

41126
36



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
CAMPUS ARAGÓN**

**CONSIDERACIONES PARA EL PROYECTO ELÉCTRICO
DE UN EDIFICIO DE OFICINAS**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

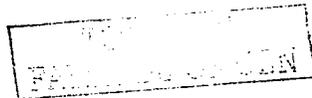
P R E S E N T A :

JORGE GALLARDO SANTIBAÑEZ

ASESOR: ING. RAÚL BARÓN VERA

MÉXICO

2003



A



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**GRACIAS MAMA, GRACIAS PAPA.
SU ESFUERZO NO FUE INÚTIL.
ESTA ES LA MEJOR DE LAS MEJORES HERENCIAS.**

CON TODO CARÍÑO A MIS HERMANOS:

**JUAN ENRIQUE
JOSE MARTÍN
ANA MARIA
MARIA TERESA
ARTURO
LAURA
BENJAMÍN**

POR SU APOYO Y ESFUERZO INCONDICIONALES.

A MI HERMOSA FAMILIA:

**GENOVEVA
JORGE ALEJANDRO
EDUARDO**

POR EL APOYO MORAL QUE SIGNIFICAN PARA MI.

**A TODAS Y CADA UNA DE LAS PERSONAS QUE
HICIERON POSIBLE LA CULMINACIÓN DE ESTE
TRABAJO Y MI CARRERA**

**TESIS CON
FALLA DE CUBIEN**

INDICE

	Página
INTRODUCCIÓN	
CAPÍTULO I GENERALIDADES	
I.1 INTRODUCCIÓN.	1
I.2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.	4
I.3 DESARROLLO DEL DISEÑO DE LA INSTALACIÓN.	4
I.4. ASPECTOS GENERALES SOBRE INSTALACIONES ELÉCTRICAS.	8
I.4.1. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.	8
I.4.2. ALGUNAS CONSIDERACIONES.	9
I.4.3 SELECCIÓN DE CONDUCTORES	13
I.4.4. CONDUCTOR NEUTRO.	14
I.4.5. TUBO CONDUIT METÁLICO TIPO PESADO	16
I.4.6. PROTECCIÓN DE CIRCUITOS.	19
CAPÍTULO II SISTEMA DE ALUMBRADO	
II.1. INTRODUCCIÓN	22
II.2. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.	23
II.2.1. INTENSIDAD LUMINOSA (I) (CANDELA)	23
II.2.2. ÁNGULO SÓLIDO (ω) (ESTEREORRADIÁN)	23
II.2.3. FLUJO LUMINOSO (&) (LUMEN)	23
II.2.4. ILUMINACIÓN (E) (LUX)	24
II.2.5. LUMINANCIA O BRILLO FOTOMÉTRICO (L) (CANDELA / m ²)	24
II.2.6. LUMINISCENCIA.	24
II.2.7. EFICIENCIA LUMINOSA (η)	24
II.2.8. LEY DE LA ILUMINACIÓN.	28
II.3. CONCEPTOS GENERALES.	26

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

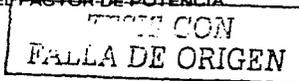
C

II.3.1. SISTEMAS DE ALUMBRADO.	26
II.3.2. MÉTODOS DE ALUMBRADO.	29
II.4. FUENTES LUMINOSAS.	30
II.4.1. INCANDESCENTE	31
II.4.2. LÁMPARAS DE DESCARGA EN ATMÓSFERA GASEOSA.	37
II.5.1.- CURVAS FOTOMÉTRICAS.	50
II.5.2.- CURVAS ISOLUX.	52
II.5.3.- CURVAS DE UTILIZACIÓN.	54
II.6.- ILUMINACIÓN INTERIOR	55
II.6.1.- MÉTODO DE LOS LÚMENES	56
II.6.2.- MÉTODO DE CAVIDAD ZONAL	63
II.6.3.-MÉTODO DE PUNTO POR PUNTO	65
II.7.- ALUMBRADO EXTERIOR	67
II.7.1.- PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DEL ALUMBRADO PÚBLICO.	68
 C A P Í T U L O : III. SISTEMA DE FUERZA.	
III.1.- INTRODUCCIÓN.	69
III.2.- DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.	69
III.3.- MOTORES ELÉCTRICOS.	79
III.3.1. CLASIFICACIÓN.	79
III.3.2.- MOTORES DE INDUCCIÓN.	80
III.3.3.- MOTORES DE CORRIENTE DIRECTA.	86
III.4.- ARRANCADORES.	89
III.4.1.- CLASIFICACIONES.	89
III.4.2.- ARRANCADOR MANUAL.	89
III.4.3.- ARRANCADOR MAGNÉTICO.	90
3.5 INSTALACIÓN DE UN MOTOR.	93

TRABAJO CON
 FALLA DE ORIGEN

1

III.5.1.- EL ALIMENTADOR.	95
III.5.2. EL INTERRUPTOR.	95
III.5.3.- EL ARRANCADOR	95
C A P I T U L O I V S I S T E M A S D E T I E R R A S Y P A R A R R A Y O S	
IV.1.- SISTEMAS DE TIERRAS.	105
VI.1.1.- INTRODUCCIÓN.	105
IV.1.2.- EFECTOS DE LA CORRIENTE EN EL HOMBRE.	105
IV.1.3.- TENSIONES TOLERABLES EN EL CUERPO HUMANO	108
IV.1.4.- ELEMENTOS PARA EL CÁLCULO DE LA RED DE TIERRAS	112
IV.1.5. PUESTA A TIERRA.	117
IV.1.6 EL DISEÑO DEL SISTEMA DE TIERRAS	119
IV.2. SISTEMA DE PARARRAYOS.	121
IV.2.1. GENERALIDADES.	128
IV.2.2. DESCARGAS ATMOSFÉRICAS.	128
IV.2.3. PARTES DE UN SISTEMA DE PARARRAYOS.	129
IV. 2.4. RECOMENDACIONES BÁSICAS.	130
C A P I T U L O V S U B E S T A C I Ó N	
V.1. INTRODUCCIÓN	132
V.2. DEFINICIÓN DE SUBESTACIÓN.	132
V.3. PARTES INTEGRANTES DE LA SUBESTACIÓN.	133
V.4. TIPOS DE SUBESTACIÓN	141
V.5. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR PRINCIPAL.	142
V.6. CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA.	143
V.6.1. COMO MEJORAR EL FACTOR DE POTENCIA.	144
V.6.2. CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA	145



E

V.6.3. CALCULO DE CAPACITORES.	145
V.7 PROTECCIÓN CONTRA CORTO CIRCUITO.	145
V.7.1. FUENTES ALIMENTADORAS DE CORRIENTES DE FALLA.	146
V.7.2. COMPONENTE DE CORRIENTE DIRECTA.	147
V.7.3. RESTRICCIONES IMPLÍCITAS Y CORRECCIONES NECESARIAS.	148
V.7.4. METODOLOGÍA PARA EL CALCULO DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO.	149
V.7.4.1. DIAGRAMA UNIFILAR Y DE IMPEDANCIAS.	150
V.7.4.2. REACTANCIAS EN POR UNIDAD.	150
V.7.4.3. CALCULO DE LA DE LA IMPEDANCIA O REACTANCIA EQUIVALENTE.	152
V.7.4.4. CALCULO DE LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO	153
V.7.4.5. IMPEDANCIAS O REACTANCIAS TÍPICAS DE LOS ELEMENTOS DE UNA INSTALACIÓN.	155
CONCLUSIONES	165
FORMULAS UTILIZADAS	
BIBLIOGRAFÍA.	

TITULO CON
FALLA DE ORIGEN

F

CAPÍTULO I GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN.

Una instalación eléctrica debe de distribuir la energía eléctrica a los equipos conectados de manera segura y eficiente. Además, debe de ser económica, flexible y de fácil acceso. Una instalación es segura cuando no presenta riesgos para los usuarios ni para los equipos que alimenta o estén cerca. Sabiendo que una instalación eléctrica es un conjunto de elementos que permiten transportar y distribuir la energía eléctrica desde el punto de suministro hasta los equipos que la utilizan y tomando en cuenta que entre estos elementos se incluyen: tableros, interruptores, transformadores, bancos de capacitores, dispositivos sensores, dispositivos de control local o remoto, cables conexiones, contactos, canalizaciones y soportes; el diseño de una instalación debe de hacerse cuidadosamente para evitar consumos innecesarios, ya sea por pérdidas en los elementos que la constituyen o para la imposibilidad para desconectar equipos o secciones de alumbrado mientras estos no son utilizados. Los proyectos de ingeniería deben de considerar las implicaciones económicas. Esto quiere decir que el ingeniero, frente a cualquier proyecto, debe de pensar en su realización con la menor inversión posible; Considerando una flexibilidad, es decir, que se pueda adaptar a pequeños cambios. Por ejemplo, una instalación aparente en tubos metálicos o charolas es más flexible que una instalación ahogada en el piso o losa.

Una instalación eléctrica bien diseñada debe de tener las provisiones necesarias para permitir el acceso a todas aquellas partes que puedan requerir mantenimiento. Por ejemplo, espacios para montar y desmontar equipos grandes y pasillo en la parte posterior de los tableros, entre otros; también debe de contar con todos los elementos que permitan entender el diseño de la instalación.

CÓDIGOS Y NORMAS.- El diseño de las instalaciones eléctricas debe hacerse dentro de un marco legal. Un buen proyecto de ingeniería es una respuesta técnica y económicamente adecuada, que respeta los requerimientos de las normas y códigos aplicables.

TRABAJE CON
FALLA DE ORIGEN

En México las NTIE (Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas), editadas por la Dirección General de Normas, constituyen el marco legal para el proyecto y construcción de instalaciones. Estas normas son generales y no pueden cubrir todo. En ciertos tipos de instalaciones pueden establecerse especificaciones que aumenten la seguridad a la vida de los equipos y que están arriba de las normas.

ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO.- Se conoce como especificaciones al conjunto de dimensiones y características técnicas que definen completamente a una instalación y a todos los elementos que la componen; dichas especificaciones deben de cumplir con las normas respectivas y no deben de dar lugar a confusiones o a interpretaciones múltiples.

VIDA DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.- Es fácil entender que la vida de una instalación eléctrica es el tiempo que transcurre desde su construcción hasta que se vuelve inservible; conocer esta información resulta muy útil porque permite saber cuanto durara la inversión. Sin embargo, es complejo precisar la vida de una instalación ya que influyen muchos factores. Entre otros están: el proyecto, la ejecución, las condiciones de uso, el mantenimiento y el medio ambiente.

Es indudable que la vida de una instalación eléctrica se alarga cuando el proyecto contempla provisiones adecuadas para posibles ampliaciones e incluye un sistema confiable de protecciones.

Por otra parte después de un buen proyecto se requiere de una construcción correcta (de acuerdo a las especificaciones del proyecto), que impida que la instalación se vuelva inservible prematuramente. Una instalación oculta protege mejor los materiales y, por tanto, tiene mayor duración que una visible, pero esta última es más accesible cuando se presenta la necesidad de hacer modificaciones.

Toda instalación se ejecuta conforme a un proyecto y cualquier modificación debe de estar asentado en los planos para mantenerlos vigentes; de lo contrario resultara cada vez más difícil localizar el origen de los problemas que se presenten. De hecho puede presentarse el caso que resulte necesario desechar por completo una instalación que a sufrido modificaciones que no han sido registradas por escrito.

TRABAJOS CON
FALLA DE ORIGEN

MATERIALES AISLANTES.- Aunque los materiales arriba mencionados tienen impacto sobre la vida de la instalación, normalmente se entiende que la duración depende del envejecimiento de los materiales utilizados, principalmente de los materiales aislantes. Estos últimos se utilizan como forros de conductores, cintas de aislar, soportes de varias clases y tipos, cubiertas protectoras y barnices.

MANTENIMIENTO.- Respecto al mantenimiento se puede decir que las instalaciones sencillas prácticamente no lo requieren mientras no haya modificaciones o mal trato. En aquellas instalaciones donde si se requiere consiste, básicamente, en limpieza, renovación de pintura, apriete de uniones, ajuste de contactos y revisión de los elementos de protección. En los transformadores es muy importante revisar periódicamente las características del aceite; en motores y generadores, mantener por otra parte engrasados los rodamientos y cambiar carbón cuando sea necesario. Por otra parte debe de protegerse algunos equipos contra malos operarios. Es claro que un mantenimiento adecuado y el buen trato alargan la vida de una instalación.

MEDIO AMBIENTE.- El medio ambiente donde se encuentra una instalación tiene una influencia importante en la vida de esta. Las condiciones de humedad, salinidad y contaminación deben ser consideradas en el proyecto.

TRABAJO CON
FALLA DE ORIGEN

1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

El inmueble es referido a edificio de oficinas que tiene un área de construcción como se indica en la siguiente tabla.

Tabla de áreas	
Superficie del terreno	1010.76m ²
Superficie total construida en oficinas	2078.68m ²
Superficie total construida estacionamientos	2962.08m ²
Superficie total construida	5040.76m ²

Planta sótano 01.- En este se encuentra el estacionamiento donde se ubica la subestación de CLYFC y el cuarto de equipo telefónico.

Planta sótano 03.- En esta se ubica el cuarto de equipo hidráulico.

Planta baja.- Se ubica la recepción y el área para personal y vigilancia.

Plantas tipo (1 – 2)- Se ubican las oficinas.

Planta de azotea.- Se ubica el cuarto de Equipo para elevadores; cuenta con dos elevadores.

1.3 DESARROLLO DEL DISEÑO DE LA INSTALACIÓN.

SERVICIO NORMAL. La alimentación eléctrica del edificio la proporciona la CIA. DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO. 23000 volts en media tensión 3 fases 3 hilos. Se instalo una subestación propia la cual es compacta, tipo interior, confinada en un área de (8.95 x 4.19) 40 m² cedida por el dueño del inmueble a la C.L. y F.C. para su operación y mantenimiento.

La subestación tiene una capacidad de 500 KVA, con un transformador de 500 KVA tipo OA con relación 23KV/220-127V.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La carga instalada del edificio es de 422 KW. Distribuida de la siguiente forma:

Servicios Generales..... 228.4 Kw.

Oficinas..... 293.5 Kw.

El factor de demanda estimado es del 75% por consiguiente:

La carga demandada es 385.4 Kw.

ALIMENTADORES.- Los alimentadores que van de los tableros generales denominados "TGN" y "TGE" ubicados en la subestación hasta el tablero derivado se alojan en tubo conduit pared gruesa en todo el ducto eléctrico vertical.

Todos los circuitos alimentadores tienen neutro independiente.

Todos los tableros llevan cable de conexión a tierra.

SERVICIOS GENERALES.- En los servicios generales del edificio se incluyen las siguientes partes:

*Alumbrado de pasillos y vestíbulo.

*Alumbrado de escaleras y baños.

*Alumbrado de emergencia.

*Alumbrado de estacionamiento, cuarto de equipo eléctrico y bombas

*Luces de obstrucción y alumbrado del cuarto de elevadores.

En cuanto a fuerza se tiene lo siguiente:

*Equipo de bombeo de agua potable.

*Equipo de bombeo de agua contra incendio.

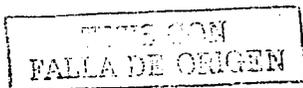
*2 motores de 40 HP para los elevadores.

ALUMBRADO.- El sistema de alumbrado de las áreas comunes se implemento con luminarias fluorescentes tipo Slim-Line, luz de día y las escaleras de emergencia con luminarias del mismo tipo pero con rejilla tipo industrial.

Las luminarias de la escalera de emergencia, así como las luces de obstrucción estarán controladas por contactor operado por foto-celda.

LUCES DE OBSTRUCCIÓN.- El edificio cuenta con 4 luces de 100W, 2 luces dobles y 2 sencillas, sobre el pretil de la azotea.

SISTEMAS DE TIERRAS.- El equipo telefónico cuenta con tres varillas de cobre conectadas con cable desnudo de cobre cal. 4/0 AWG; (Una DELTA).



El cuarto de la subestación cuenta un perímetro de conductores desnudos de calibre 4/0 AWG que esta conectado a una malla de tierras remota. El tablero general y el gabinete de transferencia de la planta de emergencia también están conectados directamente a la malla de tierras por medio del perímetro.

Todos los alimentadores de tableros y motores podrán conectarse a un conductor común de la red de tierras físicas.

SISTEMA DE PARARRAYOS.- El edificio cuenta con una punta de pararrayos de aluminio de 3 m de longitud.

Las cancelarias de aluminio están conectadas al sistema de pararrayos (cuatro conexiones por piso). Existe un acoplamiento para pruebas en cada bajada con conector bimetálico cobre-aluminio.

SERVICIO DE EMERGENCIA.- El sistema eléctrico del edificio cuenta con una planta de emergencia accionada con motor diesel, con una capacidad de 150 KV, 440-254 V, 60 Hz.

Las partes que contarán con servicio de emergencia son las siguientes:

Alumbrado de áreas comunes en un 35 % de su carga instalada.

Alumbrado de escaleras al 100% de la carga instalada.

Luces de obstrucción al 100%

Un de los elevadores al 100%

Sistema de agua potable al 100%

Sistema contra incendio al 100%

MATERIALES.

Tubería.- la tubería conduit es metálica galvanizada pared delgada en áreas de plafond y en general donde quede oculta o embebida en losa o muro. Donde quede visible o expuesta a posible daño mecánico será pared gruesa, con cajas de aluminio tipo conduit.

Conductores.- Los conductores serán cables de cobre unipolares con aislamiento para 600 V, a 90°C tipo THW en alimentadores generales y a 75°C en circuitos derivados menores a 100Amps.

Los tableros y los arrancadores serán los especificados de proyecto con gabinete para servicio interior (NEMA-1).

Accesorios.- Los elementos de interconexión en la canalización serán galvanizados.

TRABAJO CON
FALLA DE ORIGEN

Soportería.- Todos los pernos, abrazaderas y tornillos serán metálicos galvanizados, y para tuberías de pared gruesa aparente se usaran cajas condulets serie ovalada y rectangular.

UTILIZACIÓN DE LAS NORMAS.- La instalación eléctrica aquí tratada, se aplica sobre una área de clasificación normal, donde no existen gases, vapores, polvos o fibras peligrosas o explosivas.

El proyecto de la obra de instalación eléctrica referida esta apegada a los lineamientos establecidos por las Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas de la Republica Mexicana y las correspondientes que apliquen de la Compañía de Luz y Fuerza , así como las de la Sociedad Mexicana de Iluminación.

INSTALACIÓN TELEFÓNICA.- Se realizo la canalización telefónica en todo el ducto vertical eléctrico con charola de aluminio de 30 cm. que va desde el cuarto de equipo telefónico hasta el nivel 2.

