se utilizó el método de Lúmenes.

Para ello se utilizaron lámparas de mercurio halogenado de 400 W de potencia con un flujo luminoso de 30000 lm, con un sistema de iluminación directa.

Primero se busca el nivel de iluminancia recomendada en luxes para la aplicación de la nave industrial. Dicho valor se encuentra en el **ANEXO 2** y el resultado es de 200 a 300 luxes, pero para mejor iluminación escogemos 300 luxes.

De lo antes expuesto se tienen los siguientes datos:

$a = 45 \text{ m}$ ,  $l = 80 \text{ m}$ ,  $h' = 12 \text{ m}$  (altura total),

$E = 300 \text{ luxes}$ .

$\phi_L = 30000 \text{ luxes}$

La altura de suspensión de las luminarias:  $h = 11,5 \text{ m}$

- Para simplificar pasos, se calcula el índice del local  $k$ .

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)}$$

$$k = \frac{45 \times 80}{11,5 \times (45 + 80)}$$

$$k = 2,5$$

- Se obtiene el coeficiente de reflexión de la Tabla 3.3.

Techo = 0.8, Paredes = 0.3, Suelo = 0.1

Estos valores se obtienen debido a que la nave industrial es clara.

- Del **ANEXO 3**, se determina el factor de utilización a partir del índice del local y el coeficiente de reflexión.

$$\eta = 0,64$$

- Para el factor de mantenimiento se utilizada  $f_m = 0,8$  debido a que el grado de suciedad ambiental es alto y la limpieza del local es baja. Por lo tanto con el tiempo habrá un ambiente sucio.
- Se calcula el flujo luminoso total necesario para la nave:

$$\phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m}$$

$$\phi_T = \frac{300 \times 3600}{0,64 \times 0,8}$$

$$\phi_T = 2109375 \text{ lumenes}$$

- Para el número de luminarias se tiene:

$$N = \frac{\phi_T}{n \times \phi_L}$$

$$N = \frac{2109375}{1 \times 30000}$$

$$N = 70,31$$

Para efectos de diseño y cálculo se utiliza **70** luminarias.

- Luego se calcula la potencia total requerida por la instalación.

$$P_T = P_L \times 70$$

$$P_T = 400W \times 70$$

$$P_T = 28000 W$$

- El numero de luminarias a lo ancho es:

$$N_{ancho} = \sqrt{\frac{N_{TOTAL}}{largo} \times ancho}$$

$$N_{ancho} = \sqrt{\frac{70}{80} \times 45}$$

$$N_{ancho} = 6,29$$

- El numero de luminarias a lo largo es:

$$N_{largo} = N_{ancho} \times \left(\frac{largo}{ancho}\right)$$

$$N_{largo} = 6 \times \left(\frac{80}{45}\right)$$

$$N_{largo} = 10,66$$

Después de realizado los cálculos se determina que el número de luminarias serán 70, distribuidas 7X10 alrededor de toda la nave.

## CAPITULO IV

### SISTEMA PUESTAS A TIERRA

#### 4.1. INTRODUCCIÓN.

Los equipos electrónicos han proliferado en los años recientes. De hecho, la microelectrónica se ha aplicado en forma creciente a la mayoría de los equipos tradicionales, a tal grado que en la actualidad es difícil encontrar un dispositivo eléctrico que no haga uso de la electrónica: variadores de frecuencia, el control de frecuencia variable se ha utilizado en los motores tradicionales de corriente alterna (CA), balastos electrónicos que se usan en la iluminación basada en el concepto de la descarga en gases. El control electrónico se ha adicionado a equipos que antes eran totalmente electromecánicos como lavadoras y refrigeradores. La electrónica igualmente se ha utilizado en interruptores y en equipos de control.

Con la incorporación de la electrónica el equipo se ha vuelto más sensible a los disturbios del suministro de energía y a la interferencia electromagnética, creando problemas funcionales en la gran mayoría de estos equipos.

En el presente capítulo se analizará la importancia de los sistemas de conexión a tierra en los sistemas eléctricos y se señalan algunos aspectos potencialmente incorrectos e inseguros de la práctica de los sistemas de conexión a tierra para equipos sensibles.

##### 4.1.1 IMPORTANCIA DE LOS SISTEMAS DE CONEXIÓN A TIERRA.

La conexión a tierra es una parte vital de los sistemas de utilización de energía eléctrica. Existen dos tipos de referencias a tierra:

**El primero de ellos es la conexión a tierra** del equipo que se utiliza para referir a tierra todos los elementos metálicos no energizados de los equipos. El propósito de interconectar entre sí y a tierra todos los equipos eléctricos y sus elementos metálicos es asegurar la igualdad del potencial entre todos los equipos y objetos metálicos ubicados en una misma área, de tal forma que

cualquier persona que en forma intencional o accidental establezca contacto con las superficies metálicas y el suelo no experimenten diferencia de potencial alguna.

**El segundo tipo de referencia a tierra** está constituido por el neutro de los sistemas eléctricos y forma parte integral de los circuitos de utilización, su función es mantener los voltajes del sistema en un valor fijo con respecto a tierra. La conexión a tierra de este conductor debe realizarse en la fuente o en el punto de derivación del servicio exclusivamente. Para el caso de los sistemas referidos directamente a tierra, la conexión a tierra es común para el neutro de los sistemas y para el conductor de interconexión de los equipos y los objetos metálicos.

#### **4.1.2 EL PORQUÉ DE LA CONEXIÓN A TIERRA.**

Antes de establecer las razones para la existencia de la conexión a tierra, podemos afirmar que todo sistema eléctrico de energía se encuentra conectado a tierra.

En la práctica, la diferencia es que algunos sistemas (conocidos como aterrizados) se conectan a tierra en forma intencional y otros (que se conocen como no aterrizados) en realidad se conectan a tierra a través de su capacitancia de dispersión. Si ocurre una falla de línea a tierra en un sistema de corriente alterna no aterrizada, valores del orden de 25 a 30 amperes pueden fluir a tierra a través de la capacitancia de dispersión sin ser detectados por las protecciones. Estos valores de corriente presentan un riesgo de electrocución para las personas además que parte de la corriente que fluye a tierra a través del aislamiento produce envejecimiento adicional.

Bajo condiciones transitorias, la capacitancia de dispersión puede producir resonancia con la inductancia del circuito y generar grandes voltajes a través de los aislamientos y sobre las cargas.

Conociendo algunos peligros que se crean en los sistemas no aterrizados, podemos mencionar las razones y los beneficios de la conexión a tierra de los sistemas eléctricos de energía como son:

1. Seguridad del personal
2. Seguridad de sobrecorriente

**1.- Seguridad del personal.** La conexión a tierra y la interconexión de tableros permite la minimización de diferencias de potencial entre elementos y respecto a la superficie del suelo, tanto para corrientes de cortocircuito como para corrientes producto de las tormentas eléctricas.

**2.- Protecciones de sobrecorriente.** La conexión de las fuentes de energía permite controlar los voltajes que puedan presentarse sobre los tableros que alojan los equipos y facilitan la correcta y rápida operación de las protecciones de sobrecorriente.

La conexión a tierra juega un papel fundamental en la operación y protección de los equipos eléctricos y electrónicos. En la actualidad se considera que el 80% de las operaciones inadecuadas o el daño sobre equipos sensibles es producto de problemas de alambrado derivados de la conexión a tierra, en otras palabras se pueden tener instaladas las mallas de tierra y estas pueden tener **conexiones formando lazos** situación que deja inútil la puesta a tierra.

En el pasado, la conexión a tierra se utilizaba exclusivamente por razones de seguridad, sin embargo en nuestros días los sistemas electrónicos requieren de buenos puntos de referencia a tierra para poder operar con seguridad sin que los elementos eléctricos de las tarjetas sufran daño.

El problema más frecuente se ubica en lo que se puede identificar como el desbalance de las conexiones a tierra aisladas. En este tipo de prácticas la existencia de puntos de referencia a tierra no equipotenciales es la responsable de operaciones inadecuadas de los sistemas electrónicos y en presencia de

tormentas eléctricas puede dar origen a daños severos sobre los equipos sensibles.

Algunos de los principales problemas que se presentan en el alambrado son los siguientes:

**1. Omisión de la interconexión del neutro** del sistema eléctrico con la tierra local o tierra física del usuario.

**2. Conexión a tierra de equipo sensible** a través del neutro del sistema. Los conductores de referencia a tierra, neutro y tierra física deben mantenerse aislados excepto en el tablero de la acometida (tablero principal).

**3. Utilización de tierras múltiples no interconectadas.** Todos los puntos de referencia a tierra dentro de una misma instalación deberán interconectarse para mantener al mínimo las variaciones de tensión en estado transitorio y en estado permanente.

## **4.2 PUESTAS A TIERRA**

### **4.2.1 DEFINICIÓN**

Es el grupo de elementos conductores equipotenciales en contacto eléctrico con el suelo o una masa metálica de referencia común que distribuye las corrientes eléctricas de falla en el suelo o en la masa. Comprende electrodos, conexiones y cables enterrados.

Los objetivos generales de una puesta a tierra son:

- Permitir la descarga a tierra de una corriente de falla a tierra.
- Permitir la descarga a tierra de una corriente producida por descarga atmosférica.
- Mantener los potenciales producidos por las corrientes de falla dentro de los límites de seguridad y/o asegurar la actuación de los sistemas de protección

en el tiempo adecuado, para la seguridad de las personas y del equipamiento.

- Mantener un potencial de referencia en algún punto del sistema eléctrico o electrónico.

En términos generales, podemos decir que la o las puestas a tierra de una instalación eléctrica deberán diseñarse y ejecutarse para satisfacer las prescripciones de seguridad y los requerimientos funcionales de las instalaciones.

### **4.3 MATERIALES PARA SISTEMAS DE TIERRA**

Los materiales que se utilizan en los sistemas de tierra son:

- a) Varillas Copperweld de alta camada. (también llamado electrodo de tierra)
- b) Conductores desnudos de calibre 2/0 o 4/0 multifilares de cobre.
- c) Suelda exotérmica de 90 gramos o 115 gramos según el calibre empleado.
- d) Pletina de cobre.
- e) Placas de cobre.
- f) Electrodo horizontales.
- g) Electrodo vivos.

#### **a) Varillas Copperweld de alta camada**

La varilla Copperweld es un elemento bimetálico compuesto por un núcleo de acero y una película externa de cobre unidos metalúrgicamente. La capa de cobre brinda protección suficiente contra la corrosión del terreno y la varilla en conjunto permite una adecuada difusión a tierra de las corrientes de falla que se puedan presentar en el sistema eléctrico.

La varilla Copperweld basa su funcionamiento en la longitud de la misma, por lo que disminuiría en proporción a su largo la resistencia de propagación de corrientes. Para mejores resultados, es importante una adecuada instalación y homogeneidad del terreno, el cual previamente hay que tratar con aditamentos químicos para mejoramiento de la tierra.

Existen en el mercado varillas Copperweld de 5/8x1.20mts, 5/8x1,80mts y 5/8x2.40mts en baja camada (25 micras de espesor), esta no es recomendable. Y la de alta camada para trabajos especiales (254 micras de espesor) es la que más se utiliza en los sistemas de tierra modernos.

Esta es la forma más común de electrodos cuando no se requiere controlar los potenciales de superficie. Su costo de instalación es relativamente bajo y pueden utilizarse para alcanzar en profundidad capas de terreno de baja resistividad o simplemente se mejora el suelo con adición de tierras vegetales mezcladas con carbón vegetal.

### **Mallas de tierra**

La malla de tierra es un conjunto de conductores desnudos que permiten conectar los equipos que componen una instalación a un medio de referencia, en este caso la tierra.

Tres componentes constituyen la resistencia de la malla de tierra:

- La resistencia del conductor que conecta los equipos a la malla de tierra.
- La resistencia de contacto entre la malla y el terreno.
- La resistencia del terreno donde se ubica la malla.

La malla de tierra esta formada por electrodos simples del mismo tipo, unidos entre sí y situados bajo tierra.

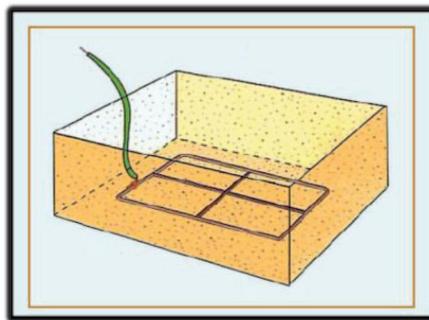


Fig.4.1 Malla de Tierra

En todos los casos, la sección del electrodo debe ser tal que ofrezca menor resistencia que la del conductor de las líneas principales de tierra. Puesto que la resistencia del electrodo depende de su forma, de sus dimensiones y de la resistividad del terreno.