TRABAJOS CON
FALLA DE ORIGEN

1.4.- ASPECTOS GENERALES SOBRE INSTALACIONES ELÉCTRICAS.

1.1.4.- DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.

POTENCIA INSTALADA. Es la suma obtenida al sumar cada una de las corrientes nominales de equipos, aparatos y elementos que consumen energía eléctrica, que van conectados a un circuito o sistema.

CORRIENTE NOMINAL. Se obtiene al considerarse la carga o potencia instalada en un circuito con las condiciones de tensión y frecuencia.

CORRIENTE DEMANDADA. Esta resulta de multiplicar la corriente nominal por el factor de demanda de la carga.

SOBRECORRIENTE. Es un valor de corriente que excede a la corriente nominal de un circuito, una carga o un conductor. Puede presentarse por una sobrecarga o un cortocircuito.

SOBRECARGA. Es la condición de operación de un circuito en la que se demanda una corriente superior a la nominal debido a un exceso en la potencia de carga ($I = P/V$)

CORTO CIRCUITO. Es una situación en la que se presenta una corriente muy elevada en un circuito, como resultado de una impedancia nula o casi nula en el mismo ($I = V/R$)

AMPACIDAD. Este concepto se define para conductores aislados en baja tensión y se refiere a la capacidad de conducción de corriente que tiene cada uno, cuando dos o tres conductores de igual calibre están alojados en tubo conduit metálico y a una temperatura ambiente de 30°C.

CAPACIDAD INTERRUPTIVA. Referido a interruptores, se define la intensidad de corriente de corto circuito que es capaz de librar el interruptor sin deteriorarse.

CONDUCTOR VIVO. Es aquel que se encuentra conectado a una fuente de potencial eléctrico, en tal forma que tiene un potencial diferente al de tierra.

CONDUCTOR ACTIVO. Es el conductor de un circuito que normalmente tiene una diferencia de potencial con respecto a tierra. No se consideran conductores activos a los neutros que llevan solamente la corriente de desbalanceo de un circuito, ni a los conductores de conexión a tierra.

CIRCUITO DERIVADO. Es aquél que se extiende después del último dispositivo de protección contra sobrecorriente, en donde termina el circuito alimentador.

TRIS CON
FALLA DE ORIGEN

CIRCUITO ALIMENTADOR. Es el circuito comprendido entre el medio principal de desconexión de la instalación y los dispositivos de protección contra sobrecorrientes de los circuitos derivados.

DESCONECTADOR. Dispositivo destinado a abrir o cerrar un circuito, solamente cuando esta sin carga.

INTERRUPTOR. Dispositivo destinado a abrir o cerrar un circuito aun con carga. En general existe en combinación con protección contra sobrecorriente.

FACTOR DE DEMANDA (fp) Se define como el cociente de dividir la potencia demandada máxima, entre la potencia instalada, de un circuito o de un sistema.

CANALIZACIÓN. Son los medios usados exclusivamente para alojar a los conductores de una instalación eléctrica.

1.4.2. ALGUNAS CONSIDERACIONES.

Las instalaciones eléctricas son básicamente de dos tipos: instalaciones de alumbrado e instalaciones de fuerza. En general al hablar de fuerza se habla de motores. Las instalaciones eléctricas se clasifican en diferentes formas. A continuación se detallan las relativas al nivel del voltaje y al ambiente del lugar de instalación, aunque podrían señalarse otras: por su duración (temporales y definitivas), por su modo de operación (normal y de emergencia) o por su construcción (abierta, aparente y oculta). Pero para este diseño se considero de mayor importancia las dos primeras.

*De acuerdo con el nivel de voltaje se pueden tener los siguientes tipos de instalación:

- A) Instalaciones no peligrosas. Cuando su voltaje es igual o menor que 12 volts.
- B) Instalaciones de baja tensión. Cuando el voltaje con respecto a tierra no excede de 750 volts.
- C) Instalación de media tensión. Aunque no existen límites precisos, podría considerarse un rango entre 1000 y 15000 volts; sin embargo, algunos autores incluyen todos los equipos hasta de 34 KV. En media tensión es muy común encontrar instalaciones con motores de más de 200 hp que operan con un voltaje de 4160 V entre fases y 2400 V entre fase y neutro.
- D) Instalaciones de alta tensión. Cuando los voltajes son superiores a los mencionados anteriormente.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

*Las instalaciones eléctricas también pueden clasificarse en normales y especiales, según el lugar donde se ubiquen:

A) Las instalaciones normales pueden ser interiores o exteriores. Las que están en la intemperie deben de tener los accesorios necesarios (cubiertas, empaques y sellos) para evitar la penetración del agua de lluvia aún en condiciones de tormenta.

B) Se consideran instalaciones especiales aquellas que se encuentran en áreas con ambiente peligroso, excesivamente húmedo o con grandes cantidades de polvo no combustible.

Para el cálculo de una instalación eléctrica en general es necesario considerar una serie de factores ambientales y de operación en el lugar de la obra, como son grado de humedad, grado de corrosión temperatura, daño mecánico, factor de demanda, etc.

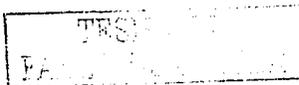
FACTOR DE POTENCIA f_p . En las instalaciones eléctricas normalmente se encuentran dispositivos que transforman la energía en calor o en trabajo junto con elementos inductivos y capacitivos que no desarrollan trabajo. Entonces prácticamente existe un ángulo entre el voltaje y la corriente que se conoce como ángulo de fase. Es importante hacer notar que este ángulo está medido en el tiempo y no en el espacio.

De acuerdo con el diccionario de términos eléctricos y electrónicos de la IEEE (1977), "el factor de potencia es el cociente de la relación del total de watts entre el total de volt-amperes RMS (root-mean-square, valor medio cuadrático o valor efectivo), es decir, la relación de la potencia activa entre la potencia aparente. Cuando la corriente y el voltaje son funciones senoidales y es el ángulo de desfaseamiento entre ellos, el coseno de Θ es el factor de potencia (f_p)".

Entonces el f_p depende del desfaseamiento entre el voltaje y la corriente, que a su vez depende de la carga conectada al circuito.

Por lo tanto, el f_p es el factor que debe de aplicarse a la potencia aparente para conocer la cantidad de esta que se está utilizando para producir trabajo y/o calor. De esta forma, la potencia activa es igual al producto de los valores efectivos (RMS o cuadrático) del voltaje "V" y la corriente "I" por el coseno del ángulo de desfaseamiento entre ellos:

$$P = V \cdot I \cdot \cos \Theta$$



Donde: θ es el ángulo de fase entre el voltaje y la corriente.

En la Fig. 1.1 se muestra el diagrama vectorial donde aparece la potencia aparente "S" con sus dos componentes: la potencia activa "P" y la potencia reactiva "Q".

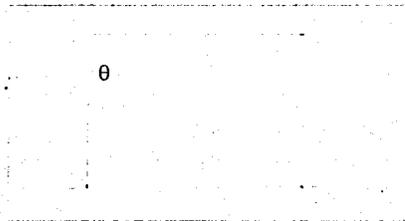


Fig. 1.1 Diagrama vectorial de potencias.

De la figura se desprende que:

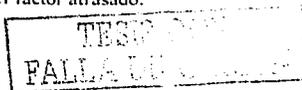
$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Entonces el f_p será:

$$f_p = \cos \theta = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

La carga de una instalación eléctrica esta constituida principalmente por equipos eléctricos (motores y transformadores), fabricados a base de bobinas (inductancias).

Por esta razón es normal encontrar que predomine la carga inductiva sobre la capacitiva, es decir, generalmente la corriente esta atrasada con respecto al voltaje, por lo que es más común oír hablar del factor atrasado.



TENSIÓN. La tensión considerada en el proyecto es 220-127 Volts en corriente alterna, que es la tensión nominal a la que operan los circuitos.

Se establece tensión de línea (V) como tensión entre dos conductores de diferente fase y tensión de fase a (Vn) como tensión entre conductor de fase y el conductor neutro.

CONDUCTORES. Los conductores considerados son de cobre con aislamiento termoplástico para 600 Volts cuyo calibre esta dado en el sistema norteamericano de calibres (AWG o MCM)

Se recomienda que todos los conductores para la instalación eléctrica sean cables y no alambres, dado que poseen mayor resistencia mecánica, flexibilidad y se logran empalmes más efectivos.

IDENTIFICACIÓN DE CONDUCTORES. Para identificar los conductores es recomendable instalarlos en varios colores. Las marcas blancas o gris natural en los extremos de un conductor, deben usarse solamente en los conductores puestos a tierra.

Medios de identificación del conductor de mayor tensión con respecto a tierra. En un sistema secundario conectado en delta, de 4 hilos, donde el punto medio de una fase esté puesto a tierra para servir cargas de alumbrado y similares, el conductor de fase que tenga el potencial más alto con respecto a tierra, debe estar identificado con una cubierta color naranja u otro medio efectivo de identificación. Tal identificación debe colocarse en cualquier punto donde se haga la conexión, si el conductor neutro está también presente.

INSTALACIÓN DE CONDUCTORES. Los conductores alimentadores para alumbrado, para fuerza, si son de servicio normal o de emergencia: se instalan por separados entre sí.

EMPALMES DE CONDUCTORES. Los empalmes y derivaciones de conductores se harán aislando de tal manera de recuperar en lo posible el aislamiento original.

BALANCEO DE CIRCUITOS. Para los circuitos de fuerza y/o alumbrado, el desbalanceo máximo permitido entre fases es de 3 %. Si no es posible conseguir el 3%

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

de desbalanceo, entonces es necesario hacer un incremento adecuado en la sección transversal o en la capacidad de conducción de corriente tanto de los conductores como del interruptor.

1.4.3 SELECCIÓN DE CONDUCTORES

Para un circuito en general, los conductores se deben de seleccionar tomando en cuenta los factores siguientes:

1. Corriente demandada del circuito.
2. Caída de tensión máxima permitida.
3. Agrupamiento de conductores.
4. Temperatura ambiente (cuando sea superior a 30°).
5. Tipo de ambiente (húmedo, corrosivo, etc.)

Los tres primeros constituyen los criterio para seleccionar el calibre y los dos últimos para seleccionar el aislamiento.

En este proyecto los factores 4 y 5 no intervienen por las siguientes causas:

a). La temperatura ambiente existente en el lugar se estima que será a lo más de 30° C.

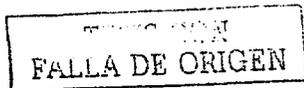
b). El ambiente del edificio en general es seco, libre de humedad e impurezas.

En los circuitos derivados para motores tampoco interviene los factores 2 y 3, por lo siguiente:

La caída de tensión es despreciable, debido a que la distancia entre el interruptor y el motor es pequeña, puesto que por norma no debe de exceder los 15 metros.

La corrección por agrupamiento no procede, pues cada motor se instala con un tubo exclusivo para llevar sus conductores.

Tomando en cuenta lo anterior, se seleccionan conductores con aislamiento termoplástico con una temperatura de operación de 75°C para todos los circuitos derivados, excepto donde se mencione otra cosa. Para los circuitos alimentadores se elegirán conductores con 90°C de operación: esto obedece a las corrientes considerables que transportan, el agrupamiento entre ellos y a la mayor dificultad de disipación de calor.



1.4.4. CONDUCTOR NEUTRO.

Este conductor neutro es indispensable, tanto para poder disponer de la tensión de fase, o tensión al neutro (V_n), como para llevar la corriente de desbalanceo de un circuito. Este conductor neutro hace contacto con tierra solamente en la subestación. No se aterriza en ningún otro punto de la instalación eléctrica, para así evitar que circule corriente en forma permanente por el conductor de conexión a tierra.

Es preciso que el interruptor neutro sea interrumpible solamente a la entrada del servicio, es decir, en el medio principal de desconexión y no debe de llevar protección contra sobrecorriente.

SELECCIÓN DEL CONDUCTOR NEUTRO. Se selecciona en tres casos diferentes, de acuerdo a lo que se establece a continuación:

1). En un circuito monofásico a dos hilos (fase y neutro) o a tres hilos (dos fases y neutro), el conductor neutro debe de ser el mismo calibre del conductor de fase, ya que en ambos casos, esta llevando la misma corriente de fase, es decir, no es propiamente "neutro", pues se convierte en conductor activo.

2). En el circuito trifásico prácticamente balanceado, como puede ser un tablero de alumbrado, con la mayoría de sus circuitos derivados alimentados a tensión de fase (127 Volts), el conductor neutro se selecciona de tal manera que su ampacidad sea la corriente demandada por el circuito y no sea menor del 50% de la ampacidad del conductor de fase. Así se garantiza que en caso crítico cuando solo una o dos fases están operando, el conductor neutro no se quede sobrecargado.

3). En un circuito trifásico normalmente balanceado (centro de control de motores), el calibre del conductor neutro se elige de tal modo que su ampacidad sea de un tercio de la del conductor de fase. La ampacidad del neutro así acumulada puede llevar con amplio margen una posible corriente de desbalanceo normal. Si llega a ocurrir un desbalanceo mayor, que pudiera sobrecargar al neutro, el interruptor que proteja al circuito debe de abrir.

(a) Un conductor neutro que lleva solamente las corrientes de desbalance de los otros conductores del mismo circuito, no se toma en cuenta para el número de conductores al aplicar el factor de agrupamiento.

(b) En un circuito de 3 hilos, que contiene 2 de fase y un neutro de un sistema



de 3 fases, 4 hilos conectado en estrella, el conductor común lleva aproximadamente la misma corriente que los otros conductores, y en ese caso el neutro se debe tomar en cuenta para el número de conductores alojados en tuberías.

(c) Cuando la mayor parte de la carga en un circuito estrella de 3 fases, 4 hilos consiste de cargas no lineales, como alumbrado por descarga eléctrica, equipo de procesamiento de datos, computadoras o equipo similar, se presentan corrientes armónicas en el conductor neutro, éste se considera como conductor activo.

SELECCIÓN DEL HILO DE TIERRA

La selección del hilo de tierra se hace en base al dispositivo de protección ver Tabla siguiente.

Capacidad o ajuste del dispositivo automático de sobrecorriente ubicado antes del equipo tubería etc No mayor en (amperes)	Sección transversal					
	Cobre			Aluminio		
	mm ²	AWG	KMC	mm ²	AWG	KMC
15	2 082		14	3 307		12
20	3 307		12	5 26		10
30	5 26		10	8 367		8
40	5 26		10	8 367		8
50	5 26		10	8 367		8
100	8 367		8	13 3		6
200	13 3		6	21 15		4
300	21 15		4	33 62		2
400	27 67		3	42 41		1
500	33 62		2	53 48		1/0
600	42 41		1	67 43		2/0
800	53 48		1/0	85 01		3/0
1000	67 43		2/0	107 2		4/0
1200	85 01		3/0	126 7		250
1600	107 2		4/0	177 3		350
2000	126 7		250	202 7		400
2500	177 3		350	304		600
3000	202 7		400	304		600
4000	253 4		500	405 4		800
5000	354 7		700	612		1200
6000	405 4		800	612		1200

Tabla 1.1

**TRABAJAR CON
FALLA DE ORIGEN**

1.4.5. TUBO CONDUIT METÁLICO TIPO PESADO

La tubería conduit metálica tipo pesado, puede utilizarse bajo todas las condiciones atmosféricas e inmuebles, siempre que se cumpla con los incisos a), b) y c) que se muestran mas adelante.

Nota: A esta tubería también se le conoce como: Tubería Conduit Metálica Rígida (TCMR); Conduit Metálico Rígido (CMR); Rigid Metal Conduit (RMC).

a) Protección con esmalte. Las canalizaciones y accesorios ferrosos que están protegidos contra la corrosión únicamente con esmaltes pueden utilizarse sólo en interiores y en locales no expuestos a condiciones corrosivas severas.

b) Metales diferentes. Donde sea factible, debe evitarse el contacto de metales distintos para eliminar la posibilidad de acción galvánica.

Se permite el uso de accesorios y cubiertas de aluminio con tubería conduit metálica rígida de acero, y también se permite el uso de accesorios y cubiertas de acero con tubería conduit metálica rígida de aluminio.

c) Protección contra la corrosión. Se permite que tubos conduit metálicos ferrosos o no, codos, uniones y accesorios se instalen en concreto, en contacto directo con la tierra o en áreas sujetas a influencias corrosivas severas, siempre y cuando estén protegidos contra la corrosión por un material estimado adecuado para esta condición.

TUBO CONDUIT METALICO TIPO LIGERO

La tubería conduit metálica tipo ligero puede utilizarse en instalaciones visibles y ocultas.

Nota: A esta tubería también se le conoce como: Tubería Metálica Eléctrica (TME); Electrical Metallic Tubing (EMT) o como "tubing".

La tubería conduit metálica tipo ligero no se utilizará:

- 1) Cuando en el curso de las instalaciones, o después, quede expuesta a severos daños físicos.
- 2) Cuando la protección contra la corrosión sea sólo con esmalte.
- 3) En concreto de escorias o rellenos, cuando esté expuesta a la acción

FALLA DE ORIGEN

permanente de la humedad, a menos que esté recubierta por todos lados con una capa de concreto sin escorias de un espesor no menor de 5 cm., o se entierre a una profundidad por debajo del relleno de por lo menos 45 cm.

4) En cualquier lugar clasificado peligroso excepto lo permitido por las secciones 502-4, 503-3 y 504-20 de la norma de la SEMIP 1999.

5) Para la sujeción de artefactos eléctricos u otros equipos.

Donde sea factible debe evitarse el contacto de metales diferentes, con el fin de evitar la posibilidad de acción galvánica.

La tubería utilizada en el edificio, es metálica galvanizada pared delgada en áreas de plafón y en general donde quede oculta o embebida en losa o muro con cajas registro de lámina galvanizada. Donde quede visible o expuesta a posible daño mecánico será pared gruesa, con cajas de aluminio tipo conduct.

Todos los conductores de un mismo circuito se alojan en el mismo tubo. El número de conductores de igual calibre a instalar en un tubo, se determina con la tabla N° 3 (ver apéndice). Cuando los conductores sean de diferentes calibres, se suman las áreas transversales de los conductores y la suma de no ser mayor al 30% del área transversal de la tubería a utilizar para tal efecto se utiliza la tabla N° 4, donde aparecen los diámetros y áreas transversales de los conductores y de las tuberías.

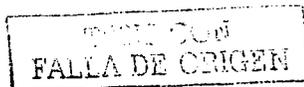
Así que: Primero se calcula el área del tubo y después se recurre a la tabla N° 4 para decidir el diámetro nominal del mismo.