Se recomienda la utilización de electrodos del mismo material, para evitar el envejecimiento por el fenómeno galvánico que puede presentarse.

#### **b) Conductores desnudos de 2/0 AWG**

Los conductores utilizados en estos sistemas son de cable conductor de cobre de calibre 2/0 AWG o 4/0 AWG dependiendo del sistema utilizado, que es determinado mediante el cálculo respectivo.

#### **c) Solda Exotérmica**

El proceso de la soldadura exotérmica es un método para hacer conexiones eléctricas de cobre a cobre o de cobre a acero sin requerir ninguna fuente exterior de calor o de energía.

En este proceso, se enciende el polvo granular metálico en un molde de alta temperatura. Este proceso de ignición de las partículas (reacción exotérmica) produce una temperatura superior a 1,400 grados centígrados y en consecuencia la liberación de humo localizado.

El metal líquido de cobre fluye en la cavidad de la soldadura, llenando cualquier espacio disponible. Puesta en marcha la ignición el proceso se completa en

torno de 30 segundos. La soldadura deberá entonces enfriar y solidificar. Se retira el molde y estará listo para la siguiente soldadura.

Las conexiones de soldadura exotérmica producen una unión permanente (o conexión) superior en funcionamiento comparado con cualquier conector mecánico o conector tipo presión.

Las conexiones de soldadura exotérmicas no liberalizarán ni aumentarán en resistencia sobre la vida de la instalación.

Según lo recomendado por las regulaciones del IEC y del IEEE, todos los sistemas de conexiones de tierra deberán hacerse con soldadura exotérmica.



Fig. 4.2 Proceso de elaboración de soldadura exotérmica

#### **d) Pletina de Cobre**

Una pletina es literalmente un perfil metálico de cobre, es decir metal formado en "hojas", superficies planas de grosor adecuado, según lo que se determine mediante los cálculos respectivos.

La pletina ocupa un lugar especial en la industria como tal por sus múltiples aplicaciones y en el mercado, estas piezas se encuentra bastante estandarizado, en cuanto a dimensiones y materiales, en la Tabla 4.1 se puede ver las características de las pletinas.



Fig.4.3 Pletinas de cobre

Ancho x espesor	Sección en mm.	Peso Kg/m	Carga continua en Amperios Corriente Alterna					
			Pintadas			Desnudas		
			Nº de pletinas			Nº de pletinas		
			1	2	3	1	2	3
12x2	24	0,21	125	225		110	200	
15x2	30	0,27	155	270		140	240	
15x3	45	0,4	185	330		170	300	
20x2	40	0,36	205	350		185	315	
20x3	60	0,53	245	425		220	380	
20x5	100	0,89	325	550		290	4590	
25x3	75	0,67	300	510		270	460	
25x5	125	1,11	385	670		350	600	
30x3	90	0,8	350	600		315	540	
30x5	150	1,34	450	780		400	700	
40x3	120	1,07	460	780		420	710	
40x5	200	1,78	600	1000	2060	520	900	18850
40x10	400	3,56	835	1500	1750	750	1350	1550
50x5	250	2,23	700	1200	2450	630	1100	2200
50x10	500	4,45	1025	1800	1980	920	1620	1800
60x5	300	2,67	825	1400	2800	750	1300	2500
60x10	600	5,34	1200	2100	2450	1100	1860	2200
80x5	400	3,56	1060	1800	3450	950	1650	3100
80x10	800	7,12	1540	2600	2950	1400	2300	2600
100x5	500	4,45	1310	2200	4000	1200	2000	3600

Tabla 4.1 Cargas de pletinas de cobre, según Norma DIN 43671

### e) Placas de Cobre

Los electrodos de placa son de cobre o de acero galvanizado. Las planchas de acero galvanizado tienen un mínimo de 3mm de espesor y son cuadradas de 915 o 1220 mm por lado. Las planchas de cobre son típicamente cuadradas de 600 mm ó 900 mm de lado y entre 1,6 mm y 3 mm de espesor.

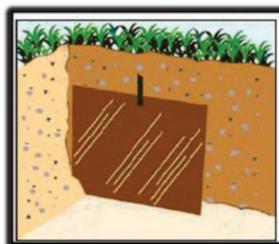


Fig.4.4 Placa rectangular de cobre enterrada

Una expresión simplificada para determinar su resistencia de puesta a tierra es:

$$R = \frac{0,8pe}{L} [\Omega]$$

Siendo L (m) la profundidad máxima y pe (ohm-m) la resistividad equivalente del terreno.

Los electrodos de puesta a tierra de placas deben tener contacto con el suelo un mínimo de 0,2 m<sup>2</sup> de superficie.

Los electrodos de puesta a tierra de placas de hierro o de acero deben tener un espesor mínimo de 6,4 mm. Los electrodos de puesta a tierra de metales no ferrosos deben tener un espesor mínimo de 1,52 mm.

#### f) Electrodos horizontales

Se usarán cables de cobre desnudo de al menos 35 mm<sup>2</sup> de sección o cables de acero galvanizado de un mínimo de 2.5 mm de diámetro. Estos electrodos deberán enterrarse horizontalmente a una profundidad mínima de 60 cm.

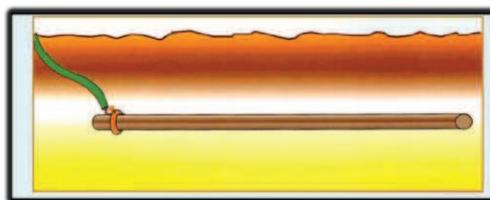


Fig.4.5 Electrodo Horizontal

#### g) Electrodos activos<sup>2</sup>

Son dispositivos o equipos de cobre que se usan cuando no se dispone de superficie para instalar una malla normal y según los cálculos realizados para obtener valores de puesta a tierra bajo los 5Ω como indica la norma.

---

2

[http://www.pro cobre.org/archivos/pdf/download\\_biblioteca/MANUALES/Mallas\\_de\\_Tierra.pdf](http://www.pro cobre.org/archivos/pdf/download_biblioteca/MANUALES/Mallas_de_Tierra.pdf)

Consiste de un tubo de cobre llenado parcialmente con sales o sustancias conductoras, con perforaciones en los extremos superior (para ventilación) e inferior (para drenaje) y sellados ambos extremos con tapas. (Ver Fig. 4.6).

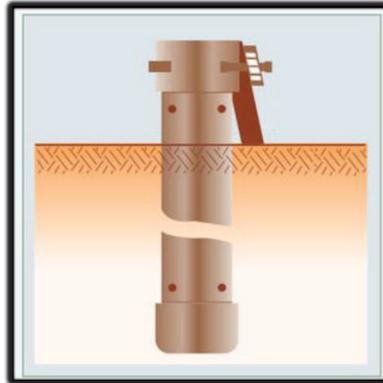


Fig. 4.6 Electrodo activo o raíz electrolítica

Es una alternativa atractiva cuando no se dispone de mucho terreno y se desea obtener bajo valor de impedancia, pero tiene un inconveniente que se requiere realizar mantenimientos periódicos reemplazando los químicos caso contrario en un determinado lapso de tiempo quedara inútil la puesta a tierra.

## **CAPITULO V**

### **SEGURIDAD INDUSTRIAL**

#### **5.1 INTRODUCCIÓN**

Este capítulo es de gran importancia para todos los profesionales electricistas ya que se trata de prevenir los accidentes de origen eléctrico en los trabajos relacionados con instalaciones eléctricas. Y es interesante, para el operario que debe realizar el trabajo y enfrentarse directamente con los riesgos y peligros de la corriente eléctrica.

Es indudable que los accidentes son eventos altamente costosos para las empresas y organizaciones y que traen repercusiones graves para los involucrados y sus familias.

No es la sola obligación de cumplir con leyes y reglamentos, sino evitar la pérdida de recursos, la fuerza de trabajo por un lado, el sufrimiento humano y la pérdida de imagen por otro lado, sino que la seguridad en el trabajo trae grandes beneficios en calidad, productividad, compromiso, crecimiento de la organización, confianza de los clientes, dado que prácticamente no existe peligro que pueda ser evitado a través de medidas prácticas de prevención de accidentes.

##### **5.1.1 DEFINICIÓN DE SEGURIDAD INDUSTRIAL**

Se entiende por seguridad industrial al conjunto de técnicas y actividades destinadas a la identificación, valoración y control de las causas o condiciones de trabajo que pueden generar accidentes de trabajo, daños a la propiedad o producción.



Fig.5.1 Accidentes por falta de seguridad industrial

### 5.1.2 CONCEPTOS BÁSICOS

A continuación vamos a definir algunos conceptos relacionados con los trabajos de instalación en sistemas eléctricos:

**Zona de trabajo.** Lugar donde se desarrollan las actividades laborales de uno o más operarios. Sus límites serán fijados por el jefe de trabajo.

**Elemento con voltaje.** Es el que tiene un potencial eléctrico elevado o superior del potencial de tierra.

**Cerrar un círculo.** Establecer las conexiones conductoras que permiten el paso de la corriente eléctrica.

**Bloqueo o enclavamiento.** Medios mecánicos o eléctricos que imposibilitan las maniobras en una instalación o en un elemento de la misma.

**Comprobación de ausencia de voltaje.** Verificaciones necesarias para comprobar si una instalación o parte de ella tiene voltaje.

**Poner a tierra.** Acción de unir un aparato o una parte de la instalación eléctrica, mediante un elemento conductor, a una toma de tierra.

**Poner a tierra y en cortocircuito.** Acción de unir todas las fases de una instalación, mediante un elemento conductor que previamente ha sido conectada a tierra.

**Instalación eléctrica.** Son todos los equipos eléctricos necesarios para la producción, transmisión, distribución y utilización de la energía eléctrica.

**Peligro eléctrico.** Es toda fuente o situación de daño en términos de lesiones, debido a la presencia de energía eléctrica.

**Lesión eléctrica.** Es toda herida corporal producida por shock eléctrico, quemadura eléctrica, arco eléctrico, por fuego o explosión producida por energía eléctrica

**Trabajo eléctrico.** Es todo trabajo realizado sobre, con o en proximidad de una instalación eléctrica, tal como ensayos y medidas, reparación sustitución, modificación, ampliación, construcción y verificación.

**Trabajo con voltaje.** Es todo trabajo durante el cual, un trabajador entra en contacto con elementos que tengan energía eléctrica, o entra en la zona de trabajo con tensión, bien sea, con una parte de su cuerpo o con herramientas, equipos o dispositivos que manipule.

**Trabajo sin voltaje.** Es el trabajo realizado en instalaciones eléctricas sin voltaje y sin carga eléctrica que se realiza después de haber tomado todas las medidas para prevenir el peligro eléctrico.

**Circuito eléctrico.** Un circuito eléctrico es una serie de elementos o componentes eléctricos, tales como resistencias, inductancias, condensadores y fuentes, o electrónicos, conectados eléctricamente entres sí con el propósito de generar, transportar o modificar señales eléctricas.

### **5.1.3 DISPOSICIONES GENERALES PARA LA REALIZACION DE INSTALACIONES ELECTRICAS.**

1.- Todos los trabajadores que ejecuten el montaje de instalaciones eléctricas, deberán obtener una licencia ante los institutos educativos de nivel artesanal calificados por el Comité Interinstitucional de Seguridad e Higiene del Trabajo.

2.- Para obtener la licencia que autorice la realización de trabajos eléctricos especializados, los interesados deberán acreditar mediante evaluaciones, exámenes y títulos, conocimientos en esta rama, además de ser debidamente instruidos en las disposiciones de los Reglamentos de Seguridad e Higiene del Trabajo y las del presente Reglamento.

La licencia tendrá una duración de cuatro años, desde la fecha de su expedición al término de la cual deberá ser refrendada ante la entidad designada por el Comité Interinstitucional de Seguridad e Higiene del Trabajo y vigilados por este mismo organismo. Las empresas están obligadas a cumplir este requisito. Los fondos recaudados por el pago de las licencias, se destinarán a financiar los planes y programas del Comité.

3.- El Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, en base a lo establecido en el Estatuto y el Reglamento General del Seguro de Riesgos del Trabajo, colaborará técnica y pecuniariamente en la realización de los cursos de formación de técnicos en esta rama de actividad, para lo cual previamente se firmarán convenios con las entidades educativas seleccionadas para esta finalidad.

## **5.2 SEGURIDAD EN INSTALACIONES ELECTRICAS**

Las instalaciones de generación, transformación, transporte, distribución y utilización de energía eléctrica, tanto de carácter permanente como provisional, así como las ampliaciones y modificaciones, deben ser planificadas y ejecutadas en todas sus partes, en función del voltaje que define su clase, bajo las siguientes condiciones:

- 1. Con personal calificado**, es decir personal que este capacitado en el montaje y operación de equipos e instalaciones eléctricas y en los riesgos que en ellos puedan presentarse.
- 2. Con material adecuado**, el empleo de materiales de calidad permitirá instalaciones eléctricas confiables y seguras.
- 3. Con aislamiento apropiado**, impidiendo choques eléctricos es decir el paso de corriente en las instalaciones eléctricas.
- 4. Con suficiente solidez mecánica**, en relación a los diferentes riesgos, de deterioro a los cuales pueden quedar expuestas, de manera que la corriente eléctrica no llegue a recalentar peligrosamente a los conductores, a los aislantes, a los objetos colocados en su proximidad; a fin de que el personal quede protegido contra riesgos de contacto

involuntario con conductores o piezas conductoras habitualmente energizadas, protección que puede darse:

- a) Por alejamiento de las partes conductoras energizadas;
- b) Mediante la colaboración de obstáculos entre el personal y las partes conductoras energizadas; o,
- c) Con aislamiento apropiado.

**5. Aplicación de las medidas necesarias** para que las personas queden protegidas contra riesgos de contacto accidental con estructuras metálicas, energizadas por fallas del aislamiento, se debe tener en consideración en forma obligatoria lo siguiente:

- a) Puesta a tierra (aterriaje) de las estructuras metálicas y masas;
- b) Conexiones equipotenciales; y,
- c) Conductores de protección.

#### **5.2.1 IDENTIFICACIÓN DE APARATOS Y CIRCUITOS**

Los aparatos y circuitos que componen una instalación eléctrica deben identificarse con etiquetas o rótulos, o por otros medios apropiados con el objeto de evitar operaciones equivocadas que pueden provocar accidentes;

#### **5.2.2 SEPARACIÓN DE LAS FUENTES DE ENERGÍA**

1. En el origen de toda instalación se colocará un dispositivo que permita separar la fuente de energía. Esta separación debe hacerse en todos los conductores activos;
2. En las instalaciones con varias salidas debe hacerse una separación por salida;
3. Todo aparato que se utilice para cortar la corriente eléctrica, debe hacerlo simultáneamente en todos los conductores activos en una sola maniobra.

### **5.2.3 INTERVENCIÓN EN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

1. Toda persona que intervenga en operación y mantenimiento de instalaciones eléctricas, debe:
  - a) Tener una credencial que acredite su conocimiento técnico y de seguridad industrial conforme a su especialización y a la actividad que va a realizar;
  - b) Estar autorizado por la empresa o institución en la cual presta sus servicios para ejecutar el trabajo asignado; y,
  - c) Estar formado en la aplicación correcta de los primeros auxilios y especialmente en la técnica de respiración artificial y masaje cardíaco externo.
2. Todo trabajo que se realice en una instalación eléctrica se efectuará en presencia y bajo la dirección de un técnico designado por la empresa o institución responsable;
3. El personal que realice trabajos en instalaciones eléctricas dispondrá:
  - a) De un medio que asegure una eficaz comunicación con el centro de maniobras; y,
  - b) De vehículo de transporte diseñado de manera que los materiales, equipos y herramientas vayan separados del personal, el cual debe viajar cómodamente sentado dentro de una cabina.
4. Se colocarán barreras protectoras o cualquier medio de señalización eficiente que delimite o indique el lugar de trabajo en forma clara y completamente visible;
5. Si se interviene en instalaciones sin voltaje, se dispondrá de esquemas de la instalación en los que se indique claramente los puntos de corte de la corriente;

6. A efectos de seguridad las líneas aéreas montadas sobre los mismos postes o estructuras, en todo o en parte de su recorrido, se considerarán como de igual tensión a la de la más elevada; y,
7. Queda prohibido retirar los resguardos de protección de las celdas de una instalación antes de dejar sin voltaje los aparatos y conductores situados en ellas, así como poner voltaje a dichos aparatos y conductores sin cerrar debidamente la celda con sus correspondientes resguardos.

#### **5.2.4 TRABAJOS EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS SIN VOLTAJE**

Antes de que el personal acceda a las instalaciones, se adoptarán las siguientes precauciones:

a) En el origen de la instalación:

1. Abrir con corte visible todas las posibles fuentes de corriente;
2. Enclavar o bloquear los aparatos de corte de la corriente operados y señalizarlos con prohibición de maniobra;
3. Comprobar la efectiva ausencia de voltaje, con un equipo de comprobación apropiado; y,
4. Poner a tierra las fases, en el lado que quedó sin voltaje, lo más cerca posible al aparato de corte de la corriente operada.

b) En el lugar del trabajo:

1. Verificar la ausencia de voltaje con equipo apropiado;
2. Poner a tierra las fases en todos los posibles puntos de retorno intempestivo de la corriente;
3. Delimitar el lugar de trabajo con señalización apropiada; y,
4. Indicar al personal la parte de la instalación en la que se va a trabajar y la parte o partes de la misma, que queda energizada.

Para restablecer el servicio se procederá de la siguiente manera:

a) En el lugar de trabajo:

1. Reunir a todo el personal que ha intervenido en el trabajo, para informarle que se va a restablecer el servicio;
2. Retirar las puestas a tierra y señalización utilizadas; y,
3. Verificar, en los puestos de trabajo, que el personal no haya olvidado herramientas o materiales.

b) En el origen de la instalación:

1. Retirar las puestas a tierras; y,
2. Retirar los bloqueos puestos en los aparatos de corte de la corriente operados, así como la señalización que se haya utilizado.

#### **5.2.5 INTERVENCIÓN EN INSTALACIONES SIN VOLTAJE**

1. Cumplir lo dispuesto en los numerales de Trabajos en instalaciones eléctricas sin voltaje.
2. Proveerse de planos de ubicación de los cables o conductores.
3. Identificar con toda claridad, en el puesto de trabajo, el cable o conductor en el que se va a intervenir.
4. Proteger mecánicamente al cable o cables vecinos (o conductor o conductores vecinos) del que se va intervenir.

#### **5.2.6 INTERVENCIÓN EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS ENERGIZADAS**

1. Los trabajos en instalaciones eléctricas energizadas se realizarán cumpliendo estrictamente un programa diseñado por un técnico competente autorizado por la empresa o institución responsable y bajo su constante vigilancia;
2. El personal que intervenga en trabajos, en instalaciones energizadas estará debidamente formado para aplicar según sea el caso, el procedimiento de trabajo que corresponda, esto es: al contacto, a distancia o al potencial;

3. Se utilizarán herramientas y equipos de protección con aislamiento y técnicas de utilización y procedimiento de trabajo concordantes con el valor del voltaje de servicio de la instalación en la que se va a intervenir;
4. No debe iniciarse, reiniciarse o continuarse ningún trabajo en una instalación energizada a la intemperie, si en el lugar de trabajo hay precipitaciones, descargas atmosféricas, viento, niebla espesa, insuficiente visibilidad; y,
5. No se realizarán trabajos en instalaciones energizadas en lugares donde existan sustancias explosivas o inflamables.

### **5.2.7 MEDIDAS DE SEGURIDAD EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

Al realizar una instalación eléctrica deben tenerse en cuenta los dos peligros principales enunciados: descarga eléctrica e incendio o explosión.

a) Descarga a través de ser humano:

Si el individuo no aislado toca uno de los polos de un conductor la electricidad se descargará a tierra a través de su cuerpo. En cambio, si el contacto se realiza simultáneamente con los dos polos del conductor, el cuerpo del individuo servirá para cerrar el circuito.

La magnitud del daño producido por una descarga eléctrica depende de la intensidad de la corriente (amperaje), de la duración de la misma y de la trayectoria recorrida en el cuerpo del sujeto.

Dado que en el momento de la descarga eléctrica el individuo pasa a formar parte del circuito se debe tener en cuenta otros factores tales como su mayor o menor conductividad, por ejemplo, el estado de humedad de la piel influye, ya que si ésta está mojada disminuye su resistencia al paso de la corriente eléctrica, es decir que el sujeto se vuelve mejor conductor.

El peligro de muerte es mayor cuando la corriente eléctrica atraviesa órganos vitales en su paso por el individuo: corazón (fibrilación), pulmones, sistema nervioso (paro respiratorio).

b) Producción de un incendio o explosión:

Se ha visto que uno de los fenómenos que acompaña el paso de corriente eléctrica a través de un conductor es la producción de calor (efecto Joule), que es mayor cuanto más grande sea la resistencia del conductor.

Si este fenómeno se produce en instalaciones eléctricas de gran resistencia y tamaño se lleva al aumento de la temperatura en un área, lo que es particularmente peligroso si se encuentra en la misma materiales fácilmente inflamables.

Otro peligro es la producción de chispas entre dos conductores.

### **5.3 SEGURIDAD EN INSTALACIONES DE ACOMETIDAS ELECTRICAS**

Parte fundamental de las acometidas eléctricas forma los transformadores, por lo tanto existen una serie de normas de seguridad para el uso de estos.

#### **5.3.1 TRANSFORMADORES**

1. Para considerar sin voltaje a un transformador es necesario que estén desconectados los devanados primario y secundario;
2. No se permitirá que un transformador desconectado en el lado de alto VOLTAJE, reciba corriente por el lado de bajo voltaje;
3. Si no se dispone de un aparato de corte de la corriente que permita poner o sacar del servicio a un transformador con carga, se procederá de la siguiente manera:
  - a) Para poner en servicio a un transformador se deberá empezar conectando el devanado de mayor voltaje.
  - b) Para sacar del servicio a un transformador deberá empezarse por desconectar el devanado de menor voltaje.
4. Se prohíbe la realización de trabajos en el interior de cubas de transformadores, sin antes comprobar la total eliminación de los gases;
5. Se prohíbe fumar y utilizar cualquier clase de llama en las proximidades de un transformador refrigerado con aceite;

6. Cuando se realicen trabajos de manipulación de aceite de transformador, se dispondrá de los elementos adecuados para la extinción de incendios; y,
7. Cuando se realicen trabajos en un transformador que tiene protección automática contra incendios, esta protección automáticamente estará bloqueada para evitar un funcionamiento intempestivo.

#### **5.4 SEGURIDAD EN INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN**

Para la protección contra accidentes durante el trabajo diario el individuo normal deposita más confianza en la vista que en cualquiera de sus otros sentidos. Sin embargo el ojo puede enviar al cerebro solo aquellas impresiones que le llegan por medio de ondas luminosas que suelen ser insuficientes por la falta de iluminación, lo que se asemeja a una ceguera parcial. Por ello la iluminación es un importante factor de seguridad para el trabajador. La visión es producida por la acción de dos factores:

Fisiológico (la vista), y la energía radiante natural o artificial (ondas de luz).

Además existen cuatro factores fundamentales y variables involucrados en la habilidad de ver: tamaño del objeto, contraste, brillo y tiempo de exposición. Una iluminación suficiente aumenta al máximo la producción y reduce la ineficiencia y el número de accidentes. Por ello es importante conocer los principales defectos de la iluminación:

- a) El deslumbramiento
- b) El reflejo de un brillo intenso
- c) Las sombras

La iluminación es importante para los lugares con riesgos de tropezón o caídas (escaleras, salidas de escape, etc.) Es conveniente señalar con rayas y flechas de pintura fluorescente los lugares que entrañan peligro. Los accidentes por iluminación inadecuada o insuficiente ocurren de dos formas:

1. Donde haya peligro y la iluminación sea insuficiente para descubrirlo.

2. La iluminación deficiente causa esfuerzo a los ojos, originando defectos en la visión, lo que trae como consecuencia dos errores básicos, que son:

- a. Dirigir los rayos luminosos hacia el observador, en vez de dirigirlos hacia el objeto.
- b. Realizar el sistema general de iluminación sin considerar los arreglos posteriores.

Para la prevención de accidentes y lograr un mejor desempeño de los trabajadores se debe tener un buen manejo de iluminación de acuerdo a la normativa sobre el tema y con un minucioso estudio de cada lugar de trabajo y los requerimientos visuales necesarios para la realización de cada tarea en los mismos.