TUBERÍA METÁLICA FLEXIBLE

Existen el tipo zapa y tipo licuatite. Cuando se utiliza tubería pared delgada se utiliza, por lo general tubo flexible tipo zapa, para tubería pared gruesa se utiliza el tipo licuatite.

Se permite el uso de la tubería metálica flexible:

- 1) En lugares secos.
- 2) En lugares accesibles, cuando esté protegida contra daños físicos o esté oculta, como en el caso de techos de plafón suspendido.
- 3) Para circuitos hasta 1 000 V como máximo.
- 4) En circuitos derivados.



No se permite el uso de tubería metálica flexible:

- 1) En cubos de ascensores.
- 2) En cuartos de baterías.
- 3) En lugares clasificados como peligrosos, a menos que se permita en otros Artículos de esta Norma.
- 4) Enterrada directamente o embebida en concreto colado o agregado.
- 5) Cuando pueda estar sujeta a daños físicos.
- 6) En longitudes mayores de 1.80 m.

TUBO CONDUIT FLEXIBLE HERMÉTICO A LOS LÍQUIDOS METÁLICO Y NO METÁLICO (Liquidtight)

El tubo conduit metálico flexible hermético a los líquidos es una canalización de sección transversal circular, con una cubierta hermética a los líquidos no metálica y resistente a los rayos del sol, sobre un núcleo metálico flexible interior y sus correspondientes accesorios, acopladores y conectores, certificados para la instalación de conductores eléctricos.

a) Usos permitidos. Se permite que el tubo conduit metálico flexible hermético a los líquidos, se use en instalaciones a la vista u ocultas:

1) Cuando las condiciones de instalación, operación o mantenimiento, requieren flexibilidad o protección contra líquidos, vapor u objetos sólidos.

b) Usos no permitidos. El tubo conduit metálico flexible hermético a los líquidos no debe usarse:

- 1) Cuando pueda estar sometido a daños físicos.
- 2) Cuando las condiciones ambientales o la temperatura de los conductores o ambas

Condiciones, puedan originar una temperatura de operación mayor que la permitida para el material.

En este edificio utilizaremos el tipo licuante en tramos cortos para conectar el tubo rígido con los equipos para facilidad de conexión y amortiguar vibraciones que pueden afectar la soportería de la canalización.

TRABAJO CON
FALLA DE ORIGEN

1.4.6. PROTECCIÓN DE CIRCUITOS.

Para la protección de circuitos contra sobrecorriente, se utilizan los interruptores tanto de fusibles como termomagnéticos.

Todo interruptor al operarse debe de conectar o de desconectar todos los conductores vivos; deben de estar alojados en gabinetes metálicos o incorporados en tableros.

INTERRUPTOR DE NAVAJAS CON FUSIBLES. También se les conoce como interruptores de seguridad; viene alojado en una caja metálica, es operable por palanca exterior y puede asegurarse en ambas posiciones: abierto o cerrado.

a) Interruptores de aislamiento. Los interruptores de cuchilla con capacidad mayor de 1200 A a 250 V o menos, y los mayores de 600 A para tensiones de 251 a 600 V, deben usarse sólo como interruptores de aislamiento y no deben abrirse bajo carga.

b) Para interrumpir corriente. Para interrumpir corrientes mayores de 1200 A a 250 V nominales o menos, o mayores de 600 A para tensiones de 251 a 600 V nominales, deben usarse interruptores automáticos o interruptores de diseño especial certificados para este fin.

c) Interruptores para uso general. Los interruptores de cuchilla de menor capacidad que los indicados en (a) y (b), se consideran como interruptores para uso general.

La protección con fusibles es la forma más simple y económica de protección; ofrece una excelente protección contra cortocircuito, ya que su tiempo de apertura es de 2 a 3 ciclos.

El interruptor de fusibles puede ser de tipo ligero o de tipo pesado; este último se utiliza donde el número de operaciones es frecuente y el requisito de seguridad, funcionamiento y continuidad en el servicio son importantes. Su operación (apertura y apertura) es rápida, no depende de la velocidad del operador como sucede en el tipo ligero.

TECIS CON
FALLA DE ORIGEN

El interruptor de fusibles entre su sencillez, tiene la desventaja de que si ocurre una sobrecorriente en una fase, el fusible de esta se abre, pero las otras dos siguen energizadas, quedando el circuito en dos fases, lo cual para algunos equipos puede ser peligroso. En este caso es necesaria la protección contra la falla de fase.

Al fundirse el listón fusible, deberá reponerse con otro de iguales características.

Los interruptores de tipo ligero solo existen hasta 200 Amp.

Los interruptores de tipo pesado solo existen hasta 2000 Amp.

INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO. Este es un interruptor automático de tipo industrial; los elementos de disparo térmico y magnético forman parte integral de un interruptor termomagnético. Se alojan en una caja moldeada de material sintético; pueden ser partes integrantes de un tablero de alumbrado, de fuerza, o de distribución. Normalmente su tiempo de disparo es mayor al de fusibles (es del orden de 6 ciclos. Este interruptor aunque es mas costoso que el de fusibles, ofrece la ventaja de que si ocurre una sobrecorriente en una fase, se desconectan las dos o tres fases y además, una vez corregida la falla, solo bastara con restablecer su palanca de operación.

El efecto de la temperatura ambiente sobre el funcionamiento de los interruptores termomagnéticos y en general de los interruptores automáticos controlados térmicamente, debe tomarse en cuenta debido a que pueden llegar a dispararse antes o después de su capacidad nominal. La calibración (capacidad nominal) de estos interruptores se obtiene en base a una temperatura ambiente de 25 °C. Por esto al seleccionar un interruptor termomagnético, casi siempre se le agrega hasta un 25% de la corriente demandada por el circuito.

Estos interruptores se fabrican desde 15 hasta 2000 amperes de capacidad, a 600 volt y tiene mayor capacidad interruptiva que el interruptor de fusibles.

INTERRUPTOR ELECTROMAGNÉTICO. Es este un interruptor automático cuya característica es la de ser ajustable y puede ser operado por relevadores. Se utiliza para manejar altas corriente en baja tensión. Sus capacidades nominal e

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

interruptiva son mayores que las del termomagnético. En general arriba de 1000 amperes se recomienda para usarse como interruptor principal.

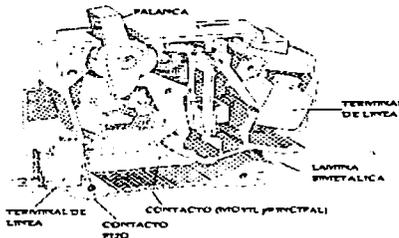


FIG. 1.3
INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO
MECANISMO DE OPERACIÓN

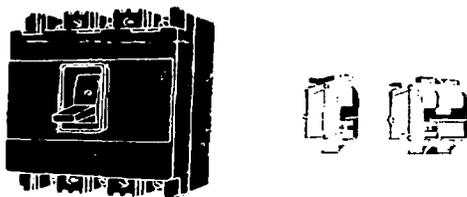


FIG. 1.4
INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO
3 POLOS 100 AMPERES

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO II

SISTEMA DE ALUMBRADO

II.1. INTRODUCCION

Los estándares de iluminación han sido adoptados por los diseñadores para mantener la productividad alta y la seguridad de los trabajadores. Los niveles de luz han sido establecidos basándose en mediciones de parámetros fisiológicos. Pero la iluminación artificial puede ser una comodidad muy costosa en algunos lugares. La aplicación inadecuada de los estándares de iluminación pueden causar iluminación excesiva que gasta energía.

En este capítulo se pretende dar una idea general de lo que es la iluminación. En él se definen los términos, más comúnmente empleados en el lenguaje técnico de la iluminación. Así como los diferentes tipos y características de las fuentes de iluminación (lámparas) La información de las lámparas puede variar en algunos casos, dependiendo del fabricante. También se ve la distribución luminosa a través del espacio que rodea a la luminaria, misma que se puede utilizar con los métodos de alumbrado en espacios interiores.

Los métodos de cálculo del número de luminarias y del nivel luminoso también será objeto de estudio.

Estos métodos de cálculo se pueden aplicar a los proyectos después de haber seleccionado el tipo de fuente luminosa, sistema de alumbrado y el método de alumbrado.

Por último, se verá el alumbrado público en forma breve debido a que casi no se aplicó al proyecto. Si se desea profundizar más en el tema se puede consultar la bibliografía que aparece después de la sección de

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

apéndices.

II.2. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.

II.2.1. INTENSIDAD LUMINOSA (I) (CANDELA)

Es la densidad de una parte del flujo luminoso emitido por una fuente, en una dirección, dada por el ángulo sólido que la contiene. La unidad utilizada para medir la intensidad luminosa es la candela (CD) En otras palabras se puede decir que la intensidad luminosa indica la capacidad que tiene la fuente luminosa para iluminar algún objeto en una dirección determinada.

II.2.2. ANGULO SÓLIDO (ω) (ESTERERRADIÁN)

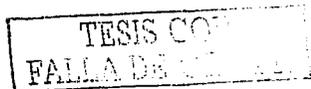
Si en el centro de una esfera de radio igual a 1 mto. Se coloca un proyector de dimensiones tan reducidas que igualaran a una fuente puntiforme y si el área en la zona iluminada es igual a 1 M², el ángulo del cono de luz, que ilumina esta zona, se identifica con la unidad de ángulo sólido. La unidad de medida del ángulo sólido es el estereorradián (ω) En una esfera existen 4π estereorradianes.

ANGULO SÓLIDO (Estereorradián)- Es un cono de luz cuya área esférica es igual al radio de la esfera al cuadrado. Se refiere a fuentes puntiformes.

II.2.3. FLUJO LUMINOSO (Φ) (LUMEN)

Es la cantidad de luz emitida por una fuente luminosa en la unidad de tiempo (segundos) Lo anterior se puede comparar con la cantidad de agua que sale de una llave por segundo. La unidad de medida del flujo luminoso es el lumen (lum)

$$\Phi = I \omega$$



II.2.4. ILUMINACIÓN (E) (LUX)

Es el flujo luminoso por unidad de superficie, cuando la unidad de flujo es el lumen y el área esta expresada en metros cuadrados, la unidad de iluminación es el lux.

$$E = \Phi/A = \text{lúmen} / \text{m}^2 = \text{luxes.}$$

II.2.5. LUMINANCIA O BRILLO FOTOMÉTRICO (L) (CANDELA / m²)

Es la intensidad luminosa emitida en una dirección por una superficie iluminada (fuente secundaria de luz). En otras palabras, es el efecto de luminosidad que una superficie produce en el ojo humano, ya sea dicha fuente primaria (lámpara o luminaria) o secundaria (plano de una mesa que refleja la luz). La unidad de medida es la candela por metro cuadrado (CD/m²) a modo de ejemplo se puede decir que la luminancia es similar a las salpicaduras de agua que rebotan de una superficie. La cantidad de agua que rebote depende de la capacidad de absorción de la superficie.

II.2.6. LUMINISCENCIA.

Cuando un cuerpo absorbe energía radiante, bien sea visible o invisible y convierte esta energía en una radiación de longitud de onda diferente; la energía resultante es la luminiscencia. Este fenómeno se divide en dos grupos, las cuales son la fluorescencia y la fosforescencia.

II.2.7. EFICIENCIA LUMINOSA (η)

Es la relación entre el flujo emitido (Φ) expresado en lúmenes, y la potencia eléctrica (P), expresada en watts. Si la eficiencia es grande, el uso de la fuente será más económica.

$$\eta = \Phi / P$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

II 2.8. LEY DE LA ILUMINACIÓN.

Esta ley dice que la iluminación de una superficie es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que hay entre la fuente de luz y la superficie iluminada. Fig.2.1

Esta ley es la base del cálculo en el método de punto por punto para proyectos de alumbrado. La ley del inverso de los cuadrados se aplica solo a fuentes puntiformes. Lo anterior quiere decir que no se puede aplicar a fuentes de iluminación extensas como techos luminosos, etc.

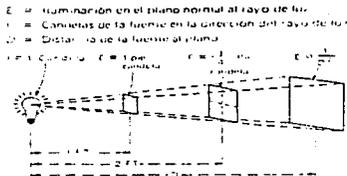


Fig. 2.1. Ley de la inversa de los cuadrados.

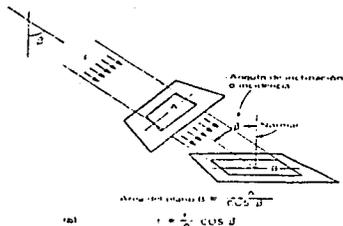


Fig. 2.2. Cálculo de punto por punto asumiendo una fuente puntiforme.

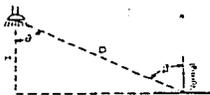


Fig. 2.3. Cálculo de punto por punto asumiendo una fuente puntiforme.

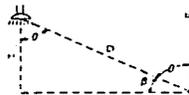


Fig. 2.4. Cálculo de punto por punto asumiendo una fuente puntiforme.

Fig. 2.5. Cálculo de punto por punto asumiendo una fuente puntiforme.

Fig. 2.1 La iluminación de un objeto varía inversamente al cuadrado de la distancia de la fuente luminosa.



II.3. CONCEPTOS GENERALES.

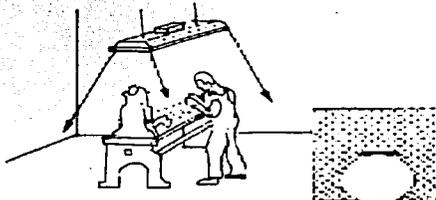
II.3.1. SISTEMAS DE ALUMBRADO.

Una buena iluminación puede obtenerse con cualquiera de los diferentes tipos de luminaria clasificadas con arreglo a la distribución vertical de la luz. La selección del tipo más adecuado depende de las características físicas de la habitación, del tipo de trabajo a realizar y de las condiciones de mantenimiento.

Los sistemas de iluminación pueden ser:

DIRECTA
SEMIDIRECTA
GENERAL DIFUSA
DIRECTA INDIRECTA
SEMI-INDIRECTA
INDIRECTA.

DIRECTA.- Entre el 90 y 100% de luz se dirige hacia abajo. Este tipo es el más eficiente desde el punto de vista de obtención de la máxima cantidad de luz (producida por la fuente) en el plano de trabajo. Por otro lado dicha distribución puede producir la mayor diferencia en luminancia entre el techo y la luminaria, y produce las mayores sombras y deslumbramientos. Esto se aprecia en al figura 2.2



TESIS CON
FALLA DE ALUMBRADO

Fig. 2.2

SEMIDIRECTA.- Del 60 al 90% de la luz se dirige hacia abajo. El nivel de iluminación eficaz que este sistema proporciona en el plano de trabajo, procede directamente de la luminaria. Esto lo muestra la figura 2.3

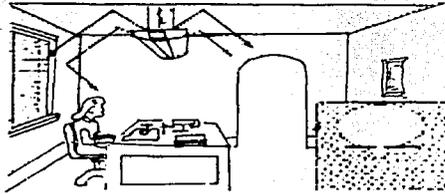


Fig 2.3

GENERAL DIFUSA.- Del 40 al 60 % de la intensidad de la luz se dirige hacia arriba y del 40 al 60% hacia abajo. Este tipo de iluminación hace que la misma cantidad de luz este disponible en todas direcciones. Vease la figura 2.4

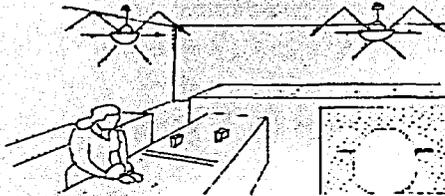


Fig. 2.4

DIRECTA INDIRECTA.- Es una modificación de la luminaria general difusa. La modificación consiste en impedir que se emita luz hacia los

lados de la luminaria. Esta representado en la figura 2.5

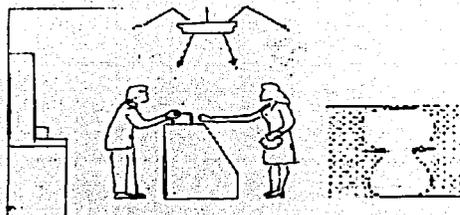


Fig. 2.5

SEMI-INDIRECTA. - Del 60 al 90% de la intensidad de la luz se dirige hacia el techo, mientras que el resto se dirige hacia abajo. Este tipo de iluminación tiene la mayor parte de las ventajas del indirecto. Es un poco más eficiente y se prefiere a veces para lograr una menos relación de brillo entre el techo y la luminaria en instalaciones de alto nivel luminoso. Se aprecia en la figura 2.6



Fig. 2.6

INDIRECTA. - El 90% de la intensidad de la luz se dirige hacia al techo; prácticamente toda la luz efectiva del plano de trabajo es la reflejada por el techo y en menor medida la reflejada por las paredes. Ver figura 2.7

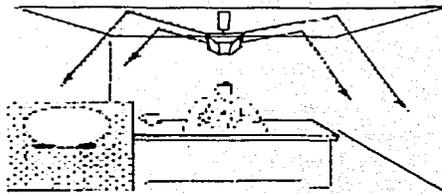


Fig. 2.7. Distribución vertical del flujo luminoso.

II.3.2. MÉTODOS DE ALUMBRADO.

En esta clasificación se hace referencia a la concentración de la luz necesaria para efectuar una tarea determinada. No hay que confundir los métodos de alumbrado con los sistemas de iluminación, anteriormente estudiados. En cualquiera de los métodos de alumbrado que veremos a continuación, puede utilizarse cualquiera de los sistemas de iluminación que se han visto en la parte II.3.1.

Los métodos de alumbrado pueden ser:
Alumbrado general.
Alumbrado general localizado.
Alumbrado suplementario.
Alumbrado individual.
Alumbrado combinado.

ALUMBRADO GENERAL.- El alumbrado general proporciona un nivel de iluminación casi uniforme en cualquier punto del local. Un buen alumbrado general hace posible el cambio de lugar de los escritorios sin necesidad de alterar el alumbrado, permitiendo un mejor aprovechamiento de la superficie del piso. Este método se emplea comúnmente en oficinas generales, aulas de escuelas, fabricas, supermercados, áreas con nave, etc.

TRABAJO CON
FALLA DE ORIGEN

ALUMBRADO GENERAL LOCALIZADO.- En muchas naves industriales, se agrupan las máquinas en sitios determinados (por ejemplo, junto a la pared); por lo tanto no es necesario mantener un nivel uniforme de iluminación en toda la nave.

Para lograrlo se suspenden mas abajo los equipos de alumbrado, que en el caso anterior y, además, se agrupan estos equipos de alumbrado, de forma que, sobre las áreas de trabajo se alcancen niveles de iluminación óptimos asegurando sobre los pasillos y las zonas circulares de las áreas una iluminación general suficiente para eliminar los fuertes contrastes de luminancias (que producirían deslumbramiento) este procedimiento lo aplicamos en los cuartos de máquinas de equipo de bombeo y subestación.