#### **5.4.1 ILUMINACIÓN Y NIVELES MÍNIMOS.**

1. Todos los lugares de trabajo y tránsito deberán estar dotados de suficiente iluminación natural o artificial, para que el trabajador pueda efectuar sus labores con seguridad y sin daño para los ojos.
2. Los valores especificados se refieren a los respectivos planos de operación de las máquinas o herramientas, y habida cuenta que los factores de deslumbramiento y uniformidad resulten aceptables.
3. Se realizará una limpieza periódica y la renovación, en caso necesario, de las superficies iluminantes para asegurar su constante transparencia.

Todos los lugares de trabajo y tránsito deberán estar dotados de suficiente iluminación natural o artificial, para que el trabajador pueda efectuar sus labores con seguridad y sin daño para los ojos.

#### **5.4.2 ILUMINACIÓN ARTIFICIAL.**

En las zonas de trabajo que por su naturaleza carezcan de iluminación natural, sea ésta insuficiente, o se proyecten sombras que dificulten las operaciones, se empleará la iluminación artificial adecuada, que deberá ofrecer garantías de

seguridad, no viciar la atmósfera del local ni presentar peligro de incendio o explosión.

Se deberán señalar y especificar las áreas que de conformidad con las disposiciones del presente reglamento y de otras normas que tengan relación con la energía eléctrica, puedan constituir peligro.

### 5.4.3 RIESGOS POR ILUMINACION INADECUADA

Una iluminación inadecuada puede tener como consecuencia los siguientes problemas de salud.

a) Accidentes

b) Fatiga Visual

Molestias oculares: pesadez de ojos, picores, necesidad de frotarse los ojos, somnolencia,

Trastornos visuales: borrosidad, disminución de la capacidad visual.

c) Fatiga Mental

Síntomas extra oculares: cefaleas, vértigos, ansiedad, cansancio general.

d) Deslumbramiento

Pérdida momentánea de la visión.

En la Fig. 5.2 se puede observar los efectos de una mala iluminación.



Fig.5.2 Efectos de una mala iluminación

## **5.5 SEGURIDAD PERSONAL DURANTE LA EJECUCIÓN DE LAS TAREAS**

Para realizar cualquier tipo de trabajo se debe tener en cuenta ante todo la seguridad personal, que garantizara la salud tanto física como emocional.

### **5.5.1 TRABAJO EN ALTURAS**

Todo trabajo que se realice a una altura de 1.80 m o más, por encima o debajo del nivel de piso y en lugares donde no existen plataformas permanentes protegidas en todos sus lados con barandas o pasamanos, es un trabajo en altura.

Al trabajo en altura está asociado con varios riesgos como son:

- a) Caída de personas a distinto nivel: provocados por caídas al vacío, tanto de alturas (edificios, andamios, máquinas, vehículos, escaleras, etc.) como en profundidades (excavaciones, aberturas de tierra, etc.) por tropiezos, pérdidas de equilibrio, falta de protecciones, dificultades de paso, etc.
- b) Caída de objetos o herramientas: desde la plataforma de trabajo hacia niveles inferiores.
- c) Riesgos asociados a la actividad: asociados a la actividad que pueden verse aumentados por las condiciones en que se realizan.
- d) Contactos térmicos y/o eléctricos, debidos a las dimensiones reducidas de las estructuras y a su proximidad a instalaciones eléctricas o fuentes de calor.
- e) Fatiga física, por la adopción de posturas forzadas.
- f) Golpes y/o cortes por objetos o herramientas, por la dificultad en la manipulación en espacios reducidos.

Es por esto que para evitar este tipo de riesgos al trabajar en alturas, es necesaria la utilización de equipo de protección personal como es el arnés de seguridad con su línea de vida respectiva.

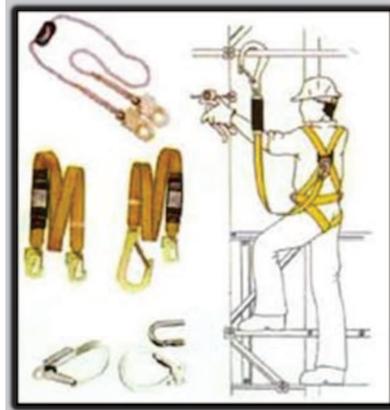


Fig.5.3 Trabajo en alturas con arnés y línea de vida

## CAPITULO VI

### MONTAJE DEL PROYECTO

#### 6.1 DESARROLLO DEL PROYECTO

La empresa SEDEMI dedicada a la construcción de estructuras y tuberías metálicas ha ampliado su planta con dos naves adicionales para el montaje de maquinaria en una área aproximada de 3600  $m^2$ .

La estructura metálica se encuentra montada sobre una plataforma de concreto sobre columnas espaciadas ocho metros, formando dos naves cobijadas por un techo metálico.

Luego de recibir la información necesaria para el desarrollo de los trabajos y considerando que las instalaciones del nuevo galpón estaban provistas de un transformador de capacidad 1,5 MVA, 22800/440-254V se realizó lo siguiente:

- a) Diseño el tablero principal de distribución
- b) Diseño de tres subtableros de capacidad 400 KVA cada uno a 440V, según demanda de carga a instalarse.
- c) Diseño de un subtablero a 220V
- d) Canaletas porta cables a utilizarse
- e) Diseño de las acometidas a los tableros de distribución
- f) Diseño del sistema de tierras del nuevo galpón
- g) Calculo del peso máximo por cada metro de las canaletas con los cables respectivos, incluyendo los accesorios de montaje
- h) Iluminación interior y exterior para las nuevas naves



Fig.6.1 Construcción de Nuevas Naves de SEDEMI

### 6.1.1 MARCO CONCEPTUAL

Los conceptos o definiciones que se indican a continuación forman parte para el desarrollo de la tesis.

#### **Carga Máxima (KW ó KVA) $D_M$**

Se conoce también como la demanda máxima y corresponde a la carga mayor que se presenta en un sistema en un periodo de trabajo establecido.

Es esta demanda máxima la que ofrece mayor interés ya que aquí es donde se presenta la mayor caída de voltaje en el sistema y por lo mismo se presentan las mayores pérdidas de energía y potencia.

#### **Factor de potencia $\cos\phi$**

Es la relación entre la potencia activa (W, KW o MW) y la potencia aparente (VA, KVA, MVA), determinada en el sistema o en uno de sus componentes.

$$\cos\phi = \frac{\text{Potencia activa}}{\text{Potencia aparente}}$$

La incidencia más importante del factor de potencia es en el porcentaje de pérdidas y en la regulación de voltaje y por lo tanto, en la calidad y economía del servicio eléctrico.

Para sistemas de distribución se fija un valor mínimo de 0,95 según la EEQ S.A. para el factor de potencia, en el caso de tener valores inferiores a este se deberá corregir este factor por parte de los usuarios.

El factor de potencia se corrige mediante la instalación de bancos de condensadores en las acometidas de los usuarios cuyas cargas así lo requieran o en los circuitos primarios.

En redes que alimentan usuarios industriales se fija un valor de 0,80 como mínimo.

### **Factor de Coincidencia**

Es la relación entre la demanda máxima coincidente de un grupo de consumidores y la suma de las demandas de potencia máxima de consumidores individuales que conforman el grupo, ambos tomados en el mismo punto de alimentación para el mismo tiempo.

La aplicación correcta del factor de coincidencia constituye un elemento muy importante en la planeación del sistema, ya que será la demanda máxima corregida por este factor la que se deberá aplicar para seleccionar el equipo (transformadores o cables) de la red, haciendo mas real y económico el diseño.

### **Caída de voltaje**

Cuando la corriente fluye por un conductor, parte del voltaje aplicado se pierde en superar la resistencia del conductor. Si esta pérdida es excesiva y es mayor a 5%, se tiene problemas en su operación.

Para calcular la caída voltaje se puede aplicar la ley de Ohm.

$$V = R \times I$$

Para el caso de los conductores usados en las instalaciones eléctricas se usa la designación Norteamericana AWG, que designa a los conductores por un número o calibre, que relaciona su tamaño o diámetro. A cada calibre del conductor le corresponde un dato de su resistencia expresada en Ohms por cada metro de longitud, lo que permite calcular:

$$R = r \times L$$

Donde:

r = resistencia en ohms/metro

L = longitud total del conductor

## 6.2 MONTAJE DEL TRANSFORMADOR

Para suplir de energía eléctrica a 440 V se ha instalado un transformador de 1,5 MVA, 22800/440V en cámara de transformación dentro de la planta.

El equipamiento a 220V tendrá como fuente de alimentación desde otro transformador de 225 KVA, 22800/220V existente y que se encuentra instalado dentro de la planta. La alimentación para el transformador auxiliar se toma directamente de la línea de medo voltaje en la cámara antigua.

## 6.3 MONTAJE DE PROTECCIONES EN TABLEROS

Las protecciones termomagnéticas se han especificado en función de la corriente nominal de cada una de las cargas, que forma parte de las acometidas de los subtableros. (Ver Fig.6.2).



Fig.6.2 Protecciones Térmicas de uno de los subtableros

Los interruptores de caja moldeada no pueden llevar el 100% de su capacidad en forma continua, así que se limita la corriente al 80% de la capacidad del interruptor. El dispositivo de sobrecorriente se selecciona así:

$$I_p = 1.25 \times I_{NOMINAL}$$

Se selecciona al breaker que se encuentra más cercano por exceso a  $I_p$ , según los estándares comerciales.

La capacidad de corriente nominal del breaker no debe ser superior a la capacidad de corriente del conductor.

Se puede elegir el breaker según la siguiente Tabla.

MONOPOLAR	BIPOLAR	TRIPOLAR
POLO x AMPERIOS	POLO x AMPERIOS	POLO x AMPERIOS
1x15	2x15	3x15
1x20	2x20	3x20
1x30	2x30	3x30
1x40	2x40	3x40
1x50	2x50	3x50
1x60	2x60	3x60
	2x70	3x70
		3x100

Tabla 6.1 Selección del breaker

Los breakers tripolares superiores a 3x100 A normalmente reciben el nombre de TOTALIZADORES.

Los valores comerciales son: 3x125A, 3x150A, 3x175 A, 3x200 A, 3x225 A, 3x250 A, etc.

## 6.4 MONTAJE DE ACOMETIDAS A LOS SUBTABLEROS

### 6.4.1 MONTAJE DE LA CANALETA PORTA CABLES.

Para el montaje de las acometidas se utilizaron canaletas porta cables del tipo escalerilla código TR-40080-PG con sus respectivos accesorios.

La escalerilla está formada por dos largueros laterales unidos por soldadura a los travesaños horizontales para proporcionar, con el mínimo peso, la

necesaria resistencia mecánica. Este tipo de Canaleta, por su forma y características de los elementos que constituyen las mismas, se pueden adaptar en función de las exigencias particulares de cada instalación.

La cantidad requerida se estableció una vez que se determinó los puntos de anclaje de los subtableros.

Una vez realizados los estudios respectivos se estableció además que el peso máximo que debería tener un metro de canaleta con los cables de acometida es de 15 kg/m, con este dato se escogió los elementos necesarios para la sujeción, y además se empleo soportes pie de amigo en cada columna y cada dos metros se instaló un par de tirantes con sus accesorios para obtener mayor solidez en el sistema de canaletas.

Ambos extremos de los soportes para cable metálicos deben estar conectados siempre a los electrodos de tierra locales.

Los soportes metálicos para cable ofrecen mejores características de compatibilidad electromagnética.

Para la instalación de la escalerilla se tomó en consideración lo siguiente:

- a) Suelda de bases metálicas alrededor de la nave (lugar donde va a estar asentada la escalerilla), una en cada columna.
- b) Al armar la escalerilla como esta compuesta de varias secciones, es necesario garantizar la continuidad uniendo correctamente las diferentes partes con sus respectivos accesorios.
- c) E igualmente fue necesario unir y asegurar la escalerilla en cada base que fue soldado a las columnas. (Ver Fig.6.3).