ALUMBRADO SUPLEMENTARIO.- Algunas veces, sobre todo en los locales comerciales, escaparates, etc. se pretende destacar un objeto o un artículo determinado con fines publicitarios o de venta. En este caso, se debe de suplir el alumbrado general por medio de aparatos de iluminación especiales que concentren la luz, colocados en las cercanías del objeto que se pretende destacar.

ALUMBRADO INDIVIDUAL.- Se utiliza cuando se precisa un alto nivel de iluminación en la zona de trabajo individual, debido a la precisión de la tarea. El ejemplo más característico lo constituyen las lámparas de escritorio, restiradores, etc.

ALUMBRADO COMBINADO.- En muchas ocasiones se obtiene el mejor resultado combinando dos o más métodos de alumbrado. Por ejemplo un alumbrado combinado, en el cual se combina el alumbrado general de la oficina y el alumbrado individual de cada escritorio.



II 4 FUENTES LUMINOSAS.

El desarrollo de nuevas tecnologías ha permitido la creación de una gran cantidad de lámparas destinadas a usos muy diferentes. Por lo anterior ha dado origen a clasificarlas en dos grandes grupos: incandescentes y descarga en atmósfera gaseosa.

FAMILIA DE FUENTES LUMINOSAS ELECTRICAS

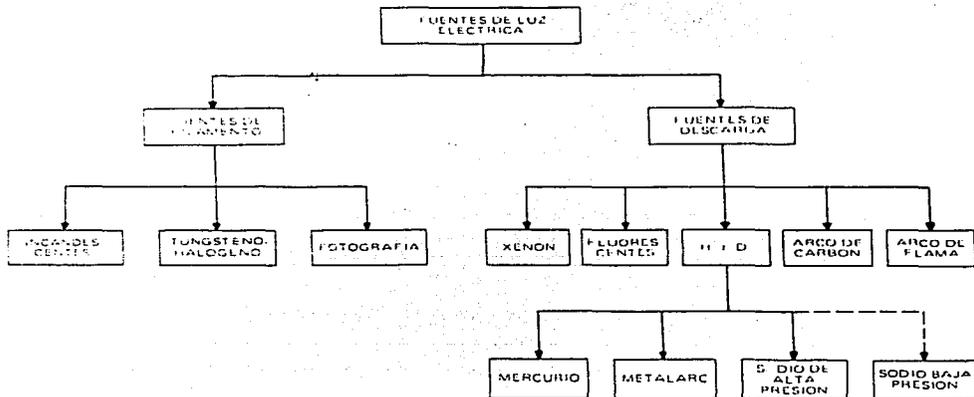


Fig. 2.8 FAMILIA DE FUENTES LUMINOSAS ELÉCTRICAS

II.4.1. INCANDESCENTE.- Este tipo de lámparas se utiliza el tungsteno en forma de filamento espiral, debido a su alto punto de fusión (3.410 °C) Por este se hace pasar una corriente eléctrica que lo lleva al punto de incandescencia. Esto a su vez, produce radiaciones luminosas visibles. Las tres partes principales de una lámpara incandescente son el bulbo (bombilla), la base y el filamento.

BULBO (BOMBILLA) Es una envoltura de cristal que mantiene el vacío o la atmósfera de gas inerte en la que opera el filamento. Des esta manera se evita la rápida combustión del filamento. Para su fabricación se utilizan más de 21 diferentes clases de vidrio, dependiendo del tipo lámpara y su aplicación. La mayor parte de los bulbos están hechos de óxido de calcio que, además, es un vidrio blando con finalidades de uso interior. El cristal duro o resistente al calor se utiliza a la intemperie en aquellos lugares donde la lluvia y la nieve pueden entrar en contacto con el bulbo.

Los diferentes tipos de acabados sirven para controlar la distribución de la luz, reducir el deslumbramiento y difundir mejor la luz.

El tamaño y forma de los bulbos viene determinado por la aplicación que se les vaya a dar. Los bulbos se designan con una letra o letras con número. Por ejemplo 200A25; esta nomenclatura nos dice que se trata de una lámpara de 200 watts con bulbo de la forma A, y con un diámetro máximo de 25/8 de pulgada.

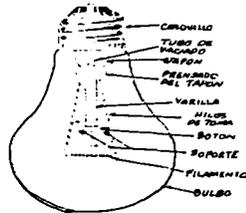
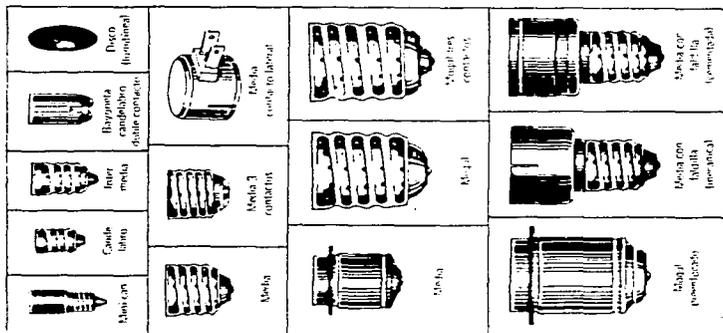
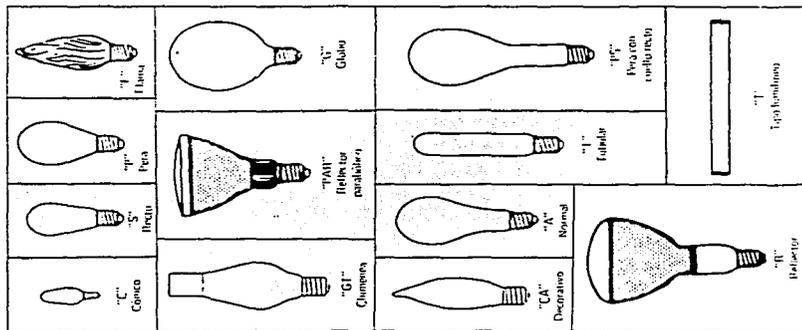


Fig.2.9 Construcción de una lámpara incandescente con filamento de tungsteno (enrollado) en atmósfera gaseosa.

FILAMENTO.- El filamento como el elemento conductor de la luz radia entre el 10 y 12% de la energía consumida en forma de luz visible y el resto bajo la forma de energía infrarroja. Para las diferentes aplicaciones y vidas (de duración de los filamentos) se han creado diferentes tipos de filamentos, los cuales pueden ser sencillos, es decir, en forma de cinta (S), enrollado sencillo (C) y doble enrollado (CC) La función de los enrollamientos es la de disminuir las pérdidas de calor y aumentar su eficiencia. Los filamentos para uso general llevan los menos apoyos posibles, debido a que se les restan energía al filamento reduciendo la eficiencia de la lámpara.

GAS.- La finalidad de introducir una mezcla de nitrógeno y argón en los bulbos es la de aumentar la eficiencia y el flujo luminoso, así como reducir el ennegrecimiento causado por el polvillo que libera el tungsteno durante su funcionamiento, mismo que siempre se deposita por encima del filamento. Es por esto último de gran importancia la posición en la que opere nuestra lámpara.

BASE O CASQUILLO.- La base tiene la misión de facilitar el montaje de la lámpara, fijar la posición del filamento, conectar el bulbo con el portalámparas y hacer las conexiones eléctricas necesarias. Para su fabricación se usa el aluminio y el latón. Las lámparas menores de 300 watts generalmente llevan casquillo de rosca media. Las de mayor potencia, es decir, mayores de 300 watts usan casquillo de rosca mogul. Algunas de las lámparas de menor potencia como los de señal indicador y decoración llevan casquillo de rosca de candelabro o intermedia. En la mayoría de las lámparas incandescentes para iluminación general tales como las ya mencionadas, es decir, las de tipo candelabro, intermedia y mogul, se usa un cemento para unir el vidrio del bulbo al metal de la base. En las lámparas de potencias mayores se usa una mezcla de cementos especialmente diseñadas para resistir las altas temperaturas y garantizar mayor consistencia y duración. (ver Fig. 2.10)



Formas de los bulbos de las lámparas incandescentes

Bases para las lámparas incandescentes

Fig. 2.10 Bases y formas de bulbos de lámparas incandescentes

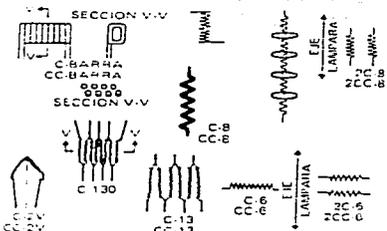
TESIS CON
FALLA DE CUBIEN

LÁMPARAS DE TUNGSTENO HALÓGENO

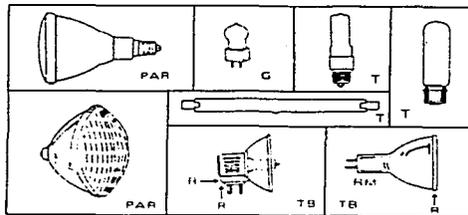
(Conocidas como yodo- cuarzo)

La lámpara de Tungsteno-Halógeno es básicamente una lámpara incandescente en lo concerniente al tipo de luz, pero tiene varias características que la hacen superior a la convencional de filamento. Tanto las lámparas regulares incandescentes como las de tungsteno-halógeno, están formadas por tres partes básicas; estas son:

- 1) Un filamento de alambre de tungsteno con montadura adecuada.
- 2) Un bulbo (bombilla) sellado, generalmente de cuarzo, que contiene gas inerte o vacío que protege al filamento de la oxidación.
- 3) Una base que sirve de soporte mecánico y a la vez provee la conexión eléctrica.



Las formas de los filamentos que se usan mas comunmente en las lámparas de Tungsteno-Halógeno



Formas comunes de bulbos

Fig 2 11 Formas de filamentos y bulbos para lámparas de halógeno

Estas son fuentes de luz compactas y con muy alta luminosidad, sin dejar ser lámparas incandescentes. Cuando la lámpara se conecta al circuito eléctrico la corriente que pasa a través del filamento debe superar su resistencia, la energía consumida lo calienta hasta la incandescencia

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Se denomina halógeno a determinados elementos químicos entre los que destaca el flúor, cloro, bromo y yodo; se caracterizan porque se combinan con facilidad con otros elementos, ya que son muy agresivos químicamente hablando.

El ciclo del halógeno en el interior de la lámpara se realiza en la siguiente forma: al encender la lámpara, las partículas del tungsteno se combinan con el vapor de yodo y forman el yoduro de tungsteno, que se desplaza desde la pared del tubo al filamento, la alta temperatura separa los elementos originales y el tungsteno regresa al filamento, mientras que el yodo queda libre para repetir el ciclo.

Otros tipos de lámparas incandescentes que se fabrican son las infrarrojas, con reflector plateado, con reflector semiplateado, etc.

En total se fabrican alrededor de 40 mil diferentes tipos de lámparas incandescentes para aplicaciones muy diversas: alumbrado doméstico, bicicletas, motores, automóviles, ferrocarriles, aviones, buques, linternas, semáforos, hornos, para uso en las minas, para estudios cinematográficos y televisión, para cámara de fotografía (destello), escaparates, máquinas de coser, juguetes, para proporcionar calor a animales recién nacidos, etc.

VENTAJAS.

Encendido inmediato sin necesidad de equipo auxiliar.

Dimensiones reducidas.

Bajo costo inicial.

Opera a un factor unitario.

La frecuencia de encendido no afecta la vida de la lámpara.

DESVENTAJAS.

Baja eficiencia luminosa y por lo tanto el costo de funcionamiento es elevado.

Trabaja a alta temperatura.

Elevada luminancia con el correspondiente deslumbramiento.

Típicamente son de corta duración.

Las variaciones de voltaje le afectan en forma crítica.

Están sujetas a fallas por golpes.

FINES CON
FALLA DE ORIGEN

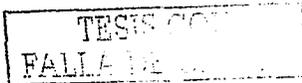
II.4.2. LÁMPARAS DE DESCARGA EN ATMÓSFERA GASEOSA. Su funcionamiento consiste en hacer pasar una corriente eléctrica a través de un gas. El grupo de las fuentes luminosas de descarga en un gas es muy amplio. Comprende las lámparas fluorescentes, vapor de mercurio, aditivos metálicos y vapor de sodio. Los principios de funcionamiento, las características constructivas, el tipo de luz emitida y los campos de aplicación varían de uno en otro tipo de lámpara.

LÁMPARA FLUORESCENTE. Es una lámpara de aspecto tubular que contiene en sus paredes interiores una delgada capa de polvo fluorescente (cristales de fósforo), una mezcla de argón y neón, gotitas de mercurio líquido y dos electrodos. Una vez que la lámpara se enciende aparece una diferencia de voltaje entre sus electrodos provocando un flujo de electrones que a vez ionizan los gases (argón, neón) facilitando el encendido. Posteriormente el mercurio se vaporiza a presión muy baja difundiéndose por todo el interior del tubo. Es entonces cuando el flujo de electrones que viaja a alta velocidad, efectúa impactos en los electrones de los tomos de mercurio sacándolos de sus órbitas; al regresar bruscamente a su posición original emiten radiaciones ultravioletas. Cuando las radiaciones alcanzan los cristales de fósforo, estos las transforman en radiaciones visibles.

Los componentes básicos de una lámpara son:

TUBO (BULBO) Esto constituido por una envoltura de vidrio que contiene la mezcla de gases y mercurio, sirviendo a su vez de sostén a la película de polvo fluorescente.

Hay una menor variedad en los tipos y diámetros de los tubos de las lámparas fluorescentes que en los de lámparas incandescentes. Las lámparas fluorescentes pueden ser rectas, circulares, en forma de "U", "W", u otras configuraciones así como en diferentes diámetros.



Las lámparas rectas vienen en seis diámetros: T-5, T-6, T-8, T-10, T-12 Y T-1. Las circulares se fabrican en dos diámetros: T-9 y T-10. Los tres tamaños de lámparas Slim-line son T-6, T-8 Y T-12. Como se recordara el número que sigue a la letra es el diámetro en octavos de pulgada. La longitud de las lámparas fluorescentes varia desde 6 pulgadas hasta 8 pies. Los datos antes mencionados son los más comunes, puede haber algunas variaciones entre fabricantes.

BASE: Conecta la lámpara con el suministro de energía eléctrica y le sirve de apoyo. Para las lámparas de precalentamiento y de arranque rápido, se necesitan cuatro contactos eléctricos, dos en cada extremo de la lámpara. Para esto se necesita una base con dos espigas en cada extremo. Existen tres tamaños: miniaturas de dos espigas para los tubos de las lámparas tipo T-5; mediana de dos espigas para los tubos de las lámparas tipo T-17. En las lámparas circulares los cátodos van conectados a una base con 4 espigas ubicadas entre la unión de los extremos de la lámpara. Las lámparas Slim-line (arranque instantáneo), requieren de dos contactos eléctricos solamente, es decir, uno en cada extremo de la lámpara y usan bases de una sola espiga.

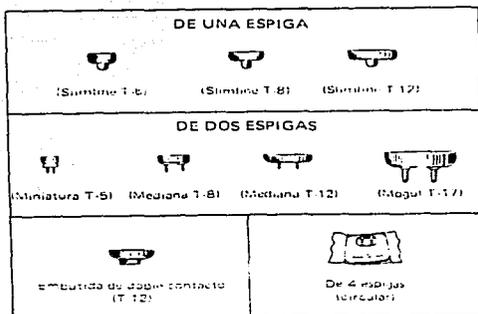
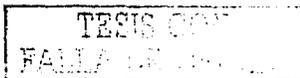


Fig. 2.12 Bases para Lámparas fluorescentes.



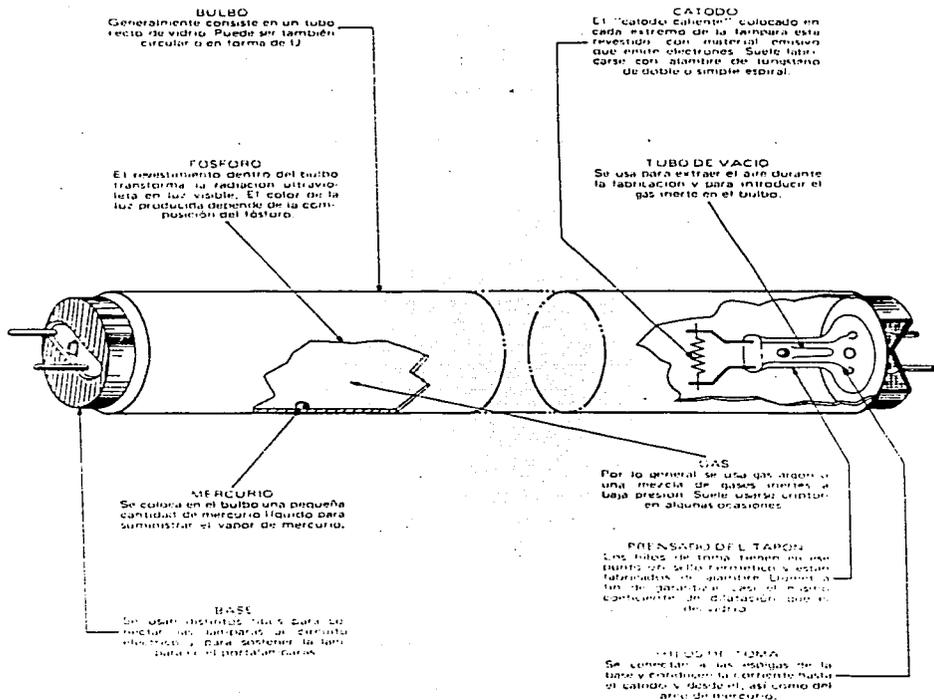


Fig. 2.13 Elementos básicos de una lámpara típica de cátodo caliente.

FINIR CON
FALLA DE ORIGEN

ELECTRODOS.- Proporcionan la fuente de electrones y a su vez las terminales, funcionando alternamente como cátodo y ánodo. Para estabilizar este tipo de funciones comúnmente se utilizan dos tipos de electrodos. Cátodo caliente y cátodo frío.

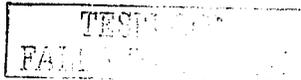
CÁTODO CALIENTE.- Esto constituido por un filamento de tungsteno enrollado en espiral, sobre el que se han depositado sustancias emisoras de electrones (bario, estroncio, calcio) Al energizar los electrodos estos se calientan hasta una temperatura de 1000°C provocando una emisión de electrones que da lugar a la formación del arco entre dos electrones.

CÁTODO FRÍO.- Estas lámparas encienden aplicando una tensión suficientemente alta para que salte el arco a temperaturas de alrededor de 150°C .

GAS.- El gas argón y el neón confinados en el tubo hacen más fácil el encendido, ionizándose rápidamente en tanto el mercurio se vaporiza.

Fósforo.- La función del fósforo consiste en tomar la energía ultravioleta de onda corta y convertirla en energía visible, alargando la longitud de onda para que sean percibidas por nuestros ojos. El fósforo es un compuesto estable que mantiene la emisión luminosa a un alto nivel durante la vida de la lámpara. Es posible producir una considerable gama de colores dependiendo de la composición química del fósforo.

Balastro.- Es un dispositivo que limita la corriente de las lámparas fluorescentes al valor requerido para su correcta operación y también suministra la tensión y corriente de arranque cuando es necesario.



CIRCUITOS DE ENCENDIDO.

PRECALENTAMIENTO.- Las lámparas de precalentamiento utilizan un circuito de arranque que consiste principalmente en un inductor o reactancia y un conmutador automático llamado arrancador (cebador). Cualquier bobina enrollada alrededor de un núcleo tiene dos características:

1) Cuando se conecta a un circuito de corriente alterna, tiende a resistir cualquier cambio de corriente que pasa por ella.

2) Cuando se corta la corriente que pasa por ella, descarga momentáneamente un voltaje mucho mayor que el que se aplica. El conmutador automático está diseñado de modo que queda cerrado cuando la lámpara está apagada, cuando es encendida se abre un segundo después (aproximadamente) del paso de corriente y permanece abierto hasta que se apaga la luz.

Cuando la lámpara es encendida, la corriente circula a través de la reactancia, pasa por los filamentos o electrodos calentándolos, y por el arrancador regresando a la línea. Durante este período la lámpara tiene algo de brillo en sus extremos pero no luce. Entonces el cebador se abre, y la reactancia resuelve el problema descargando un alto voltaje, superior a los 120 volts, lo suficiente para encender la lámpara. La corriente no puede pasar a través del tubo ayudado por el efecto de reactancia antes mencionado, es entonces cuando se inicia la descarga entre los electrodos, formándose un arco dentro del tubo.

La corriente circula primero en la dirección indicada por las flechas y luego en el sentido contrario, puesto que se trata de una corriente alterna. Entonces la reactancia efectúa su segunda función: la de limitar que pase por el tubo un valor seguro.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ENCENDIDO INSTANTÁNEO.- Este tipo de lámparas necesita de suficiente voltaje en las terminales para formar el arco sin necesidad de un calentamiento previo en los electrodos. La lámpara de arranque instantáneo se desarrolla para eliminar el inconveniente de utilizar un arrancador y reducir el largo de tiempo de arranque del sistema de precalentamiento. El circuito de arranque se elimina al utilizar un reactor que proporciona un mayor voltaje de arranque permitiendo a los electrodos arrancar en frío. Como no requiere de precalentamiento, las lámparas de arranque instantáneo tienen un solo contacto en cada extremo. Reciben el nombre de lámparas Slim-line (línea fina)

Las reactancias de encendido instantáneo de dos lámparas pueden ser del tipo adelanto-retraso o bien de secuencia serie.

Para la secuencia serie, la primera lámpara arranca con la tensión suministrada por el arrollamiento auxiliar. La corriente que resulta pasa a través del condensador, modificando la relación de fase entre el arrollamiento auxiliar y secundario de tal manera que se sumen las dos tensiones. La tensión resultante es suficiente para hacer arrancar a la segunda lámpara.

La mayoría de las lámparas funcionan con balastos de secuencia serie en comparación con los balastos de adelanto-retraso (muy raramente usados), el balastro de secuencia en serie es más pequeño, más liviano, más silencioso, más barato y más eficiente. Las dos lámparas realmente arrancan en secuencia, separadas por una milésima de segundo y funcionan en serie.

ENCENDIDO RÁPIDO. El circuito de encendido rápido difiere de uno de precalentamiento en que su tensión de calentamiento la suministra un devanado especial de la reactancia y no hay ningún interruptor para abrir el circuito cuando salta el arco. El encendido es más rápido que en las lámparas de precalentamiento y se verifica en menos de un segundo en

condiciones normales. Este tipo de lámparas es el mas utilizado debido a que combinan las mejores características del sistema de precalentamiento y el de arranque instantáneo.

VENTAJAS.

Buena eficiencia luminosa (de 4 a 6 veces mayor que las lámparas incandescentes)

Bajas luminancia, de forma que se producen sensiblemente los problemas de deslumbramiento.

Gran variedad de colores.

Elevada duración de vida media (6000 a 9000 horas)

No tiene limitaciones en cuanto a la posición de funcionamiento.

DESVENTAJAS.

Empleo de equipo auxiliar para el arranque de la descarga.

Grandes dimensiones.

Costo: varias veces mayor al de una lámpara incandescente.

Es sensible tanto a la temperatura como a la humedad.

Produce interferencias de radio.

No se presta para un control preciso de la luz.

Produce relativamente pocos lúmenes en relación con el tamaño físico de la lámpara.

TESTO
FALLA

LÁMPARA DE VAPOR DE MERCURIO.

La producción de luz en las lámparas de vapor de mercurio se basa en el principio de la luminiscencia obtenida por la descarga eléctrica, en el seno del mercurio gasificado. La aplicación de una tensión eléctrica ioniza el gas argón y permite que la corriente eléctrica pase de un electrodo a otro. Los electrones que forman la corriente eléctrica están acelerados a grandes velocidades, cuando entran en colisión con los átomos de mercurio; alteran temporalmente su estructura atómica. La energía desprendida por los átomos alterados, al volver a su estado normal produce la luz.

A pesar de que existen muchos tamaños y formas de las lámparas de vapor de mercurio, los tipos comúnmente usados están contruidos a base de dos tubos. Uno exterior a manera de cubierta y otro interior, que es el tubo de arco. El tubo de arco fabricado de cuarzo contiene el arco propiamente dicho, vapor de mercurio, electrodos y una pequeña cantidad de gas argón.

En algunas lámparas de vapor de mercurio, la superficie interna del bulbo exterior lleva un revestimiento de fósforo a fin de mejorar el color, convirtiendo gran parte de la energía ultravioleta irradiada por el arco, en luz visible predominante en la región roja del espectro.

DIFERENCIA ENTRE LA LÁMPARA FLUORESCENTE Y LA LÁMPARA DE VAPOR DE MERCURIO.

La lámpara fluorescente difiere básicamente de la de mercurio en dos aspectos: trabaja a una presión de vapor mucho más baja y tiene fósforo que es activado solamente por la onda corta ultravioleta radiada por un arco de baja tensión; y además más del 90% de la luz se produce por fluorescencia y el resto por las bandas visibles del espectro del arco de mercurio.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

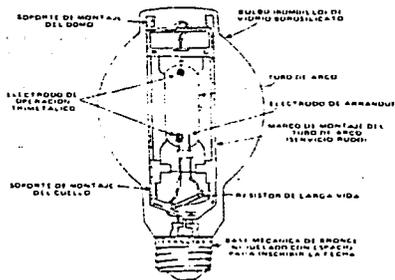


Fig. 2.14 Partes básicas de la lámpara de vapor de mercurio.

En la lámpara típica de vapor de mercurio, la situación es prácticamente opuesta; las líneas visibles del mercurio aportan aproximadamente el 90% de la luz y la fluorescencia del fósforo sólo el 10%

VENTAJAS.

- Eficiencia luminosa óptima.
- Rendimiento cromático discreto o bueno.
- Tamaño pequeño.
- Buen promedio de vida.
- La gama de potencias en que se suministran es muy alta con respecto a las lámparas fluorescentes.

DESVENTAJAS.

- Empleo de equipo auxiliar para arranque.
- Costo elevado.
- El encendido no es inmediato (requiere de 4 a 5 minutos para alcanzar la máxima emisión luminosa)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

LÁMPARA DE ADITIVOS METÁLICOS.

La constitución de las lámparas de aditivos metálicos es similar a la de vapor de mercurio. El recipiente o tubo de descarga es también de cristal de cuarzo de forma tubular con electrodo en cada extremo, en el que se ha depositado un material emisor de electrones. La corriente se hace llegar a los electrodos a través de unas laminillas selladas herméticamente con el cristal de cuarzo. Las lámparas de mercurio con aditivos metálicos proporcionan aproximadamente de 75 a 125 lum/wats, dependiendo de los haluros metálicos utilizados y también de la potencia de la lámpara.

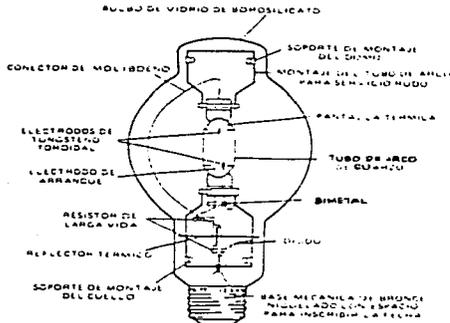
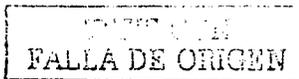


Fig. 2.15 Lámpara Metalarc 400w base arriba (BU)

Los aditivos de mercurio y el argón en el tubo del arco son generalmente compuestos de yodo con metales, tales como el nido, sodio torio, escandio. La duración de estas lámparas es de 6.000 a 10.000 horas. Tanto para el arranque como el calentamiento de estas lámparas son similares a las de la lámpara de mercurio. Aunque requiere más tiempo para llevarse a cabo



LÁMPARA DE VAPOR DE SODIO A BAJA PRESIÓN.

Está constituido por un tubo doblado en forma de "U", relleno de una mezcla de gases inertes (neón y argón) a la que se le agrega una cierta cantidad de sodio. Cuando la lámpara está fría, el sodio se deposita a lo largo del tubo en forma de gotitas. Cuando la descarga eléctrica se efectúa del sodio vaporizado a baja presión, produce una radiación visible casi monocromática formada por dos rayos muy próximos entre sí, con longitudes de onda de 589 y 589.6 nanómetros respectivamente.



Fig. 2.16 Lámpara de vapor de sodio.

El tubo doblado (tubo de descarga) se encuentra alojado en un bulbo tubular también de vidrio que les sirve de protección mecánica y térmica, reforzado este último por el vacío que se hace en el espacio interior entre el tubo doblado y el tubo con finalidad de reducir la cantidad de calor transmitido al exterior. En los extremos del tubo de descarga se encuentran dos electrodos formados cada uno por un filamento en espiral doble o triple, en cuyos intersticios se deposita un material emisor de electrones.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

VENTAJAS.

Notable eficiencia luminosa (puede alcanzar 200 lm por W.)

Larga vida.

DESVENTAJAS.

La luz emitida es monocromática (amarilla), altera los colores reflejados por los objetos.

Necesita dispositivos auxiliares para el arranque.

Hasta transcurridos 5 o 10 minutos de encendido, no alcanza el 80% de la emisión máxima.

LÁMPARA DE SODIO ALTA PRESIÓN.

En este tipo de lámparas, la luz es producida por el paso de una corriente eléctrica a través del vapor de sodio, con una presión determinada a alta temperatura (700°C) En el interior de una ampolla de vidrio se encuentra alojado el tubo de descarga del sodio, el cual es de cerámica (óxido de aluminio policristalino) muy resistente al calor y a las intensas actividades químicas del vapor de sodio a la temperatura de funcionamiento de 700°C.

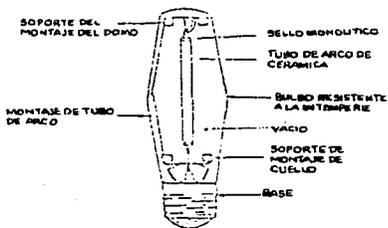


Fig. 2.17 Lámpara de vapor de alta presión.

El principal elemento de radiación en el tubo de arco es el sodio; sin embargo, contiene mercurio como gas corrector del color y adicionalmente para controlar el voltaje. También existe una pequeña cantidad de xenón, utilizado para iniciar la secuencia de arranque. La función de arranque se logra por medio de un circuito electrónico (ignitor) que se encuentra en el balastro y trabaja en conjunto con los componentes magnéticos del balastro. El ignitor provee un corto impulso de alto voltaje (3KV) de alimentación, el cual tiene suficiente amplitud y duración para ionizar el gas xenón y en esta forma, iniciar la secuencia de arranque de la lámpara. La lámpara de vapor de sodio alta presión emite energía a todo lo largo del espectro visible. Se puede aplicar en iluminación de fachadas de edificios, zonas portuarias, naves industriales, aeropuertos, almacenes, etc.

VENTAJAS.

Buena eficiencia luminosa.

Largo promedio de vida.

Reducidas dimensiones.

No existe limitación en cuanto a la posición de funcionamiento.

DESVENTAJAS.

Empleo de dispositivos auxiliares.

Tarda varios minutos en alcanzar el 80% de la emisión luminosa.

Alto costo.

LÁMPARA DE LUZ MIXTA.

La lámpara de luz mixta es una combinación de las lámparas de vapor de mercurio y de las incandescentes. Es el resultado de uno de los intentos para corregir el color de la luz emitida por las lámparas de vapor de mercurio, lo cual se consigue instalando dentro del mismo bulbo un tubo de descarga de vapor de mercurio y un filamento incandescente.

El filamento actúa como balastro para la descarga, estabilizando la corriente de la lámpara, por lo tanto no es necesario el balastro.

TRABAJA CON
FALLA DE ORIGEN

Por lo que toca el color de la luz, se tienen mejores características que con una lámpara de vapor de mercurio. Ya que el filamento incandescente introduce colores amarillo, naranja y rojo. Mismos que proporcionan una mejor identificación de colores.

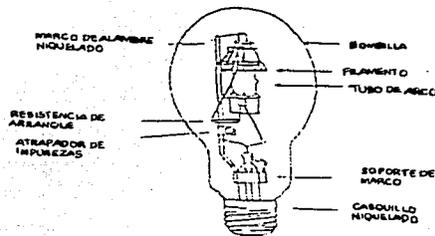


Fig. 2.18 Lámpara de luz mixta.

II.5.1.- CURVAS FOTOMÉTRICAS.

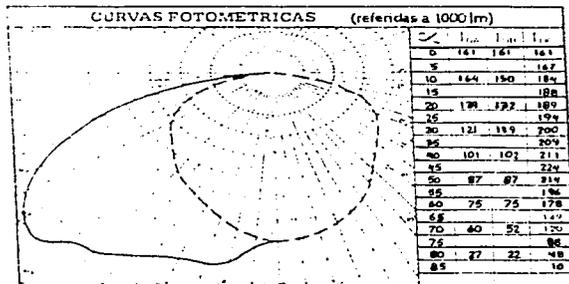
Las curvas fotométricas son las curvas de distribución espacial de las intensidades luminosas producidas por una fuente. Se obtienen mediante la medición de las intensidades producidas por una fuente en distintas posiciones alrededor de la lámpara o luminaria y graficando los valores obtenidos por medio de coordenadas polares. La distancia desde cualquier punto de la curva hasta el centro indica la intensidad luminosa en ese sentido, esto se puede comprender mejor viendo el ejemplo de la siguiente figura.

Ejemplo:

Se desea terminar una vía secundaria de acceso a una población.

DATOS

- Ancho de calzada: 8 metros
- Nivel medio de iluminación en función de la vía y según tabla 1: 16 Lux
- Tipo de luminaria: Luminaria cerrada de distribución asimétrica del flujo luminoso referencia BJC F 12.131



OBSERVACIONES

- a = 430 mm
- b = 200 mm
- c = 70 mm

Las curvas de iluminación se han trazado para la posición horizontal de la luminaria (distribución del reflector dentro de la luminaria es de 15°)

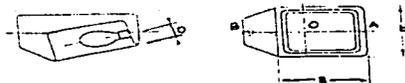


Fig. 2.19 Curvas fotométricas.

Para trazar dichos diagramas se imagina la fuente luminosa reducida a punto y colocada en el centro del diagrama. A partir de dicho punto se toman medidas de la intensidad luminosa en un elevado número de direcciones (desde 0° hasta 180°) y los valores obtenidos se trasladan al diagrama.

La iluminación que recibe una superficie, proviene de una sola fuente, puede calcularse fácilmente a partir de la curva de intensidades.

TECIE CON
FALLA DE ORIGEN

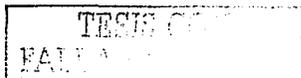
Cuando el tamaño de la luminaria comparado con su distancia a la superficie que ilumina, permita considerarla como una fuente puntual, la iluminación en cualquier punto de la superficie puede determinarse utilizando la expresión de la ley del inverso de los cuadrados ($E = I \cos \theta / L^2$) Dividiendo el producto de la intensidad luminosa y la función trigonométrica del ángulo entre la distancia al cuadrado, conoceremos los luxes incidentes en un determinado punto de la superficie. Si el tamaño de la fuente luminosa no permite la aplicación directa de la ley del inverso de los cuadrados se requiere un proceso de cálculo más complicado.

Si la distribución es asimétrica respecto a un eje central, puede representarse el haz con una sola curva. Un haz asimétrico, en cambio, requiere al menos una curva vertical y otra horizontal y a veces más para que la descripción sea completa.

II.5.2.- CURVAS ISOLUX.

Está constituido por un conjunto de curvas que unen puntos de un mismo nivel luminoso en un plano de trabajo, esto se aprecia mejor observando la figura 2.20

Para facilitar la aplicación de la información a diferentes alturas de montaje, las distancias en el plano de trabajo se expresan en múltiplos de dicha altura. El diagrama isolux que se ilustra en la Fig. 2.20 correspondiente a una sola unidad luminosa, pero pueden construirse curvas similares para una instalación sumando las aportaciones luminosas de cada una de las luminarias que constituyen la instalación. Cada altura de montaje origina un diagrama isolux distinto. El diagrama isocandela por otro lado, es una característica fija de la luminaria independientemente de la distancia o altura de montaje. Los diagramas isolux se utilizan más en instalaciones de alumbrado público, si bien unos y otros pueden emplearse indistintamente para cualquier tipo de instalación de alumbrado.



CURVAS ISOLUX (referidas a 1000 lm. y reducidas a 1m.)