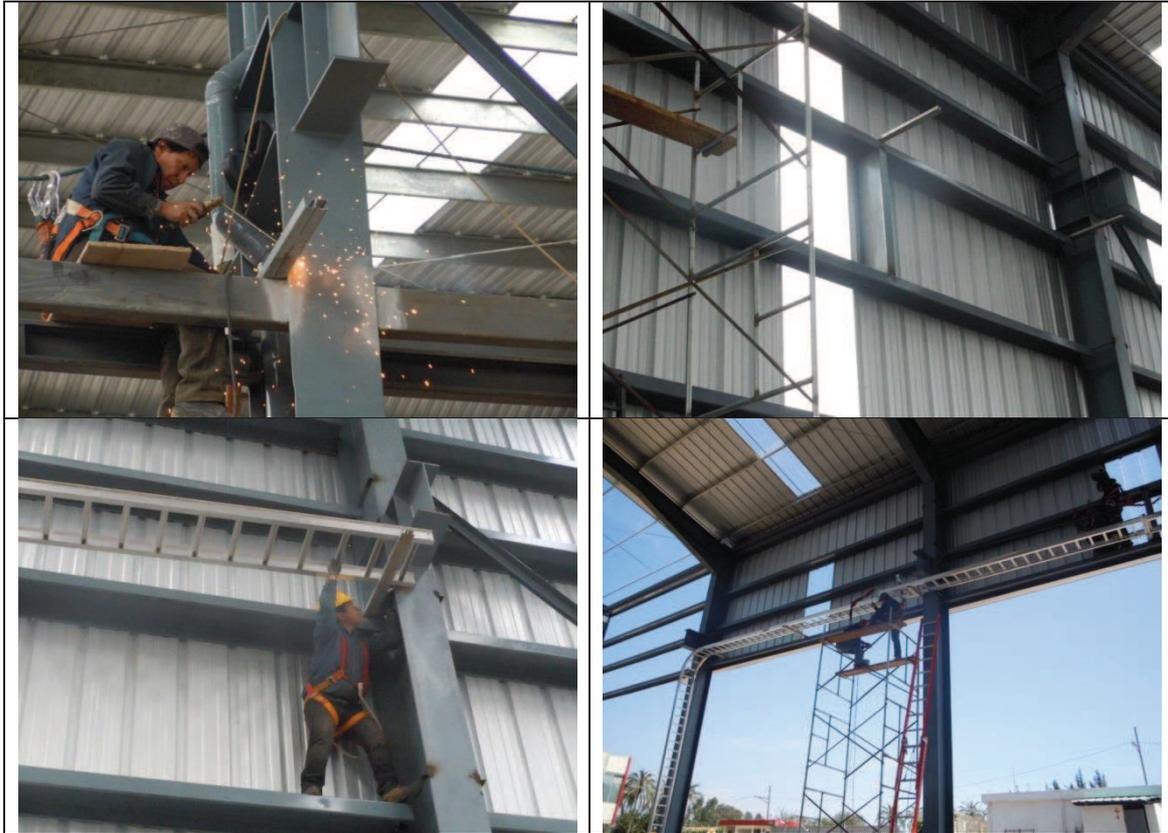


Fig.6.3 Proceso para instalación de Canaletas metálicas para distribución de Acometidas a los diferentes Subtableros de Energía.

#### 6.4.2 MONTAJE DEL TENDIDO DE CABLES.

Antes de instalar el cable en el porta cables es necesario examinar las vías para garantizar que todas las zonas estén libres de obstáculos que puedan interferir con la instalación del cable.

Las bandejas para cable tienen ranuras para sujetar los cables y cuantas más pequeñas mejor. Los tipos de ranuras que provocan menos problemas son aquellas cortadas en paralelo y situadas a cierta distancia de los cables.

Es buena idea reservar espacio dentro de la bandeja para cables de control, normalmente es necesario comandar las máquinas desde diferentes puntos como es el caso de la industria SEDEMI.

Al realizar el tendido de los cables no se deberá alterar las características mecánicas de los conductores ni de su aislamiento, debido a esfuerzos

exagerados, asegurando que las propiedades eléctricas no se vean afectadas durante el proceso de montaje.

Cuando se instaló los cables se consideró lo siguiente:

- a) La longitud necesaria de cable para cada uno de los subtableros tomando en consideración que no queden muy cortos o muy largos los tramos de cables, pero se observó que quede con cierta tolerancia.
- b) El tendido de los cables se hizo uno por uno desde el tablero principal de distribución hasta cada subtablero; cada cable fue identificado con cinta aislante de color según se indica a continuación:

Fase A = Color Rojo

Fase B = Color Amarillo

Fase C = Color Azul

Neutro = Color Blanco

Tierra = Color Verde

Un encintado (A), significa alimentación al tablero STD1 de la fase A.

Doble encintado (AA), significa alimentación al tablero STD2 de la fase A.

Triple encintado (AAA), significa alimentación al tablero STD3 de la fase A.

Las otras fases se identifican según los colores descritos anteriormente.

- c) Para el tendido de cables se respetó los radios de curvatura mínimos, y las tensiones producto de esfuerzos de tracción.
- d) Se puso especial interés en no dañar el aislamiento de los conductores mientras se realizaba el tendido de cables. (Fig. 6.5)
- e) Los cables quedaron ordenados por capas en las escalerillas, con el objeto de obtener un máximo aprovechamiento de éstas; como también, permitir intervenciones futuras sin alterar principalmente la disposición y ordenamiento establecido.

Las disposiciones de los cables en las canaletas se pueden apreciar en (Fig.6.4).

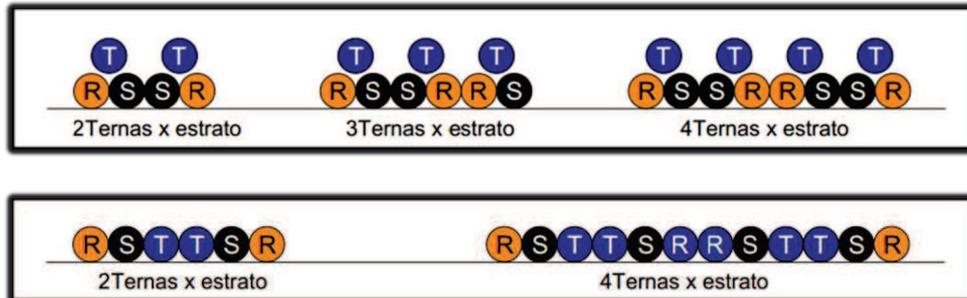


Fig.6.4 Disposición de los cables en la canaleta

Cuando los cables son tendidos en varias capas las disposiciones indicadas se repiten en cada estrato.

- f) Terminando el tendido de cables en las canaletas los conductores se fijaron a éstas con amarras plásticas con protección UV a una distancia de 1mt. A 1,4mt. (y sin exceder este último valor), también se colocaron ataduras para soportar los conductores de los travesaños, en los tramos de escalerillas verticales o inclinadas a una distancia máxima de 1mt.

No es recomendable realizar derivaciones ni uniones de cables en las escalerillas ni bandejas de acuerdo a las respectivas normas eléctricas.

A continuación en la secuencia de Fig.6.5, se aprecia el proceso de tendido de cables.





Fig.6.5 Proceso para el tendido de cable para Acometidas.

## 6.5 MONTAJE DE SUBTABLEROS

De acuerdo a la información recibida de la ubicación de la maquinaria en el nuevo galpón, se ha recomendado para el suministro de energía eléctrica el empleo de 3 subtableros a 440V y uno a 220V instalados estratégicamente dentro del galpón.

De acuerdo a la información sobre la potencia requerida proporcionada por SEDEMI y luego de varias revisiones y constatación de la potencia de las máquinas se diseñó 5 tableros que son los siguientes:

- 1) Tablero principal de distribución TDP-440 V.
- 2) Subtablero de distribución ST1-440V.
- 3) Subtablero de distribución ST2-440V.
- 4) Subtablero de distribución ST3-440V.
- 5) Subtablero de distribución STD-220V.

Los subtableros se diseñan considerando la capacidad de carga a instalarse en cada uno de ellos y con sus debidas protecciones.

También se designó de acuerdo al lugar de instalación de las máquinas los sitios para el montaje del subtableros:

- a) STD1-440V (entre las columnas 7 y 8 del eje C)
- b) STD2-440V (entre las columnas 4 y 5 del eje B)
- c) STD3-440V (entre las columnas 7 y 8 del eje A)

d) STD-220V (junto a la columna 10 del eje C).

El detalle de la implantación de lo cada uno de los subtableros se muestra en los planos adjuntos (**ANEXO 4**).



Fig.6.6 Llegada de Cables para acometida de subtablero

## 6.6 MONTAJE DE ACOMETIDAS DE SUBTABLEROS A MAQUINAS

El sistema de distribución de fuerza contempla llegar con la alimentación eléctrica a todas y cada una de las maquinas instaladas en el espacio previsto y con el nivel de energía adecuado para su normal funcionamiento a través de la protección termomagnética contra sobrecarga y cortocircuito.

Para las acometidas de cada uno de los equipos se ha considerado los siguientes aspectos:

- a) Potencia activa
- b) Voltaje nominal de funcionamiento
- c) Sistema de alimentación
- d) Posición de instalación de cada una de las maquinarias.

Dicha información ha sido proporcionada por los técnicos que laboran en la planta de SEDEMI.

### **6.6.1 DIMENSIONAMIENTO DE ACOMETIDAS DE LOS SUBTABLEROS**

Es frecuente que las instalaciones eléctricas presenten problemas originados por la mala calidad de la energía suministrada. Tales como:

- Variaciones de voltaje
- Variaciones de frecuencia
- Señal de voltaje con altos contenidos de impureza, etc...

Estos efectos producen un funcionamiento irregular en los equipos eléctricos y generan pérdidas de energía por calentamiento de los mismos y de los conductores de alimentación, los daños que genera el mal dimensionamiento y el mal uso de los conductores en una instalación eléctrica se pueden resumir en:

- Cortes de suministro
- Riesgos de incendios
- Pérdidas de energía

Por lo tanto el buen dimensionamiento de los conductores para las acometidas eléctricas tiene una importante relevancia en la operación eficiente y segura de los sistemas.

Una vez realizados los cálculos de las cargas a emplearse se determinó los diferentes tipos de acometidas.

Los conductores se dimensionan de acuerdo a dos criterios:

1. Intensidad de corriente que consume la carga
2. Caída de voltaje que se produce en la línea debido a la circulación de la corriente que circula para cada carga.

#### **6.6.1.1 INTENSIDAD DE CORRIENTE**

Según el diámetro de cada conductor, este viene caracterizada por su capacidad de transporte de corriente (en amperios), en la cual también tiene

que ver su tipo de aislamiento (recubrimiento) y el método de canalización a emplear (tubería, canastilla, etc.).

Los distintos tipos de aislación de conductores tiene relación con el uso y el medio en que van hacer utilizados, por lo tanto puede ser resistentes al agua, líquidos corrosivos, radiación UV, etc...

En todo caso, como premisa del dimensionamiento de conductores se puede establecer que:

$$I_{carga} < I_{prot} \ll I_{cond}$$

Donde:

$I_{carga}$ : Corriente nominal de la carga o consumo eléctrico

$I_{prot}$ : Corriente máxima del interruptor automático que protege al circuito

$I_{cond}$ : Capacidad máxima de transporte de corriente del conductor seleccionado.

Para la especificación del cálculo de cada uno de los calibres de los conductores que conforman la acometida de cada uno de los subtableros se ha introducido los siguientes criterios:

- a) Suma de las potencias activas (KW) a ser instaladas en las barras del correspondiente subtablero, la misma que constituye la potencia instalada  $P=KW$
- b) El dato de potencia activa ha servido de base para el cálculo de la potencia aparente instalada  $S=KVA$ , de la cual se considero un factor de potencia de 0,8 en atraso, común para el tipo de maquinaria que funciona con motores de inducción trifásicos, la fórmula aplicada es la siguiente.

$$S = \frac{P}{fp} (KVA)$$

Donde:

$S$  = potencia aparente

P = potencia activa

Fp = factor de potencia

- c) Para los subtableros STD1-440, STD3-440 Y STD-220, se ha considerado un factor de coincidencia de 0,6 en razón de que su carga es múltiple.

Y se ha determinado la Demanda Actual multiplicando el factor indicado por S (KVA).

$$DM = FC \times S (KVA)$$

$$DM = 0,7 \times S (KVA)$$

Donde:

DM = Demanda actual

FC =Factor de Coincidencia

S = Potencia Aparente (KVA)

- d) Para el subtablero STD2-440V, se ha considerado un factor de coincidencia de 0,8 puesto que el número de cargas alimentadas es menor.
- e) Con el valor de la Demanda Actual se procede al cálculo de la corriente y del conductor adecuado para la acometida según la fórmula.

$$I = \frac{DM \times 1000}{\sqrt{3} \times V_L} = A (Amperios)$$

Donde:

DM = Demanda Máxima

VL = Voltaje Nominal

A = Corriente de carga

Los conductores de conexión que alimentan a las cargas tienen que estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125 por ciento de la intensidad a plena carga, de aquí el coeficiente 1,25 para cumplir con la normativa ITC-BT-47

NOTA: Considerando que las maquinas son movidas por una serie de motores y que estos no arrancan al mismo tiempo, como tampoco funcionan juntos, de acuerdo a datos provistos por personal de SEDEMI, se ha obviado multiplicar la corriente por un factor que contemple el arranque.