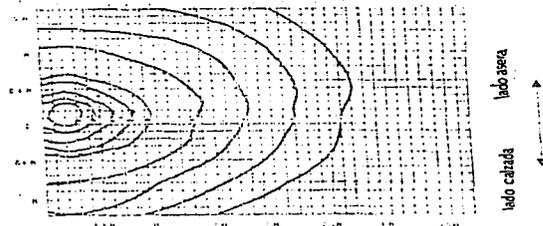


Fig. 2.19 Curvas Isolux

A continuación ilustraremos el manejo de las curvas isolux mediante un ejemplo:

El flujo luminoso de una luminaria es de 26,600 lúmenes, y está montada a una altura de 10 mts. Se requiere saber cual es el nivel luminoso en un punto situado longitudinalmente a 20 mts y transversalmente a 15 mts. La curva está calculada para 1000 lúmenes y 9.10 mts de altura de montaje. El procedimiento es el siguiente:

1) Localización del punto:

Longitudinal: $\text{distancia} / \text{altura montaje} = 20/10 = 2$

Transversal: $\text{distancia} / \text{altura montaje} = 15/10 = 1.5$

2) El valor de la lectura es de 0.325 luxes con 1000 lúmenes.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3) Nivel con 26,600 lúmenes: $26,600/1000 = 26.6$ lúmenes

$$26.6 \times 0.325 = 8.64 \text{ luxes.}$$

4) Corrección de altura de montaje:

En vista de que la altura de montaje es de 10mts, el valor del factor de corrección a usar será 0.82, por lo tanto, el nivel de iluminación es:

$$\text{Nivel de iluminación} = 0.82 \times 8.64 = 7.08 \text{ luxes.}$$

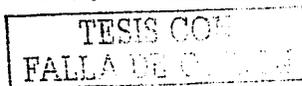
II.5.3.- CURVAS DE UTILIZACIÓN.

Estas curvas permiten conocer el "factor" o "coeficiente" de utilización de la luminaria en función de la relación distancia transversal entre altura de montaje (D/AM) Es esta una cifra descriptiva de la eficiencia de la luminaria, ya que si se multiplica por la energía luminosa emitida por la lámpara, permite conocer la energía que la luminaria es capaz de hacer llegar al pavimento, de acuerdo con la relación D/AM, correspondiente. En vista de que la construcción de reflectores y difusores tienen características diferentes para dirigir la luz hacia el frente y hacia tras en una misma luminaria, la curva de utilización se presenta en dos partes: la correspondiente a la energía emitida hacia el frente en sentido transversal (lado calle) y hacia a tras en el mismo sentido (lado banqueta o casa) su uso se analiza en el siguiente ejemplo:

Para conocer el nivel de iluminación promedio aplicamos la siguiente ecuación:

$$E = \frac{\text{Flujo luminoso del luminaria} \times C.U. \times F.U.}{\text{Area}}$$

Donde el C.U. lo obtenemos de las curvas de utilización que el fabricante entrega Fig. 2.19. El coeficiente de utilización lado banqueta (LB) del luminaria es: $LB/1.5/7 = 0.2$, y con este valor nos referimos



verticalmente hasta cruzar la curva (lado banqueta) donde tomaremos la lectura del eje vertical cero obteniendo un valor de 3. El lado calle, el coeficiente de utilización ser: $LC/AM = 10-1.5/7 = 1.2$, nos referiremos verticalmente hasta cruzar la curva (lado calle), de donde tomaremos la lectura del eje vertical cero, obteniendo el valor de 38 el valor definitivo del coeficiente de utilización será:

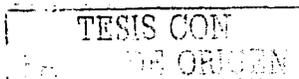
$$C.U. = 3 + 38 = 41$$

El factor de mantenimiento lo seleccionará de los datos del fabricante tomando en cuenta el cuidado y el medio ambiente donde vaya a trabajar la luminaria. El flujo luminoso (lúmenes) también deberá ser proporcionado por el fabricante. El área la tomaremos del lugar donde se instalará la luminaria.

II.6.- ILUMINACIÓN INTERIOR.

Lo primero que se requiere es elegir un equipo que proporcione un buen confort visual, así como un alto rendimiento que este acorde con las limitaciones del proyecto. Una de las limitaciones podrá ser el alto grado de suciedad. Los factores de conservación o de pérdida de la luz influyen grandemente al momento de elegir el equipo, y se consideran detalladamente en el proceso de cálculo. El aspecto económico siempre interviene, y puede obligar a adoptar una combinación de iluminación general e iluminación local. La iluminación general localizada frecuentemente, se impone por razones de orden económico. En otras áreas este sistema de iluminación se puede aplicar por razones técnicas, tales como la reducción del deslumbramiento directo o reflejado y eliminación de sombras indeseables.

Una vez seleccionada la luminaria que se va utilizar y el nivel lumínico requerido (de tablas) es posible calcular el número de luminarias



necesarias para producir tal iluminación. Hay dos métodos para conocer el número de luminarias y un tercero para comprobar el nivel de iluminación producido por las luminarias en los puntos más críticos. Los nombres de los métodos son: Método los lúmenes, Método de cavidad zonal y Método de punto por punto. A continuación hablaremos de cada uno de ellos, mostrando en algunos casos su aplicación en el proyecto.

II.6.1.- MÉTODO DE LOS LÚMENES.

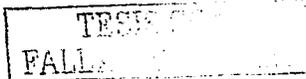
Los principios básicos para un buen diseño de iluminación industrial son los mismos que para cualquier otra área (edificios, oficinas, residencias). El método seccionado para el diseño de la iluminación en el proyecto, es el de los lúmenes. Este método consiste en obtener los lúmenes promedio de un local de una forma fácil rápida, razón por la cual es ampliamente aplicado en el alumbrado interior. El procedimiento es como sigue:

Determinar el nivel luminoso recomendado por la Sociedad Mexicana de Ingenieros en Iluminación (SMII), consultar tabla. (Apéndice A).

2) Seleccionar el sistema de iluminación (directa, semidirecta, semi-indirecta, indirecta) y las luminarias (tomando en consideración la eficiencia luminosa, precio y funcionamiento).

3) Determinar el coeficiente de utilización (C.U.). Este es un factor que tiene en cuenta la eficiencia y la distribución de la luminaria, su altura de montaje, las dimensiones del local y las reflectancias de las paredes, techos y suelos. Hay dos formas de calcular el C.U. y son:

a) Obteniéndose el índice de cuarto (o local). Los locales se clasifican de acuerdo con su forma, asignándoseles diez diferentes letras, identificados por el valor de su relación de cuarto. Esta se puede calcular a partir de la siguiente ecuación:



$$RC = \frac{I * a}{hm(I + a)}$$

RC = Relación de Cuarto.

a = Ancho.

l = largo.

hm = Altura de Montaje.

b) El índice de cuarto puede determinarse también mediante la tabla de "Relación de Cavidad Zonal".

4) Estimar el Factor de Mantenimiento (F.M.). Este factor toma las causas que afectan la cantidad de luz, siendo estos: la depreciación, envejecimiento, condiciones ambientales, suciedad acumulada en la superficie reflectora o refractora, paredes y techos sucios que reducen considerablemente la reflectancia.

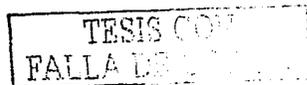
Clasificación del factor de mantenimiento.

a) F.M. BUENO (0.7). Cuando las condiciones ambientales son buenas, las luminarias se limpian frecuentemente y las lámparas se instalan por el sistema de sustitución en grupo.

b) F.M. MEDIO (0.6). Cuando existen condiciones atmosféricas menos limpias, la limpieza de las luminarias no es frecuente y solo se sustituyen las lámparas que se funden.

c) F.M. MALO (0.5). Cuando la atmósfera es bastante sucia y la instalación tiene un mantenimiento diferente.

5) Cálculo del número de luminarias. El número de lámparas y luminarias se puede determinar aplicando la siguiente ecuación:



$$\text{Número de Lámparas} = \frac{\text{área} * \text{Luxes requeridos}}{\text{Lámparas por luminario} * \text{lumens por lámpara} * \text{C.U.} * \text{F.M.}}$$

6) Distribución de luminarias. La distribución de las luminarias depende de la arquitectura general, dimensiones del edificio, tipo de luminaria, etc.

EJEMPLO: PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR ÉL NUMERO DE LUMINARIAS.

El cálculo se efectuara siguiendo el procedimiento descrito. Otra forma de conocer el número de luminarias consiste en utilizar formatos que facilitan el cálculo y control. La localización de las oficinas así como la distribución de las luminarias y características de las mismas se podrán apreciar en los planos.

1) Para las oficinas donde se realiza trabajos de archivo y lectura, el nivel luminoso recomendado por la Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación, A.C. es de 600 luxes.

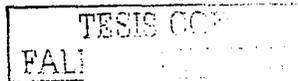
2) La luminaria seleccionada es del tipo empotrar, Slim-line, son de distribución luminosa semidirecta, luz blanca fría, con un flujo luminoso de 4000 lúmenes y dos tubos UBEN de 32 W cada uno (2 x 32W).

3) Cálculo del coeficiente de utilización (C.U.). Se necesita conocer datos del local para obtener él índice de cuarto y, posteriormente mediante tablas del fabricante obtenemos el C.U.

$$\begin{aligned} l &= 20.90 \text{ m} \\ a &= 4.90 \text{ m} \\ A &= 102.41 \text{ m}^2 \\ hm &= 3.00 \text{ m} \end{aligned}$$

$$RC = \frac{102.41}{3(4.9 + 20.9)} = 1.32$$

De la tabla del fabricante. se obtiene la letra del índice de cuarto (I.C.) que le corresponde a 1.32



La letra buscada de I.C. es G. Con esta letra y con las siguientes reflectancias de 80% para el techo, 80% para las paredes y 10% para el piso podrá conocer el valor de C.U. mediante el uso de la tabla del fabricante.

Después de haber consultado la tabla del fabricante obtenemos que C.U. = 0.6

4) el factor de mantenimiento es de tipo alto debido a las condiciones ambientales de trabajo, por lo tanto F.M. = 0.7

5) Determinamos el número de luminarias.

$$NL = \frac{81.15 \times 600}{2 \times 4000 \times 0.6 \times 0.7} = 28.98 \text{ luminarias.}$$

6) Por condiciones de simetría del local, las lámparas fluorescentes serán 30.

Tabla 2-1 Reflectancias

Reflectancias en acabado madera

COLOR	REFLECTANCIAS
Maple claro	48%
Encino claro	34%
Avellana medio	19%
Nogal oscuro	19%
Caoba oscuro	12%

Reflectancias en acabado metalico

COLOR	REFLECTANCIAS
Blanco porcelanizado	70-88%
Aluminio palido	80-85%
Aluminio mate	75%
Pintura aluminio claro	75%
Pintura aluminio medio	0%

Reflectancias en vidrio

COLOR	REFLECTANCIAS
Vidrio claro	10%
Vidrio opaco	15-30%
Con acabado marmol	20-40%

TESE CON
FALLA DE

Tabla 2-1 Freflectancias (Continuación)

Reflectancias en plástico	
COLOR	REFLECTANCIAS
Claro	5-10% _a
Oscuro	15-30% _a
Reflectancias en acabado mate	
COLOR	REFLECTANCIAS
Blanco	80-88% _a
MUY CLARO	
Azul verde	76% _a
Verde	72% _a
Crema	80% _a
Amarillo crema	76% _a
Azul	70% _a
Gris	73% _a
CLARO	
Azul verde	70% _a
Verde	64% _a
Crema	70% _a
Amarillo crema	66% _a
Azul	55% _a
Gris	49% _a
Café	35% _a
MEDIO	
Azul verde	54% _a
Verde	33% _a
Crema	44% _a
Amarillo crema	55% _a
Azul	22% _a
Gris	38% _a
Café	24% _a
OSCURO	
Amarillo	50% _a
Naranja	25% _a
Gris	25% _a
Rojo	12% _a
Café	10% _a
Azul	8% _a
Verde	7% _a

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 2-2 DATOS DE LÁMPARAS ELÉCTRICAS FLUORESCENTES

WATTS	TIPO	ENCENDIDO	BULBO	ACABADO	LONGITUD TOTAL(CM)	VIDA HORAS	LUMENES INICIALES	DEPRE- CIACION
15	ESTÁNDAR	ESTÁNDAR	T-8	B.FRIO	45.7	7500	830	16%
15	ESTÁNDAR	ESTÁNDAR	T-8	L.DIA	45.7	7500	710	16%
15	ESTÁNDAR	ESTÁNDAR	T-12	B.FRIO	45.7	7500	725	14%
15	ESTÁNDAR	ESTÁNDAR	T-12	L.DIA	45.7	7500	620	14%
20	ESTÁNDAR	ESTÁNDAR	T-12	B.FRIO	61	7500	1170	13%
20	ESTÁNDAR	ESTÁNDAR	T-12	L.DIA	61	7500	995	13%
40	E RAPIDO	RAPIDO	T-12	B.FRIO	122	9000	3100	10%
40	E RAPIDO	RAPIDO	T-12	L.DIA	122	9000	2600	10%
38	SLIMLINE	ISNTANTANEO	T-12	B.FRIO	122	9000	2900	11%
38	SLIMLINE	ISNTANTANEO	T-12	L.DIA	122	9000	2400	11%
55	SLIMLINE	ISNTANTANEO	T-12	B.FRIO	183	9000	4290	9%
55	SLIMLINE	ISNTANTANEO	T-12	L.DIA	183	9000	3600	9%
74	SLIMLINE	ISNTANTANEO	T-12	B.FRIO	244	9000	6050	11%
74	SLIMLINE	ISNTANTANEO	T-12	L.DIA	244	9000	5080	11%
87	H O	RAPIDO	T-12	B.FRIO	183	9000	6200	12%
87	H O	RAPIDO	T-12	L.DIA	183	9000	5170	12%
110	H O	RAPIDO	T-12	B.FRIO	244	9000	8980	20%
110	H O	RAPIDO	T-12	L.DIA	244	9000	7520	20%
110	V H O	RAPIDO	T-12	B.FRIO	122	6000	6900	20%
110	V H O	RAPIDO	T-12	L.DIA	122	6000	5900	20%
160	V H O	RAPIDO	T-12	B.FRIO	183	6000	11100	20%
160	V H O	RAPIDO	T-12	L.DIA	183	6000	9700	20%
215	V H O	RAPIDO	T-12	B.FRIO	244	6000	15500	20%
215	V H O	RAPIDO	T-12	L.DIA	244	6000	13300	20%
110	P GROOVE	RAPIDO	PG-7	B.FRIO	122	6000	6900	20%
110	P GROOVE	RAPIDO	PG-7	L.DIA	122	6000	6150	20%
160	P GROOVE	RAPIDO	PG-7	B.FRIO	183	6000	10900	20%
160	P GROOVE	RAPIDO	PG-7	L.DIA	183	6000	9700	20%
215	P GROOVE	RAPIDO	PG-7	B.FRIO	244	6000	15500	20%
215	P GROOVE	RAPIDO	PG-7	L.DIA	244	6000	13300	20%

TESIS CON
FALLA DE CALIFICACION

Tabla 2-3 DATOS DE LÁMPARAS ELÉCTRICAS INCANDESCENTES

WATTS	VOLTS	BASE	BULBO	ACABADO	LONGITUD TOTAL(cm)	VIDA HORAS	LUMENES INICIALES	DEPRE- CIACION
15	120	MEDIA	A-15	PERLA	8.6	1000	144	13%
25	120	MEDIA	A-19	PERLA	9.8	1000	265	15%
40	120	MEDIA	A-19	Cl o per	10.5	1000	470	9%
60	120	MEDIA	A-19	Cl o per	10.5	1000	855	6%
75	120	MEDIA	A-19	Cl o per	10.5	1000	1180	6%
100	120	MEDIA	A-19	Cl o per	10.7	1000	1720	6%
150	120	MEDIA	A-23	Cl o per	14.8	1000	2730	9%
200	120	MEDIA	PS-25	Cl o per	17	1000	3750	9%
300	120	MEDIA	PS-30	Cl o per	20	1000	6000	12%
300	120	MOGUL	PS-35	Cl o per	23	1000	5700	12%
500	120	MOGUL	PS-40	Cl o per	24.1	1000	9900	12%
750	120	MOGUL	PS-52	Claro	32.4	1000	15600	12%
1000	120	MOGUL	PS-52	Claro	32.4	1000	21600	15%
1500	120	MOGUL	PS-52	Claro	32.4	1000	33000	21%
REFLECTORES DE USO INTERIOR								
30	120	MEDIA	R-20	DIFUSO	10.2	2000	20	15%
50	120	MEDIA	R-20	Dif o Con	10.2	2000	430	15%
75	120	MEDIA	R-30	Dif o Con	12.7	2000	840	15%
150	120	MEDIA	R-40	Dif o Con	15.9	2000	1725	15%
200	120	MEDIA	R-40	Dif o Con	15.9	2000	3600	15%
300	120	MED FALD	R-40	Dif o Con	16.5	2000	6500	15%
500	120	MOG MEC	R-40	Dif o Con	17.8	2000	6500	15%
500	120	MOGUL	R-52	DIFUSO	29	2000	8300	15%
750	120	MOGUL	R-52	DIFUSO	29	2000	12700	15%
REFLECTORES DE USO EXTERIOR								
75	120	MEDIA	PAR-38	Dif o Con	15.6	2000	730	15%
150	120	MEDIA	PAR-38	Dif o Con	15.6	2000	1730	15%
200	120	MED PROL	PAR-56	Dif o Con	12.7	2000	3650	15%
500	120	MED PROL	PAR-64	Dif o Con	15.3	2000	6000	15%
TODO CUARZO (HALOGENAS)								
500	120	R7S-15	T3Q/CI-RSC	CLARO	11.6	2000	10500	12%
1000	220	R7S-15	T3Q/CI-RSC	CLARO	18.6	2000	22000	12%
1500	220	R7S-15	T3Q/CI-RSC	CLARO	25.4	2000	33000	12%
2000	220	F-4	T3Q/CI-RSC	CLARO	33	2000	44000	12%
100	120	MINICAN	T-4	CLARO	6.9	1000	1800	4%
150	120	MINICAN	T-4	CLARO	6.9	1500	2900	4%
200	120	RSC	T-3	CLARO	7.9	1500	3460	4%
250	120	RSC	T-4	CLARO	7.1	2000	4850	4%
300	120	RSC	T-3	CLARO	11.9	2000	5950	4%
400	120	RSC	T-4	CLARO	11.9	2000	7750	4%
500	120	RSC	T-3	CLARO	7.9	2000	10950	4%
1000	220	RSC	T-3	CLARO	25.5	2000	21400	4%
1500	220	RSC	T-3	CLARO	25.5	2000	35800	4%

TEJIS CON
FALLA DE ORIGEN

II.6.2.- MÉTODO DE CAVIDAD ZONAL.

El método de cavidad por zonas es una modificación del método de los lúmenes presentando una mayor exactitud debido a la mejor consideración de cavidades o espacios donde se difunde la luz.

Este método divide el cuarto en tres cavidades: altura de la cavidad del techo (hct), altura de la cavidad local (hcl), altura de la cavidad del piso (hcp); Haciendo posible considerar la cavidad básica del local como un espacio vacío localizado entre los planos de la luminaria y de trabajo. Este concepto permite considerar en detalle la existencia de reflectancias bajo el plano de trabajo y arriba del plano a las luminarias, sin que afecte la tabla básica de coeficientes de utilización. Observando la Fig. 2.21 nos quedara más claro lo antes expuesto.