### **CALCULO DE ALIMENTADORES Y PROTECCIONES**

A continuación realizaremos un ejemplo de cálculo que nos servirá como base para el dimensionamiento de los alimentadores y protecciones de cada una de las cargas o máquinas instaladas para la nueva Planta de SEDEMI.

Nota: Cada subtablero tiene su propia nomenclatura en el plano de diseño

### **SUBTABLERO STD1-440V. CARGA TRIFÁSICA**

Ejemplo de equipo: Roladora MCP

La potencia activa total de la máquina, según datos obtenidos es:

$$P = 112 \text{ KW}$$

Considerando un  $fp = 0,8$ . La potencia total aparente será.

$$S = \frac{P}{fp}$$

$$S = \frac{112 \text{ [KW]}}{0,8}$$

$$S = 140 \text{ [KVA]}$$

Para el cálculo de la corriente al ser un sistema trifásico a 440V será:

$$I = \frac{S[\text{KVA}] \times 1000}{(\sqrt{3} \times V_L)}$$

$$I = \frac{140 \times 1000}{(\sqrt{3} \times 440)}$$

$$I = 183,7 \text{ [A]}$$

Por lo tanto el conductor para el alimentador de esta máquina será 3F+T (AWG):

$$3(3 \times 3/0) + 1(2/0)$$

Con conductor tipo THHN. (**ANEXO 6**)

Para la protección térmica se utiliza.

**3P-225 A**

En el (**ANEXO 5A**), se encuentra el diagrama unifilar del STD1.

Y en la Tabla 6.2 se detalla cada una de las máquinas, calculando su potencia, calibre del conductor de alimentador y protección térmica.

**SUBTABLERO STD1 - 440V  
CARGA TRIFASICA**

Nº	EQUIPO	CARGA INSTALADA (KW)	DEMANDA (KVA)	CORRIENTE (A)	ALIMENTACION 3F + T (AWG)	PROTECCION (BREAKER)
1	ROLADORA MCP	112	140,00	183,70	3x3/0 + 1x2/0	3P-225A
2	ROLADORA MCB – 2533	24	30,00	39,36	3x8 + 1x10	3P-60A
3	ARCO SUMERGIDO	61	76,25	100,05	3x2 + 1x4	3P-125A
4	PUENTE GRUA 2x10 Tn (FACTOR 0,7)	41,52	59,31	77,83	3x2 + 1x4	3P-100A
5	AIR LIQUIDE	90	112,50	147,62	3x1/0 + 1x2	3P-175A
6	2 SALIDAS ESPECIALES DOBLES 440V-30 Amp.	36,58	45,73	60,00	3x6 + 1x8	3P-75A
7	SALIDA ESPECIAL 440V – 100 Amp.	60,97	76,21	100,00	3x2 + 1x4	3P-125A
8	2 SALIDAS ESPECIALES DOBLES 440V-30 Amp.	36,58	45,73	60,00	3x6 + 1x8	3P-75A
9	1 SALIDA ESPECIAL DOBLE + UNA SIMPLE 440V - 30 Amp.	36,58	45,73	60,00	3x6 + 1x8	3P-75A

<b>CARGA INSTALADA TOTAL (KW)</b>	499,23
<b>POTENCIA INSTALADA TOTAL (KVA)</b>	631,45
<b>DEMANDA ACTUAL (KVA)x0,6</b>	378,87
<b>POTENCIA EN BARRAS</b>	1027
<b>RESERVA</b>	648,1

Tabla 6.2. Cargas Trifásicas para Subtablero STD1. Con un Factor de Coincidencia del 60% (0,6).

## SUBTABLERO STD2-440V. CARGA TRIFÁSICA

Ejemplo de equipo: Dobladora 1

La potencia activa total de la máquina, según datos obtenidos es:

$$P = 55 \text{ KW}$$

Considerando un  $fp = 0,8$ . La potencia total aparente será.

$$S = \frac{P}{fp}$$

$$S = \frac{55 \text{ [KW]}}{0,8}$$

$$S = 68,75 \text{ [KVA]}$$

Para el cálculo de la corriente al ser un sistema trifásico a 440V será:

$$I = \frac{S[\text{KVA}] \times 1000}{(\sqrt{3} \times V_L)}$$

$$I = \frac{68,75 \times 1000}{(\sqrt{3} \times 440)}$$

$$I = 90,21 \text{ [A]}$$

Por lo tanto el conductor para el alimentador de esta máquina será 3F+T (AWG):

$$3(3 \times 2) + 1(4)$$

Con conductor tipo THHN. (**ANEXO 6**)

Para la protección térmica se utiliza.

$$3P-125 \text{ A}$$

En el (**ANEXO 5B**), se encuentra el diagrama unifilar del STD2.

En la Tabla 6.3 se detalla cada una de las máquinas, calculando su potencia, calibre del conductor de alimentación y protección térmica.

**SUBTABLERO STD2-440V  
CARGA TRIFASICA**

Nº	EQUIPO	CARGA INSTALADA (KW)	DEMANDA (KVA)	CORRIENTE (A)	ALIMENTACION 3F +T (AWG)	PROTECCION (BREAKER)
1	ROLADORA MCP 3232	112	140,00	183,70	3x3/0 + 1x2/0	3P-225A
2	DOBLADORA 1	55	68,75	90,21	3x2 + 1x4	3P-125A
3	DOBLADORA 2	55	68,75	90,21	3x2 + 1x4	3P-125A
4	CIZALLA	45	56,25	73,81	3x2 + 1x4	3P-100A
5	PUENTE GRUA 2x5 Tn (FACTOR 0,7)	16,46	23,51	30,85	3x8 + 1x10	3P-50A
6	ARCO SUMERGIDO	61	76,25	100,05	3x2 + 1x4	3P-125A
7	2 SALIDAS ESPECIALES DOBLES 440V-30A	36,58	45,73	60,00	3x6 + 1x8	3P-75A
8	2 SALIDAS ESPECIALES DOBLES 440V-30A	36,58	45,73	60,00	3x6 + 1x8	3P-75A
9	2 SALIDAS ESPECIALES DOBLES 440V-30A	36,58	45,73	60,00	3x6 + 1x8	3P-75A
10	1 SALIDA ESPECIAL DOBLE + UNA SIMPLE 440V-30A	36,58	45,73	60,00	3x6 + 1x8	3P-75A
11	ALIMENTACION A TRANSFORMADOR 440/220V	80	100,00	131,22	3x1/0+1x2(N)	3P-150A

<b>CARGA INSTALADA TOTAL (KW)</b>	570,78
<b>POTENCIA INSTALADA TOTAL (KVA)</b>	716,41
<b>DEMANDA ACTUAL (KVA)x0,6</b>	429,85
<b>POTENCIA EN BARRAS</b>	1027
<b>RESERVA</b>	597,2

Tabla 6.3 Cargas Trifásicas para Subtablero STD2. Con un Factor de Coincidencia del 60% (0,6).

## SUBTABLERO STD3-440V. CARGA TRIFÁSICA

Ejemplo de equipo: Grallanadora

La potencia activa total de la máquina, según datos obtenidos es:

$$P = 140 \text{ KW}$$

Considerando un  $fp = 0,8$ . La potencia total aparente será.

$$S = \frac{P}{fp}$$

$$S = \frac{140[\text{KW}]}{0,8}$$

$$S = 175 [\text{KVA}]$$

Para el cálculo de la corriente al ser un sistema trifásico a 440V será:

$$I = \frac{S[\text{KVA}] \times 1000}{(\sqrt{3} \times V_L)}$$

$$I = \frac{175 \times 1000}{(\sqrt{3} \times 440)}$$

$$I = 229,63 [\text{A}]$$

Por lo tanto el conductor para el alimentador de esta máquina será 3F+N+T (AWG):

$$3(2 \times 1/0) + 1(1/0) + 1(1/0)$$

Con conductor tipo THHN. (**ANEXO 6**)

Para la protección térmica se utiliza.

$$3P-250 \text{ A}$$

En el (**ANEXO 5C**), se encuentra el diagrama unifilar del STD3.

En la Tabla 6.4 se detalla cada una de las máquinas, calculando su potencia, calibre del conductor de alimentador y protección térmica.

**SUBTABLERO STD3 - 440V  
CARGA TRIFASICA**

Nº	EQUIPO	CARGA INSTALADA (KW)	DEMANDA (KVA)	CORRIENTE (A)	ALIMENTACION (AWG)	3F + N + T	PROTECCION (BREAKER)
1	GRALLANADORA	140	175,00	229,63	3x(2x1/0) + 1x1/0	+1x1/0	3P-250 A
2	SIERRA PEDDINGHAUS	12	15,00	19,68	3x10 + 1x10		3P-20 A
3	PERFORADORA PEDDINGHAUS	12	15,00	19,68	3x10 + 1x10		3P-20 A
4	PROCESADORA DE PLCAS KF	140	175,00	229,63	3x(2x1/0) + 1x1/0	+1x1/0	3P-250 A
5	T MASTER	35	43,75	57,41	3x6+1x8+1x10		3P-60 A
6	FUENTE DC – 1000	61	76,25	100,05	3x2+1x4		3P-125 A
7	FUENTE DC – 1000	61	76,25	100,05	3x2+1x4		3P-125 A
8	TALADRO	15	18,75	24,60	3x10 + 1x10		3P-30 A
9	SISTEMA DE CORTE	25	31,25	41,00	3x8+1x10		3P-50 A
10	PUENTE GRUA DE 10 TN	20,76	25,95	34,05	3x8+1x10		3P-50 A
11	TRANSFORMADOR	1	1,25	1,64	3x10 + 1x10		3P-20 A
12	3 SALIDAS ESPECIALES SIMPLES 440V	36,58	45,73	60,00	3x6+1x8		3P-75 A
13	ALIMENTACION A TRANSFORMADOR 440/220V	80	100,00	131,22	3x1/0+1x2(N)		3P-150 A
<b>CARGA INSTALADA TOTAL (KW)</b>		639,34					
<b>POTENCIA INSTALADA TOTAL (KVA)</b>		799,18					
<b>DEMANDA ACTUAL (KVA)x0,6</b>		479,51					
<b>POTENCIA EN BARRAS</b>		1027					
<b>RESERVA</b>		547,5					

Tabla 6.4. Cargas Trifásicas para Subtablero STD3. Con un Factor de Coincidencia del 60% (0,6).

De los datos obtenidos de las cargas instaladas en STD1, STD2 y STD3, se calcula el consumo Total para el Tablero de Distribución Principal TDP.

En el **(ANEXO 5D)**, se encuentra el diagrama unifilar del TDP.

En la Tabla 6.5., se calcula las acometidas principales para cada subtablero. Con conductor tipo MULTIPLEX. **(ANEXO 6)**

**TABLERO PRINCIPAL DE DISTRIBUCION TPD - 440V  
CARGA TRIFASICA**

Nº	EQUIPO	CARGA INSTALADA (KW)	DEMANDA (KVA)	CORRIENTE (A)	ALIMENTACION 3F+T (AWG)	PROTECCION (BREAKER)
1	SUBTABLERO STD1 - 440V	499,23	378,87	497,14	3 (3x3/0)+2x3/0	3P- 600 A
2	SUBTABLERO STD2 - 440V	570,78	429,85	564,03	3 (3x3/0)+2x3/0	3P- 800 A
3	SUBTABLERO STD3 - 440V	639,34	479,51	629,19	3 (3x3/0)+2x3/0	3P- 800 A

<b>CARGA INSTALADA TOTAL (KW)</b>	1709,35
<b>POTENCIA INSTALADA TOTAL (KVA)</b>	1288,23
<b>DEMANDA ACTUAL (KVA)x0,7</b>	901,76
<b>POTENCIA EN BARRAS</b>	1500
<b>RESERVA</b>	598,2

Tabla 6.5. Cargas Trifásicas Total para Tablero TPD. Con un Factor de Coincidencia del 70% (0,7).

## CONDUCTORES PARA ACOMETIDAS DE TABLERO Y SUBTABLEROS

Para las acometidas de cada tablero y subtableros, y en vista de que el ambiente industrial es agresivo con el aislamiento de los conductores y debido a los procesos industriales que se generan en la planta de SEDEMI, se toma la decisión de utilizar conductores MULTIPLEX.