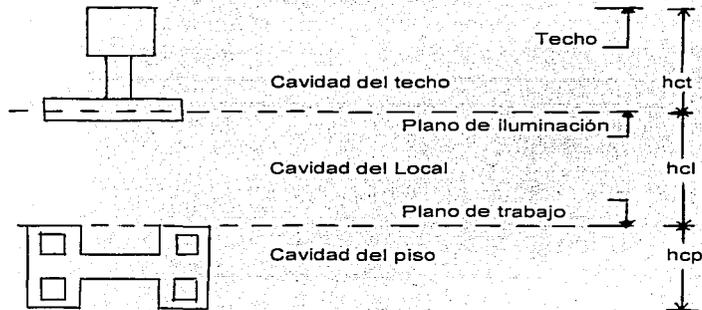
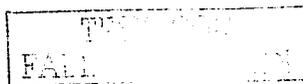
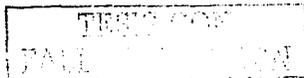


Fig. 2.21 Relación de cavidad zonal



PROYECTO _____ No. _____		PLANO No. _____	
ÁREA _____		CÁLCULO: _____ REVISO: _____	
FECHA: _____		FECHA: _____	
DATOS LUMINARIO		DATOS LAMPARA	
FABRICANTE _____		TIPO _____	
No CATALOGO _____		① LUMENES POR LUMINARIO _____	
DATOS GENERALES		INDICAR REFLECTANCIAS (ρ) Y ALTURAS (hcl, hcc o' hcp)	
DIMENSIONES LOCAL	② LONGITUD _____ M		hcl = _____
	③ ANCHO _____ M		hcc = _____
	④ ÁREA _____ M ²		hcp = _____
⑤ NIVEL LUMINOSO _____	LUX _____	PLANO DE TRABAJO	
CÁLCULO RELACIONES CAVIDAD			
hcl = $\frac{2 \times \text{ALTURA} \times \text{LARGO} + \text{ANCHO}}{\text{LARGO} \times \text{ANCHO}}$			
hcc _____ (LOCAL)	hcl _____ (TECHO)		
hcp _____ (PISO)			
REFLECTANCIAS EFECTIVAS DETERMINADAS DE TABLA No. I III G - 5, DEL MANUAL DE PROCEDIMIENTOS		COEFICIENTE UTILIZACION	
TECHO: _____		⑥ C.U. = _____	
PISO: _____		FACTOR DE MANTTO.	
		⑦ F.M. = _____	
⑧ No LUMINARIOS: $\frac{② \times ③}{① \times ④ \times ⑥ \times ⑦}$ = _____ LUMINARIOS			
⑨ ESPACIAMIENTO: $\sqrt{\frac{③}{⑧}}$ = _____ M		DISPOSICION LUMINARIOS	
		LARGO = $\frac{②}{⑨}$	ANCHO = $\frac{③}{⑩}$

**CÁLCULO Y DISTRIBUCIÓN DE UNIDADES DE ALUMBRADO
MÉTODO DE CAVIDAD ZONAL**



En general el método comprende los pasos siguientes:

1) obtener los datos del cuarto. Con esto nos estamos refiriendo a dimensiones (largo, ancho, altura) las podemos conocer a través del plano arquitectónico o midiendo. Las reflectancias también son necesarias y las podemos conocer midiéndolas con un luxometro o consultando las tablas.

2) Calcular las relaciones de cavidad (hct,hcl,hcp) sustituyendo los valores en las formulas.

3) Con el uso de una tabla calcular las reflexiones efectivas por cavidades, completamos los datos de las cavidades. (Letra "B" del formato)

4) Con las tablas del fabricante podremos encontrar el coeficiente de utilización (C.U.) de la luminaria.

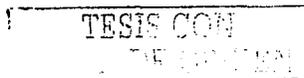
5) Sustituimos los datos obtenidos en la formula para conocer el numero de luminarias o el nivel luminoso.

II.6.3.-MÉTODO DE PUNTO POR PUNTO.

Este método proporciona la iluminación directa sobre un punto, sin tomar en cuenta la luz reflejada por el techo, paredes y piso. Se aplica perfectamente en el alumbrado exterior. Este método tiene como base la ley del inverso de los cuadrados y solamente se refiere a fuentes puntuales.

Cuando se dispone de la curva de distribución de la fuente y la mayor dimensión de esta no es superior a un quinto de la distancia entre la fuente y la zona estudiada, pueden usarse para determinar la iluminación sobre superficies horizontales o verticales, las siguientes formulas y datos:

Iluminación en el plano normal (perpendicular). Cuando la dirección del haz luminoso en candelas y el plano de iluminación son perpendiculares.



$$E_n = I/D^2$$

Iluminación horizontal. Para conocer la iluminación en este plano aplicamos la siguiente ecuación:

$$E_h = \frac{I}{D^2} \cos \theta = E_n \cos \theta$$

Iluminación vertical. Aplicando las siguientes ecuaciones podremos conocer la iluminación en este plano.

$$E_v = \frac{I}{D^2} \cos \gamma = E_n \cos \gamma$$

Otra relación útil es el teorema de Pitágoras. Con él podemos determinar la longitud D.

$$D = \sqrt{H^2 + L^2}$$

Las funciones trigonométricas del triángulo rectángulo también son de gran utilidad.

$$\text{Sen } \theta = L/D$$

$$\text{cos } \theta = H/D$$

$$\text{tan } \theta = L/H$$

Donde:

E_n = Iluminación en el plano horizontal al rayo de luz.

E_h = Iluminación en el plano horizontal cuando el rayo de luz incide en el plano con el ángulo θ .

E_v = Iluminación en el plano vertical cuando el rayo de luz incide en el plano con un ángulo α .

I = Intensidad de la fuente luminosa en dirección del punto E.

D = Distancia entre la fuente luminosa y el punto E.

H = Altura del montaje vertical de la fuente luminosa sobre el plano de medición.

L = Distancia horizontal desde la fuente luminosa al punto E.

TESIS CON
VALOR DE ORIGEN

θ = Angulo entre el rayo de luz y una línea perpendicular a través de la fuente luminosa.

α = Angulo de incidencia entre el rayo de luz y lado L.

II.7.- ALUMBRADO EXTERIOR.

Tiene como fin el alumbrado de calles, avenidas, cruces, plazas, áreas verdes, carreteras, fachadas de edificios, monumentos públicos, etc.

La principal aplicación del alumbrado exterior se encuentra en el alumbrado público que tiene por objeto proporcionar en la noche una visibilidad confortable para tener una seguridad y protección en el tráfico de vehículos y peatones.

El nivel luminoso debe de ser bien seleccionado debido a los siguientes obstáculos:

-La visibilidad de los colores se pierde a bajos niveles de iluminación.

-A un promedio de 80 Km/h el individuo ve 14% menos que si viajara a 70 km/h.

Los objetos o personas deben contrastar bien, es decir, debe de existir una diferencia de luminancia entre el objeto y el fondo con la finalidad de que puedan ser identificados rápidamente.

La clasificación de la zona y los niveles de iluminación medios recomendados para alumbrado público se dan a continuación:

TIPO DE ARTERIA

TIPO DE ZONA

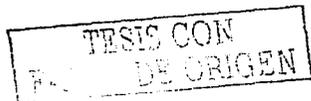
COMERCIAL INTERMEDIA RESIDENCIAL

Vías Principales

Vías de Tráfico intenso

Vías de Tráfico mediano

Vías de Tráfico ligero



La tendencia actual del alumbrado de las calles y reas públicas es el menor mantenimiento posible, el incremento en niveles de iluminación y el mejoramiento del color de la fuente luminosa; ya que es necesario planear instalaciones más eficientes dado el aumento en las actividades nocturnas, de la densidad del tráfico y las velocidades de los vehículos.

Para la selección de la luminaria adecuada debemos tener en cuenta la distribución luminosa, su resistencia a los agentes atmosféricos y su estética. La distribución fotométrica (luminosa) es muy importante debido a que con ella se logra la uniformidad de iluminación deseada. Es imprescindible que los fabricantes de luminarias entreguen las curvas izo lux para que el proyectista pueda calcular el flujo luminoso que incide en la calle o avenida y poder así obtener el espaciamiento entre las unidades, conociendo desde luego el valor del nivel de iluminación.

II.7.1.- PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DEL ALUMBRADO PÚBLICO.

- 1) Determinar el nivel de iluminación.
- 2) Tener los datos del perfil de la calle.
- 3) Seleccionar el tipo de lámpara.
- 4) Obtener el coeficiente de utilización (C.U.) con los datos proporcionados por el fabricante.
- 5) Obtener el factor de mantenimiento de acuerdo al tipo de luminaria, cuidado, condiciones ambientales, depreciación, etc.
- 6) Calcular el espaciamiento entre cada poste mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Espaciamiento} = \frac{\text{Lúmenes iniciales} * C.U. * F.M.}{\text{Iluminación Promedio} * \text{Ancho de la calle}}$$

- 7) De acuerdo con la relación altura de la luminaria y ancho de la calle, ver que disposición le corresponde (unilateral, bilateral al trespaso, bilateral en oposición).
- 8) Con el diagrama isolux verificar el nivel luminoso en varios puntos.



CAPITULO III.

SISTEMA DE FUERZA.

III.1.- INTRODUCCION.

Los motores eléctricos transforman la energía eléctrica en energía mecánica y por lo tanto su aplicación esta definida por las características que imponen los requerimientos de la carga mecánica. Por esto la aplicación de motores se basa principalmente en cálculos mecánicos que utilizan las leyes fundamentales de esta ciencia.

Este capítulo trata sobre la instalación eléctrica de las cargas de fuerza y más específicamente de los motores. Se exponen los lineamientos generales para calcular los elementos constitutivos de la instalación de un motor. Se consideran inicialmente para un motor aislado y luego para un grupo de motores que son los equipos de aire acondicionado, sistema de red de agua potable y sistema contra incendio. Después se da un ejemplo para ambas consideraciones.

III.2.- DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.

MOTOR DE INDUCCIÓN. Es un motor eléctrico, en el que solamente una parte, el rotor o el estator, se conecta a la fuente de energía y la otra trabaja por inducción electromagnética. Puede ser del tipo rotor jaula de ardilla (rotor con barras en cortocircuito) o rotor devanado.



POTENCIA NOMINAL DE UN MOTOR. Es la potencia que puede entregar un motor, bajo características de tensión, frecuencia, velocidad, corriente y temperatura nominales, de acuerdo con los datos especificados en la placa. Normalmente se da en HP (caballos de potencia).

CORRIENTE DE PLENA CARGA (I_{pc}). También es llamada corriente nominal o de régimen. Es la que demanda un motor, máquina o grupo de motores, cuando operan con su potencia nominal.

CORRIENTE DE ARRANQUE. Es la corriente que toma el motor al arrancar y que corresponde a la que demanda cuando el rotor está frenado (velocidad cero), bajo tensión y frecuencia nominales.

ALIMENTADOR. Son los conductores que llevan la energía eléctrica desde la subestación, tablero de distribución o centro de control de motores, hasta el motor. Se habla de alimentador general si los conductores llegan a un centro de cargas o centro de control de motores para alimentar a una máquina o un grupo de motores; y de alimentador derivado si los conductores van del centro de control de motores hasta el motor; a este podrá llamársele simplemente alimentador.

SOBRECARGA DE UN MOTOR. Es una corriente que se presenta en el motor, con valor superior a la corriente de plena carga. Puede presentarse cuando la carga conectada al motor es excesiva, cuando la carga conectada al motor es excesiva, cuando la tensión en una de las fases deja de proporcionar energía.

ELEMENTO DE SOBRECARGA. También llamado elemento térmico, es el censor del relevador de sobre carga que conduce la corriente del motor. Puede ser del tipo bimetálico o de aleación fusible; va integrado en el arrancador.



FACTOR DE SERVICIO. Es un factor que aplicado a la potencia nominal, indica la sobrecarga continua máxima permisible que puede soportar el motor sin que exceda los límites de temperatura del aislamiento especificado en la placa.

Motores de servicio continuo.

(a) De mas de 746 W (1 CP) Cada motor de servicio continuo de más de 746 W (1 CP) se protegerá contra sobrecarga por uno de los medios siguientes:

(1) Un dispositivo separado de sobrecarga que sea sensible a la corriente del motor. La corriente nominal o de disparo de este dispositivo no será mayor que los porcentajes de la corriente a plena carga del motor, como sigue:

Motores con Factor de Servicio no menor de 1.5..... 125%

Motores con Aumento de Temperatura no menor de 40 °C 125%

Todos los demás motores 115%

Para un motor de varias velocidades, cada conexión del devanado será considerada por separado.

Cuando el dispositivo separado de sobrecarga del motor esté conectado de manera que no conduzca la corriente total indicada en la placa de características del motor, tal como es el caso de arranque en delta, se deberá indicar en el equipo el porcentaje de la corriente indicada en la placa, que deberá ser aplicado en la selección o ajuste del dispositivo de sobrecarga o deberá tenerse en cuenta la tabla que permite seleccionarlo, dada por el fabricante.

(2) Un protector térmico integrado al motor, registro para éste uso, prevendrá los daños mayores por sobrecalentamiento del motor



así como por fallas en el arranque. La corriente de disparo de la de disparo de la protección térmica del motor, no deberá de exceder de los siguientes porcentajes dados a continuación sobre los valores de corriente a plena carga de los motores que se indican en las Tablas. 430-148 y 430-150 de las normas técnicas de instalación eléctrica.

Motor a carga plena cuya corriente sea menor 9.0 A..... 170%

Motor a carga plena con corriente de operación entre 9.1 y 20.0 A..... 156%

Motor a carga plena con corriente de operación mayor a los 20 A 140%

Si el dispositivo de interrupción de corriente se encuentra separado del motor y el circuito de control es operado por la protección integral del motor, deberá estar arreglado en forma tal que cuando abra la protección del motor, también el circuito de control.

(3) Se considerará que el motor ha sido debidamente protegido cuando formando parte de un conjunto registre en que no se someta normalmente el motor a sobrecargas y que éste cuente con su protección integral, que lo proteja contra daños en el arranque.

(4) Para motores mayores de 1 119 kW (1 500 CP), deberán tener una protección detectora de temperatura, para que cuando se presente un incremento mayor al que se indica en la placa del motor, sobre un ambiente de 40 ° C, interrumpan el suministro de corriente al motor.

(b) Motores de 746 W (1 CP) y menores, con arranque no automático.

(1) Un motor operando en servicio continuo de capacidad de 746 W (1 CP) o menor que no está instalado en forma permanente y con arranque no automático, se considerará debidamente protegido contra sobrecarga por el dispositivo de protección contra corto circuito y

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

de falla a tierra del circuito derivado. Cualquiera de estos motores, podrá ser usado en un circuito con tensión nominal de 125 V, protegiendo el circuito respectivo con no más de 20 A.

(2) Cualquiera de estos motores que no esté a la vista del control se protegerá de acuerdo a (c).

Cualquier motor de 746 W (1 CP) o menor, que esté instalado en forma permanente, deberá de estar protegido de acuerdo con (c).

(c) Motor de 746 W (1 CP) o menor, con arranque automático. Cualquier motor de 746 W (1 CP) o menor, con arranque automático deberá de ser protegido contra sobrecarga por uno de los siguientes medios:

(1) Un dispositivo de sobrecarga que responda a la corriente del motor.

Este dispositivo deberá de ser seleccionado para que dispare o que tenga la capacidad con los siguientes porcentajes de la corriente de placa a plena carga.

Motores con Factor de Servicio no menor a 1.15 125%

Motores con Aumento de Temperatura menor a 40°C 125%

Todos los demás motores 115%

Para motores de velocidad variable, cada conexión de los devanado deberá ser considerada en forma separada.

(2) Un protector térmico integral con el motor y autorizado para ser usado con el motor que protege contra sobrecalentamiento peligroso debido a sobrecarga o falla en el arranque; si el dispositivo de interrupción de corriente del motor se encuentra separado del mismo y



su circuito de control se acciona por un dispositivo protector que forma parte integral del motor, deberá disponerse de tal forma que la desconexión del circuito de control, interrumpa la corriente del motor.

(3) El motor se considerará debidamente protegido, cuando forme parte de un conjunto registro, que normalmente no someta el motor a sobrecargas y si hay un dispositivo de protección que forma parte integral del motor y que lo proteja contra daños por fallas en el arranque o si el conjunto está también equipado con otros controles de seguridad (como el control de seguridad de combustión de un quemador de petróleo doméstico), que proteja al motor contra daños debidos a fallas en el arranque. Cuando el conjunto tenga controles de seguridad que protejan el motor, se deberá de indicar en la placa de especificaciones estando en un lugar que sea visible.

(4) Si la impedancia de los devanados del motor, es suficiente como para prevenir el sobrecalentamiento por fallas en el arranque, el motor puede ser protegido como Motores de 746 W (1 CP) y menores, con arranque no automático, para motores que se arranquen en forma manual; si el motor forma parte de un conjunto ensamblado de fábrica, el motor se limitará a sí mismo para que no se sobrecaliente en forma peligrosa.

Nota: Muchos motores de corriente alterna menores a 37.3 W (1/20 CP), como son motores de relojes, motores tipo serie, etc. y también algunos de mayor capacidad como los de alto par, se incluirán en esta clasificación. Esto no incluye motores de fase partida, que tiene interruptor automático que desconectan las bobinas de arranque.

(d) Motores de rotor devanado secundario. Los motores de corriente alterna de rotor devanado secundario, incluyendo sus conductores, controles, resistencias, etc., se considerarán protegidos contra sobrecargas por el mismo dispositivo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La aplicación de cualquier motor se puede considerar de trabajo continuo, a menos que los equipo que acciona sea tal que éste no pueda funcionar continuamente con carga bajo ninguna condición de operación.

Selección del relevador de sobrecarga. Cuando el relevador de sobrecarga se selecciona de acuerdo a lo anterior y no sea suficiente para soportar la carga aplicada, se permitirá utilizar el relevador inmediato superior, siempre que la corriente de disparo del relevador de sobrecarga, no exceda los porcentajes del motor operando a plena carga que se indican a continuación

Motores con Factor de Servicio no menor de 1.15 140%

Motores con Aumento de Temperatura no mayor de 40°C 140%

Todos los otros motores 130%

Si el dispositivo de protección contra sobrecarga no se puentea durante el arranque, éste debe tener el suficiente retardo de tiempo para que permita al motor arrancar y acelerar su carga

Nota: Un relevador de sobrecarga clase 20 o 30 da un tiempo de aceleración al motor más grande que uno clase 10 o 20 respectivamente. El empleo de un relevador de sobrecarga de clase mayor, evita la necesidad de seleccionar una corriente de disparo mayor.