Los mismos que están revestidos de Polietileno que tienen una resistencia dieléctrica muy alta, buena resistencia mecánica y alta resistencia al ataque de sustancias químicas; por lo tanto, es el mejor material para revestir los conductores para instalaciones aéreas.

Los cables Multiplex se utilizan para acometidas de servicio, líneas alimentadoras de bajo voltaje (600 V o menos) y para distribución secundaria; también se usan extensamente en los sistemas de alumbrado de calles.

Las ventajas de estos cables consisten en que se reduce el número de conductores que han de tenderse, ajustarse a la flecha y atarse a los terminales. Este detalle ahorra considerable material y tiempo para la ejecución.

Debido a la estrecha separación, se reduce la reactancia y la caída de voltaje. Además lo que es de mucha importancia en las localidades, mejora la apariencia de las líneas tendidas en alto.

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Los cables Multiplex están manufacturados para cumplir o exceder las especificaciones aplicables de ASTM, IPCEA - S - 61 - 402.



Fig.6.7 Cable utilizado para Acometidas

## **APLICACIONES DE LOS CONDUCTORES MULTIPLEX**

Los conductores multiplex se utilizan para circuitos de potencia y control, para instalaciones aéreas fijas; Especialmente recomendados en circuitos que exigen cables flexibles.

## **CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES**

Los cables Multiflex se caracterizan por su extra flexibilidad, lo que permite una instalación fácil en lugares en los cuales la canalización es compleja. Está compuesto por conductores de cobre multifilares con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), revestimiento de PVC de gran flexibilidad y resistencia a la abrasión, con un bajo coeficiente de fricción, permite realizar instalaciones simples, fáciles y seguras, dado que posee características de NO-Propagación y auto extinción del fuego.

## **CONDUCTORES PARA ACOMETIDAS DE SUBTABLEROS A LAS MAQUINAS**

Para las acometidas derivadas de cada subtableros hasta cada una de las maquinarias se empleó conductos tipo THHN.

El conductor tipo THHN con una temperatura de operación de 90°C, cuenta con una mayor capacidad de deslizamiento y resistencia mecánica ya que se fabrica con una cubierta termoplástica protectora de NYLON transparente, cumpliendo y superando los estándares requeridos actualmente para las instalaciones domiciliarias, comerciales e industriales.

## **ESPECIFICACIONES Y CARACTERÍSTICAS ESPECIALES**

Su aislamiento de PVC no propaga la flama y la cubierta de nylon brinda protección mecánica y resistencia a los derivados del petróleo, agentes químicos y aceites. Además es fácil de instalar por sus características adecuadas para un desplazamiento más eficiente en ductos, tuberías y bandejas.

Los conductores THHN pueden instalarse en tuberías eléctricas, metálicas o plásticas, en banco de ductos y los calibres 1/0 AWG y mayores se pueden instalar en bandejas o escalerillas. Estos productos se fabrican en colores negro, rojo, blanco, azul, verde y amarillo para los calibres 14AWG al 1AWG. Del calibre 1/0AWG al 1000 MCM se fabrican en color negro resistente a la intemperie.

## **APLICACIONES**

Por su aislamiento resistente a altas temperatura, el conductor THHN es adecuado para usos industriales en la conexión de motores, tableros de control y en acometidas eléctricas.

### **6.6.1.2 CAÍDA DE VOLTAJE**

Esta tiene relación con el hecho de que mientras mas lejos se encuentre el punto de consumo del punto de suministro de energía, la caída de voltaje en el extremo de la línea será mayor.

Esto puede solucionarse utilizando conductores de mayor calibre al seleccionado originalmente, de acuerdo a la capacidad de transporte.

Para el calculo de las caídas de voltaje se ha seguido estrictamente el método de la Norma IEEE Std 141 – 1993 “Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants”.

El porcentaje límite de caída de voltaje en la etapa de distribución en baja tensión, establecido por la norma es 5%.

La longitud de las acometidas se determinó una vez conocida la posición exacta de los subtableros. Y se detalla en la Tabla 6.6.

ACOMETIDA	LONGITUD (METROS)	LONGITUD (PIES)	DETALLE DE ACOMETIDA	BREAKER (AMP)	CANTIDAD DE CONDUCTORES (MTS)	
					1/0	3/0
STD1	100	328	3(3X3/0)+2X3/0	3P-600 A	-	1100
STD2	35	114,8	3(3X3/0)+2X3/0	3P-800 A	-	385
STD3	120	393,6	3(3X3/0)+2X3/0	3P-800 A		1320
STD 220	115	377,2	3(2X1/0)+1X1/0	3P-300 A	1050	-
TOTAL					1050	2805
TOLERANCIA DE 10%					105	280,5
TOTAL CON TOLERANCIA DE 10%					1155	3085,5

Tabla 6.6 Longitud total de los cables a cada Subtablero

### CALCULOS

Los cálculos para encontrar el porcentaje de caída de tensión que se tiene en la instalación son:

### SUBTABLERO STD1-440V. CARGA TRIFÁSICA

Una vez teniendo:

- Potencia total aparente  $S = 378,87 [KVA]$
- Corriente total

$$I = \frac{378,87 \times 1000}{(\sqrt{3} \times 440)}$$

$$I = 497,14[A]$$

$$A = 497,14 [Amp]$$

- Conductor de AWG a KCMIL  $167,8 \times 3 = 503,4 \text{ kcmil}$  (**ANEXO 7**)
- Longitud en Pies  $100m = 328 \text{ pies}$
- $F_p = 0,8$

Con el calibre del conductor y el fp a través de la Norma IEEE Std 141 (Tabla 31-2-60°C, 60 Hz), (**ANEXO 8**), se obtiene la caída de voltaje.

La misma que es = 0,73

Luego se realiza el siguiente cálculo:

$$\text{longitud en pies} \times \text{corriente} = A - \text{pie}$$

$$328 \times 497,14 = 163061,92$$

Después se realiza:

$$\frac{(163061,92)}{10000} \times 0,73 = 11,90 \text{ V}$$

El resultado es la caída de voltaje total de la acometida. Por lo que para obtener por línea se multiplica dicho valor por la constante 0,577, que se explica en (**ANEXO 8**).

$$11,90 \times 0,577 = 6,87 \text{ V}$$

Y para obtener el tanto por ciento, se realiza una regla de tres simple, con el voltaje nominal entre fase y neutro.

$$250 \text{ V} \rightarrow 100\%$$

$$6,87 \text{ V} \rightarrow X = 2,75\%$$

Por lo tanto la caída de voltaje presente en ese circuito es de 2,75%, dentro del rango permitido.

En la Tabla 6.7 se presentan los resultados de caída de voltaje para dos condiciones de Carga total, es decir: la total y la carga actual declarada, esto en cada uno de los subtableros de distribución de energía.

ALIMENTADOR	DEMANDA	S (KVA)	CORRIENTE AMP	CONDUCTOR AWG	KCMIL O AWG	LONGITUD PIES	A-PIE	$\Delta V/10000$ A-PIE	$\Delta V/FASE$ V	$\Delta V$ %
STD1-440	TOTAL	631,45	828,56	3X3/0	503,4	328	271768,74	0,73	11,45	4,58
STD1-440	ACTUAL	378,87	497,14	3X3/0	503,4	328	163061,25	0,73	6,87	2,75
STD2-440	TOTAL	716,41	940,04	3X3/0	503,4	114,8	107917,09	0,73	4,55	1,82
STD2-440	ACTUAL	429,85	564,03	3X3/0	503,4	114,8	64750,86	0,73	2,73	1,09
STD3-440	TOTAL	799,18	1048,65	3X3/0	503,4	393,6	412749,35	0,73	17,39	6,95
STD3-440	ACTUAL	479,51	629,19	3X3/0	503,4	393,6	247650,64	0,73	10,43	4,17
STD-220	TOTAL	114,18	299,64	2X1/0	4/0	377,29	113051,18	1,1	7,18	5,6
STD-220	ACTUAL	57,09	149,82	2X1/0	4/0	377,29	56525,59	1,1	3,59	2,8

Tabla 6.7 Caídas de Voltaje en Acometidas de Subtableros

## 6.7 MONTAJE DE LUMINARIAS

Para la instalación de las iluminarias se consideró un parámetro de gran importancia “la seguridad del personal que trabajaba a una altura de 12 Metros”.

Obligatoriamente se cumplió los siguientes pasos:

- Armar los andamios necesarios sobre las horquillas de un montacargas.
- Una vez armado se aseguró las bases del andamio de tal forma, que no se permita el movimiento del mismo al subir el andamio.
- Después se realizaron pruebas de peso y estabilidad de la estructura armada.
- Dichas pruebas y el manejo del montacargas se realizó con personal capacitado y autorizado.
- Después al manejar la torre de elevación se consiguió la altura necesaria para el trabajo.
- En todo tiempo el personal necesaria y obligatoriamente debían utilizar Equipo de Protección Personal, como: Guantes, Casco, Gafas, Zapatos Punta de Acero y lo más indispensable en trabajos de altura el arnés de seguridad con su línea de vida correspondiente.



Fig.6.8 Instalación de luminarias a 12 m de altura.

### **6.7.1 SELECCIÓN DE LUMINARIAS PARA ILUMINACION DE LAS NAVES**

Para la iluminación de las naves, se escogieron lámparas de mercurio halogenado debido al factor económico, que aparentemente resultaba conveniente, no se tomó en cuenta las bondades de las luminarias LED y su recuperación económica en el tiempo que según cálculos se recuperaba el valor de las luminarias en 2 ½ años.

#### **Lámpara de mercurio halogenado**

Las características de las luminarias son: Tipo Campana, 400 W, E40, para aplicaciones industriales de suspensión, Cuerpo en aluminio, con IP65 apto para ambientes húmedos, a 220V, de peso aproximado 15Kgs. Lúmenes 30000.

Se sugirió a SEDEMI, la utilización de:

#### **Luminarias LED tipo campana**

De 200W, ideales para el remplazo de las luminarias tradicionales en fabricas, plataformas, etc., aportan un ahorro de consumo energético aunque la inversión inicial es alta, pero brinda una iluminación de calidad.

### 6.7.2 PRUEBAS CON LUMINARIAS DE MERCURIO HALOGENADO Y LED

Para las pruebas de ahorro de energía, se realizó dos circuitos independientes, cada uno de:

#### 1er circuito:

Luminarias de mercurio, 400W: tres lámparas en paralelo. Obteniendo un amperaje de funcionamiento de 7,4 Amp. (Ver Fig.6.9).



Fig.6.9 Carga en circuito de luminarias de mercurio halogenada.

#### 2do circuito:

Tres luminarias de 200W tipo LED. Obteniendo un amperaje de Funcionamiento de 2,6 Amp. (Ver Fig.6.10),



Fig.6.10 Carga en circuito de luminarias Tipo LED.

Por lo cual se llega a la conclusión que en las lámparas tipo LED la carga es casi 3 veces menor que las lámparas de mercurio halogenado, y por lo tanto genera un gran ahorro económico en el pago del suministro de energía.

A continuación se detalla el consumo en un año entre los dos tipos de lámparas, y su ahorro. (Ver Tabla.6.5).

## COMPARACION CONSUMO DE ENERGÍA

LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO			LAMPARAS LED		
CANTIDAD LAMPARAS	70	unidades	CANTIDAD LAMPARAS	70	Unidades
WATTS POR LAMPARA	400	watts	WATTS POR LAMPARA	200	Watts
HORAS	12	horas	HORAS	12	Horas
WATTS TOTALES	28	KW	WATTS TOTALES	14	KW
WATTS DIA	336	KW	WATTS DIA	168	KW
WATTS MES	10080	KW	WATTS MES	5040	KW
COSTO KW / H	0,06	USD	COSTO KW / H	0,06	USD
<b>COSTO MENSUAL</b>	<b>604,80</b>	<b>USD</b>	<b>COSTO MENSUAL</b>	<b>302,40</b>	<b>USD</b>
<b>COSTO ANUAL</b>	<b>7.257,60</b>	<b>USD</b>	<b>COSTO ANUAL</b>	<b>3.628,80</b>	<b>USD</b>

**AHORRO EN \$: 3.628,80**

Tabla.6.5 Cuadro comparativo de consumo y ahorro entre lámparas de vapor de mercurio y tipo LED.

Por lo tanto esto representaría un ahorro de \$ 3.628,80, a la empresa SEDEMI anualmente, de pago a la empresa suministradora de energía eléctrica por todo el sistema de iluminación de las naves.

Por pedido de SEDEMI y por ahorro en la instalación inicial se utilizó lámparas de mercurio halogenado.

Para el sistema de iluminación del interior del nuevo galpón se determinó la cantidad de 70 luminarias para tener un sistema eficiente y seguro para las funciones diarias de la planta.



Fig.6.11 Base soldada a Viga Metálica para instalación de luminarias



Fig.6.12 Luminarias a ser instaladas

### **6.7.3 COMPARACIONES ENTRE LAMPARA DE MERCURIO HALOGENADO Y LED**

Las ventajas de las luminarias LED comparándolas con lámparas de mercurio son enormes:

El ahorro de energía es superior y puede ahorrar hasta un 80% que la lámpara de vapor de mercurio, la vida útil es entre 5 a 10 veces más que una lámpara tradicional, la garantía mínima que da el fabricante es de 3 años. La eficacia luminosa de los LED es superior por lo que es un ahorro de energía significativo.

El espectro luminoso que tienen los LEDs se adapta mucho mejor a la sensibilidad del ojo humano lo que permite comodidad en el ambiente que se encuentre. Se reduce la absorción de polvo manteniendo la pantalla limpia, asegurando que la lámpara puede entregar eficientemente su capacidad de brillo. Las lámparas LED no se ven afectadas por un cambio de variaciones de voltaje ya que trabajan con voltajes entre 85 a 240 Voltios.

Elimina la fatiga visual causada por el efecto estroboscópico de las lámparas de vías públicas y calles tradicionales. Alcanza el brillo normal al instante, eliminando el proceso largo de partida de las lámparas tradicionales.

Por no hablar de los beneficios para el medio ambiente derivado de la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> que provocaría el uso generalizado de LEDs en lugar de las lámparas fluorescentes o incandescentes (cuya fabricación, de hecho, ya está prohibida). Además las lámparas LED no contienen mercurio (como las fluorescentes) ni materiales peligrosos, lo que abarata el reciclaje.

Por lo tanto se recomendó el empleo de Luminarias tipo Led, para la distribución del sistema de iluminación en la Planta de SEDEMI.



Fig.6.13 Luminarias Instaladas

## 6.8 MONTAJE DEL SISTEMA DE TIERRA

El sistema de Tierra ya se encontraba instalado y situado previamente antes de iniciar los trabajos de las acometidas, con el fin de brindar seguridad eléctrica a las nuevas instalaciones de la planta de SEDEMI.

Cuando se procedió a la medición de la resistencia de tierra de las dos mallas instaladas, una en la esquina Sur Occidental (1) de la plataforma de las naves y de la esquina Noroccidental (2), se obtuvo los siguientes resultados:

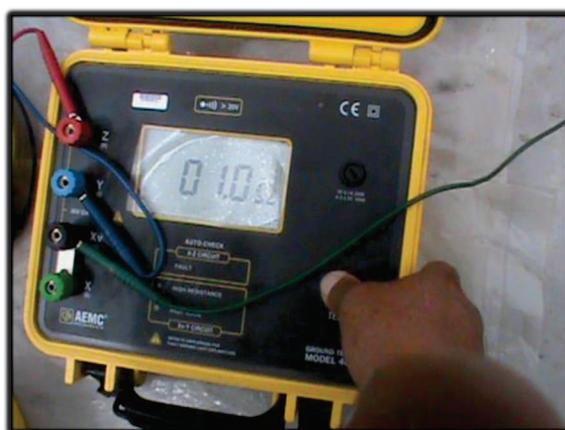


Fig.6.14 Medición de resistencia de Malla Noroccidental



Fig.6.15 Medición de resistencia de Malla Suroccidental

Malla 1: Sur occidental	2Ω
Malla 2: (Noroccidental)	1Ω

Los valores obtenidos están dentro del rango recomendado por la norma IEEE Std 142-1991 “IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems”, que establece como máximo  $5\Omega$ ; por lo tanto se aceptan las mallas de tierra, pero se recomienda que:

- Instalar una barra de cobre para distribución de tierra en cada pozo de revisión, una por cada malla. Dicha barra será de capacidad de 400 Amp y sujeta entre dos aisladores.
- Conectar con conductor de cobre desnudo N° 2/0 AWG Multifilar 19 hilos, desde la barra de tierra en el pozo de revisión hasta la barra de tierra del sub tablero de distribución.
- Desde la barra de tierra de cada subtablero saldrá la red de tierra. Donde cada máquina tendrá su propio alimentador de tierra con el conductor del calibre designado y escogido de acuerdo a la recomendación del NEC (National Electric Code).

#### **6.8.1 SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS DIRECTAS DE RAYO.**

La Norma Americana NFPA 780 (Standard for Installation of Lightning Protection Systems) recomienda un sistema de protección contra descargas directas que disminuye la probabilidad de éstas.

El sistema se fundamenta en conseguir que la carga eléctrica acumulada en la nube sea drenada en forma continua sin que se llegue a la descarga violenta.

Dicha norma indica que los techos metálicos cumplen con esta función siempre y cuando se conecten adecuadamente a tierra.

Para corroborar esta teoría la norma IEEE Std 142-1991 en el Capítulo III, Numeral 3.3.2: Equipment and Structures to be Considered, recomienda exactamente lo mismo.

Por lo antes mencionado se recomendó conectar la estructura metálica a tierra a través de 6 varillas de Copperweld, soldadas a la estructura con conductor tipo TTU 2/0 AWG color verde, respetando el código de colores.

Este sistema fue conectado al sistema principal de puesta a tierra con un elemento denominado "Vía de Chispa", que hace el papel de interruptor e interconecta los dos sistemas en el caso en que exista una descarga atmosférica.

El dispositivo vía de chispa que se encuentra instalado en uno de los pozos de revisión opera conectando los dos sistemas cuando se presenta una elevación de voltaje consiguiendo que oscilen al mismo tiempo, evitando que aparezcan diferencias de voltaje que podrían causar falla de aislamiento o daño en los equipos electrónicos. Terminado el evento el vía chispa separa los dos sistemas de puesta a tierra eliminando o disminuyendo las corrientes naturales que causan corrosión en la instalación metálica garantizando larga duración de la malla de tierra.

## CAPITULO VII

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 7.1 CONCLUSIONES

Este capítulo se centra en las conclusiones a las que se ha llegado después de realizar el montaje de las acometidas en cada tablero de distribución y de estos a cada punto de trabajo, además del sistema de iluminación para toda la nave industrial.

Al mismo tiempo estas conclusiones se complementan con las recomendaciones de la experiencia obtenida en la realización del proyecto.

- ❖ Para la realización del sistema eléctrico en el nuevo Galpón de SEDEMI, luego del estudio y análisis previo se desarrollo de un plan de trabajo que permitió avanzar periódicamente la obra y así cumplir con el objetivo general que dice textualmente “Montaje de acometidas eléctricas desde el transformador de 1.5 MVA a subtableros de distribución y de estos a las máquinas de la industria metalmecánica SEDEMI” utilizando procedimientos y normas técnicas para la ejecución de los trabajos.
- ❖ Al tener instalado por parte de SEDEMI un transformador de 1.5 MVA en la cámara de transformación permitió realizar el estudio de cargas de todas las máquinas que iban a estar en funcionamiento en el nuevo galpón y así corroborar que la capacidad de dicho transformador abastecía la demanda energética total.
- ❖ La capacidad de cada una de las cargas permitió diseñar y dimensionar cada una de los componentes eléctricos de la instalación como son: conductores, protecciones termomagnéticos, etc.
- ❖ El correcto diseño del proyecto permitió la realización de los planos AS BUILD, los mismos que quedan como documentos para futuros diseños de ampliación de la planta.

- ❖ Para el dimensionamiento de la capacidad de las protecciones térmicas se considero un factor de 1,25 adicional, para seguridad del sistema. Y se consideró que la capacidad de corriente nominal del breaker no debe ser superior a la capacidad de corriente del conductor.
- ❖ El uso de niveles de iluminación recomendados por manuales de luminotecnía especializados permite mejorar el ambiente de trabajo, disminuyendo los riesgos de accidentes laborales que afecten al trabajo de todo el personal.
- ❖ El sistema de tierra aunque a simple vista no hace ningún trabajo (razón por la cual no lo instalan en muchos lugares), resulta ser muy importante para la protección de las personas y de los equipos contra sobrevoltajes accidentales, ruidos electrónicos, la contaminación electromagnética, fallas de transmisión y facilitan el paso a tierra de las corrientes de defectos y de las descargas de origen atmosférico. De esta forma se previene catástrofes como incendios e incluso la muerte.
- ❖ Algo importante en la realización de cualquier tipo de trabajo es la seguridad personal, por lo tanto es necesario el empleo de EPP (Equipo de Protección Personal), la misma que puede salvarnos la vida ante un choque eléctrico, golpes, caídas, quemaduras etc... este permite que el ser humano no se vea afectado ni sufra algún daño grave ya que el recurso humano en cualquier trabajo es irremplazable.

## **7.2 RECOMENDACIONES**

- ❖ A lo largo del desarrollo del proyecto se pudo determinar que es importante el empleo de normas eléctricas, que establezcan límites en la funcionalidad de cada sistema, para resguardar la seguridad y confiabilidad de una instalación.
- ❖ Antes de implementar cualquier proyecto eléctrico se debe realizar un estudio y diseño de todo, para que después no exista la necesidad de realizar cambios que involucran altos costos.

- ❖ Las luminarias de vapor de mercurio poseen un alto nivel de iluminación así como que su costo inicial es bajo, y por dicha razón se utilizó este tipo de luminarias en el galpón. Aunque se recomienda el empleo de luminarias tipo de LED debido a que posee las mismas características pero su bajo consumo energético juegan un papel importante en ahorro de energía y por lo tanto al momento de pagar las planillas de energía eléctrica.
- ❖ Se recomienda trabajar con los valores de iluminación adecuadas para cada área y así evitar daños en la vista de los usuarios producto de un factor ergonómico inadecuado.
- ❖ Para la realización de trabajos delicados o de alto riesgo es necesario el uso del equipo de seguridad personal necesaria para precautelar nuestras vidas.
- ❖ El factor económico en la implantación de cualquier instalación no debería tan importante como la seguridad de las personas, y esto implica contratar personal calificado y utilizar materiales adecuados acorde a las necesidades de cada trabajo.
- ❖ Para obtener una buena unión entre las varillas de cobre y el cable desnudo en cualquier puesta a Tierra, es recomendable el uso de suelda exotérmica, que proporciona una fusión resistente y duradera, debido a que se hacen un solo cuerpo.
- ❖ Para mantener un buen funcionamiento en toda instalación eléctrica es recomendable realizar mantenimientos preventivos y limpiezas de contactos en las protecciones eléctricas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFIA

- Heiserman, R. (1985) “Manual de entrenamiento para técnicos electricistas industriales” (México), vol.1.
- González, A. Floría, P. González, D. (2006) “ Manual para el técnico en prevención de riesgos laborales”
- Ramírez, J. Suquet, R. (1973) “Instalaciones Eléctricas Generales Enciclopedia CEAC de Electricidad” (Barcelona: España).
- Ramírez, J. Ampudia, G. Ortega, J. Pisonero, J. (1980) “Talleres Electromecánicos bobinados Enciclopedia CEAC de Electricidad” (Barcelona: España).
- Ing. Isaías Cecilio Ventura Nava. (2007) “Manual Técnico Instalaciones Eléctricas Industriales”
- Enríquez Harper, Gilberto. (2002) “Guía Práctica para el Cálculo de Instalaciones Eléctricas”. Primera edición. Editorial Limusa S.A. México DF.
- Westinghouse. Manual de Luminotecnia.

## DIRECCIONES ELECTRONICAS

- <http://www.slideshare.net/jhojanricardo/evolucion-de-la-electricidad-7154026>
- <http://vicentelopez0.tripod.com/Electric.html>
- [http://recursostic.educacion.es/eda/web/tic\\_2\\_0/informes/perez\\_freire\\_carlos/temas/personajes.htm](http://recursostic.educacion.es/eda/web/tic_2_0/informes/perez_freire_carlos/temas/personajes.htm)

- <http://www.slideshare.net/jhojanricardo/evolucion-de-la-electricidad-7154026>
- [http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/112/htm/sec\\_11.htm](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/112/htm/sec_11.htm)
- <http://www.nual.com/NR/rdonlyres/A6900895-64C5-4EF2-BFAF-0CA5F83FF865/0/LogoWireSizeComparisonTable.pdf>