Arranque no automático. La protección contra sobrecarga del motor de arranque no automático, puede ponerse en derivación o excluirse del circuito durante el periodo de arranque, siempre que el dispositivo que lo ponga en derivación o lo excluya no pueda dejarse en la posición de arranque y además, que los fusibles o el interruptor de tiempo inverso calibrado a no más del 400% de la corriente a plena carga del motor,



estén ubicados en el circuito de tal forma que funcionen durante el periodo de arranque del motor.

Arranque automático. Si el motor arranca automáticamente el dispositivo de protección contra sobrecarga no será puesto en derivación o excluido del circuito.

La protección de sobre carga del motor podrá ser puenteadada o desconectada del circuito durante el arranque automático del motor cuando:

(1) El periodo de arranque del motor exceda el tiempo de retardo de los dispositivos de protección contra sobrecarga del motor.

(2) Los medios registros son:

(a) Verificar la rotación del motor, previniendo el puenteadado o la puesta fuera de operación del circuito en caso de falla del motor en el arranque.

(b) Limitar el tiempo de protección de sobre carga del puenteadado o puesta fuera de servicio del circuito menor que la capacidad del tiempo de operación del motor a rotor bloqueado.

(c) Prever el paro y la restauración manual del arranque del motor si no alcanza la condición de marcha.

Conductores en los que deben colocarse fusibles. Cuando se utilicen fusibles para la protección de sobrecarga de los motores, se debe intercalar un fusible en cada conductor activo. Se debe intercalar un fusible también en el conductor de puesta a tierra, cuando el sistema de alimentación es de tres hilos, 3 fases, en corriente alterna, con un conductor de puesta a tierra.



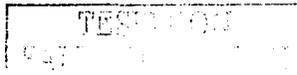
Relevador de sobrecarga. Los elementos térmicos de corte, relevador de sobrecarga y otros dispositivos para la protección contra sobrecarga del motor, que no sean capaces de interrumpir cortocircuitos, deben estar protegidos por fusibles o interruptores automáticos con capacidad o Excepción No 1. A menos que estén certificados para instalación en grupo y lleven marcada la capacidad máxima del fusible o del interruptor termomagnético de tiempo inverso mediante el cual están protegidos.

Motores en circuitos derivados de uso general. La protección contra sobrecarga para motores instalados en circuitos derivados de uso general, se dispondrá como se indica a continuación:

(a) No mayor de 746 W (1 CP) En los circuitos derivados de uso general pueden conectarse uno o más motores sin protección individual contra sobrecargas solamente cuando se cumplan las condiciones limitadoras especificadas para dos o más motores

(b) Mayor de 746 W (1 CP) Tanto el control como el dispositivo de protección contra sobrecargas serán registros para su instalación en grupo con el dispositivo de protección contra cortocircuito y falla a tierra debidamente seleccionado.

(c) Conectados mediante clavija y contacto. Cuando un motor se conecta a un circuito derivado por medio de un enchufe y contacto y la protección individual contra sobrecarga es omitida, como está indicado en (a) anterior, la capacidad del enchufe y toma corriente no será mayor de 15 A a 120 V o 10 A a 250 V. Cuando la protección individual contra sobrecarga es necesaria, como se prevé en (b) anterior, para un motor o un artefacto accionado por motor provisto de un enchufe para conectarlo a un circuito derivado a través de un tomacorriente, el dispositivo contra sobrecarga será una parte integral del motor o del artefacto.



(d) Retardo de tiempo. El dispositivo de protección contra cortocircuito y falla a tierra de un circuito derivado en el cual el motor o artefacto accionado por motor está conectado, tendrá el suficiente retardo de tiempo para permitir que el motor arranque y acelere con carga.

ESTACION DE MOTORES. Es una agrupación de contactos selectores en un gabinete o caja, generalmente destinado a controlar la operación de motores.

EFICIENCIA (η) Para un motor eléctrico, la eficiencia es la relación entre la potencia mecánica útil en la flecha del motor (dato de placa en HP) y la potencia eléctrica que demanda. Esta relación refleja las pérdidas eléctricas y magnéticas dentro del motor. La eficiencia de un motor varía en forma directa con el valor de su potencia.

ARRANCADOR. Es la combinación de los medios de conexión y desconexión necesarios para arrancar y parar un motor, en combinación con protección de sobrecarga.

CENTRO DE CONTROL DE MOTORES (CCM). Es un ensamble metálico autosoportado de uno o más gabinetes verticales, con un bus trifásico horizontal común, en donde se concentran los elementos o dispositivos de protección y control de motores eléctricos.

MOTOR FRACCIONARIO. Es el motor cuya potencia es menor de .746kw (1 HP), a carga plena; pero mayor de 0.0373 kw (1/20 HP).

MOTOR INTEGRAL. Es el motor cuya potencia es igual o mayor a 0.746 kw (1 HP) a carga plena.

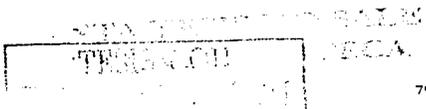
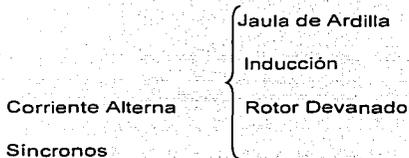


III.3.- MOTORES ELÉCTRICOS.

Un motor eléctrico es una máquina eléctrica que convierte la energía eléctrica en energía mecánica; esta conversión se realiza al acoplar los sistemas eléctrico y mecánico por medio de un campo magnético.

III.3.1. CLASIFICACIÓN.

Los motores eléctricos pueden clasificarse de la siguiente manera:



Un motor eléctrico consta básicamente de las siguientes partes:

ESTATOR. Es la parte fija y donde se localizan los devanados del inductor o campo.

ROTOR. Es la parte móvil, en la que se enrollan los devanados del inducido o armadura.

CARCASA. Constituye el soporte y blindaje del estator y rotor.

Normalmente el estator es el inductor, aunque en algunos casos específicos puede ser el inducido.

III.3.2.- MOTORES DE INDUCCION.

En un motor de inducción se aplica tensión alterna al estator y en el rotor se induce una tensión también alterna, en la misma forma a como se induce una tensión de corriente alterna en el secundario de un transformador.

Hay dos tipos de motores de inducción: el de rotor jaula de ardilla y el de rotor devanado.

MOTOR JAULA DE ARDILLA. En este motor, el núcleo del rotor esta ranurado para alojar una serie de barras de cobre como conductores. Estas barras se conectan en un cortocircuito en sus extremos, remachándolas a anillos de cobre, formado así una jaula que envuelve al núcleo. Dichas barras no están conectadas a circuito exterior alguno; por esta razón, este tipo de motor es el más simple y eficaz. Su operación es confiable y su mantenimiento es bajo. Sin embargo, es de velocidad prácticamente constante, por lo que cuando se requiere variación de velocidad ya no es aplicable.



Este tipo de motor generalmente se usa cuando se requiere un par de arranque regular y velocidad constante; por ejemplo, en tornos, prensas, bombas, transmisiones de flechas, etc.

El motor jaula de ardilla lleva este nombre debido a su construcción del rotor, que hace recordar una jaula de ardilla, sin tener devanado de alambre.

De acuerdo a los estándares NEMA, los motores de C.A. deberán llevar anotado en su placa de datos una letra de código como clave para mostrar los Kilovolt-amperes por HP que demanda el motor cuando el rotor esta bloqueado.

Es con frecuencia necesario determinar el valor de la corriente del rotor bloqueado de un motor. Con bastante aproximación, esta corriente puede ser determinada sobre la base de un valor promedio de KVA's por HP dentro del rango correspondiente a la letra de código anotada en los datos de placa del motor. Así para un motor trifásico, la corriente de rotor bloqueado será igual al valor promedio de KVA's multiplicado por los HP del motor y por 1000; y este producto dividido entre el resultado de multiplicar 1.732 por el voltaje entre fases, dará el valor de la corriente en amperes del rotor bloqueado.

VELOCIDAD DEL MOTOR. La velocidad del motor jaula de ardilla depende del numero de polos del devanado del motor. En 60 ciclos, un motor de 2 polos opera aproximadamente a 3450 RPM, uno de 4 polos a 1725 RPM, a 6 polos a 1150 RPM. Las placas del motor, son generalmente marcadas con velocidades a carga plena, pero frecuentemente los motores son referidos por sus "velocidades sincrónicas". 3600,1800 y 1200 RPM, respectivamente.

$RPM S = 120 \times f / np = \text{velocidad Sincrona.}$

$RPM A = RPM S - S = \text{velocidad Asíncrona.}$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Donde:

-f = frecuencia en Hz o c.p.s.

-np = numero de polos.

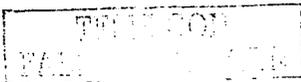
-S = deslizamiento.

PAR. Es la fuerza giratoria o de contorción del motor usualmente en lbs-pie. Excepto cuando el motor es acelerado a alcanzar su velocidad, el par es relacionado a la potencia del motor. Por la fórmula siguiente:

$$\text{PAR EN LBS-PIE} = \text{HP} \times 5252 / \text{RPM}$$

FACTOR DE SERVICIO DE UN MOTOR. Si el fabricante a dado al motor un factor de servicio, quiere decir que se le puede permitir desarrollar mas de los HP de placa, sin causar un deterioro indebido al material aislante. El factor de servicio es un margen de seguridad. Si por ejemplo, un motor de 10 HP tiene un factor de servicio de 1.15 se le puede permitir al motor desarrollar 11.5 HP. El factor de servicio depende del diseño del motor.

PULSACIÓN (JOGGING). Esta acción describe arranque y paro repetidos de un motor, a intervalos frecuentes por periodos de tiempo cortos. Un motor podría ser sometido a estas condiciones de trabajo cuando una pieza de carga movida debe ser colocada en una posición adecuada de acercamiento. Por ejemplo cuando se pone en posición una mesa o bando de una cilindreadora durante su colocación. Si este movimiento debe ocurrir mas de 5 veces por minuto, los estándares NEMA requieren que el arrancador sea reclasificado, disminuyendo los valores de sus características eléctricas nominales.



Un arrancador tamaño NEMA 1 tiene un rango normal de 7 1/2 HP a 220 V, polifásico. En aplicaciones de movimiento pulsatorio, este mismo arrancador tiene una capacidad de 3 HP.

PARO DEL MOTOR POR INVERSIÓN DEL PAR ELECTRICICO (PLUGGING). Cuando un motor esta operando en una dirección sé reconecta para invertir la dirección y momentáneamente sé reconecta para invertir la dirección y rotación, el motor rápidamente cesa su marcha. Si un motor se opera así mas de 5 veces por minuto, será necesario reclasificar el controlador, debido al calentamiento de los contactos.

El cambio de par puede hacerse si la maquina movida y su carga no fueran dañadas por la inversión del par del motor.

MOTORES DE INDUCCIÓN DE ROTOR DEVANADO.

MOTOR DE ROTOR DEVANADO. En este tipo de motor, el rotor tiene devanados con alambre de cobre. El número de devanados en el rotor es igual al número de devanados en el estator. Los extremos de los devanados del rotor están disponibles al exterior por medio de anillos rozantes, para poder intercalar resistencias en el circuito del rotor y de este modo poder varia la velocidad y el par, así, como limitar la corriente de arranque.

Debido al alto par de arranque con poca demanda de corriente, los motores de rotor devanado se usan cuando la carga de arranque es intensa y en los motores grandes, cuando el efecto de un alta corriente de arranque y un bajo factor de potencia son indeseables. Se utilizan en los elevadores.

CARACTERISTICAS

El motor de inducción de rotor devanado puede duplicar las características de cualquier tipo de motor de jaula de ardilla con excepción de los de la clase C. Las ventajas relativas de los motores de rotor devanado puede enumerarse como sigue:

JAULA DE ARDILLA

VENTAJAS

1. Menor costo inicial.
2. Construcción del rotor más simple.
3. Requiere espacio más reducido.
4. No produce chispas que puedan provocar incendio.
5. No necesita aparatos de control para el rotor.

DESVENTAJAS

1. Toma alta corriente de arranque.
2. El par de arranque en un motor dado esta fijo.
3. Para reducir la corriente de arranque se emplean aparatos costosos y que reducen el par de arranque, como el autoarrancador.
4. La velocidad esta fija.
5. Para arranques repetidos se requiere una clase especial.



ROTOR DEVANADO

VENTAJAS

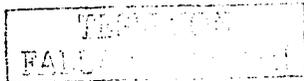
1. Puede arrancar con carga tomando una corriente de arranque no mayor que la de plena carga.
2. El control del estator es un desconectador simple.
3. Se puede operar a velocidad reducida teniendo como limite aquella a la cual la regulación sea muy mala.
4. Se puede disponer del par máximo en arranque cuando se necesite.
5. Puede arrancarse repetidamente con mucho menor calentamiento que el de jaula de ardilla, debido a que las pérdidas en el rotor se disipan en parte en la resistencia de arranque exterior en el rotor, sin elevar la temperatura en el interior del motor.

DESVENTAJAS

1. Costo inicial mas alto que el de jaula de ardilla aunque el control es mas barato que el autotransformador para este.
2. Necesidad de control en el rotor.
3. Ocupa mas espacio.
4. Construcción mas complicada del rotor, reparación más cara.
5. Produce chispas en los colectores del rotor que pueden producir incendios.

Cuando el arranque es con cargas bajas e infrecuente, y la carga opera a velocidad constante y no hay restricciones acerca de perturbaciones en la línea, el motor de inducción jaula de ardilla es el indicado. Cuando hay que arrancar cargas pesadas o demasiado fuertes y las líneas de alimentación son afectadas por los disturbios, el motor de rotor devanado es preferible.

Una lista de aplicaciones del motor de inducción de rotor devanado es la siguiente:



VELOCIDAD CONSTANTE

Compresores.
Molinos de harina.
Transportadores de banda.
Propulsión de navíos.
Locomotoras.
Trituradoras de piedra.
Máquinas de papel, calentadores.
Rodillos principales en laminadoras.

VELOCIDAD VARIABLE

Grúas.
Elevadores.
Motores-generadores con volante.
Descargadores de carbón y mineral.
Palas eléctricas.

Y en general todas las que requieran pares de arranque altos con corrientes de arranque pequeñas. El motor de rotor devanado tiene la eficiencia de par mas alto de los de inducción (el mayor par de arranque por unidad de corriente de arranque), pudiéndose obtener el par de plena carga en el arranque con la corriente normal como corriente de arranque. Esto representa una eficiencia de 100% mientras que el motor jaula de ardilla clase B tiene una eficiencia de 25%.

III.3.3.- MOTORES DE CORRIENTE DIRECTA.

A diferencia de los motores de inducción en los que solo el estator se excita, en los motores de corriente directa se excita tanto el rotor (armadura) como el estator (campo).



- Debido a esto se tienen dos campos magnéticos estacionarios, uno de los polos y rotor en la armadura; al actuar sobre el otro se produce el par que provoca la rotación.

La velocidad de este tipo de motor varía conforme varía la carga; en el motor derivado, la variación es poca, en el compuesto es mayor y en de serie es mucho mayor. Cuando se aumenta la carga su velocidad decrece y viceversa. Para evitar la velocidad externamente existente existen dos formas:

Variando la tensión o voltaje a través de la armadura. En general, un incremento en el campo provoca un decremento de velocidad; y un aumento de voltaje en la armadura provoca un aumento de velocidad.

MOTOR SERIE.- En este tipo de motor, los devanados de campo y de armadura están conectados en serie. Para cargas ligeras, la velocidad se hace peligrosamente elevada; por esta razón, el motor ha de estar siempre acoplado a la carga por medio de engranes o cadena de tal manera que nunca opere en vacío. Este motor produce un par de arranque muy alto, pero demandando una corriente excesiva. Es adecuado para arranques con cargas intensas como en grúas, trenes, tranvías, etc.

Al motor serie suele llamarse motor de velocidad variable, porque ajusta la velocidad a la carga que se aplica.

MOTOR DERIVADO.- En este tipo de motor, el devanado de campo tiene aplicado el voltaje de la línea, por estar conectado en paralelo con el devanado de armadura. La corriente de campo sólo constituye un pequeño porcentaje de la corriente de armadura.



Este motor se considera de velocidad constante, porque su velocidad prácticamente no varía desde su operación en vacío, hasta plena carga. No se aplica con cargas intensas, pero sí puede conectarse a cargas que sean súbitamente rechazadas como en flechas, máquinas herramientas, tornos y en general en cargas con intensidad y velocidad aproximadamente constantes.

MOTOR COMPUESTO.- Este tipo de motor tiene devanados de campo tanto en serie como en paralelo con la armadura; por consiguiente, comparte la naturaleza de ambos tipos de motores.

La dirección de la corriente en los dos devanados de campo generalmente es la misma, por lo que se dice que el motor es de tipo acumulativo. El motor compuesto diferencial, en el cual el devanado serie se conecta en dirección opuesta al derivado, es poco usado. La variación de la velocidad es generalmente del 15% al 20% desde operación sin carga hasta plena carga.

La gran ventaja de este motor es que no se acelera excesivamente al rechazar a la carga. Esta propiedad, junto con un par de arranque elevado, aun con carga intensa, lo hace adecuado para cargas pesadas que se conectan y desconectan con frecuencia, como en laminadoras, prensas grandes, molinos formadores, elevadores, etc.

Para prevenir la rotación en este motor, pueden invertirse ambas corrientes de campo o la corriente de armadura únicamente. Invertir la corriente de armadura es el método más fácil de adoptar. Cuando se requiere ajuste de velocidad, se obtiene por medio de un reóstato de campo conectado en el circuito de campo derivado.



III.4.- ARRANCADORES.

III.4.1.- CLASIFICACIONES.

Los arrancadores para motores pueden clasificarse de la siguiente manera, según su modo de operación y su tipo de arranque.

Tensión Plena

Manual

Tensión Reducida

ARRANCADOR

Tensión Plena

Resistencia

Primaria

Magnético Tensión Reducida (3F, C.A.)

Autotransformador

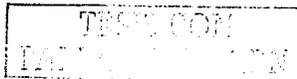
Reversible (3F, C.A.)

III.4.2.- ARRANCADOR MANUAL.

Conocido también como arrancador a través de la línea, es un arrancador en el cual la fuerza para cerrar los contactos principales se ejerce exclusivamente por energía manual; es decir, su operación es directa.

Este tipo de arrancador generalmente no tiene protección contra bajo voltaje; es decir, si estando operando falla la energía eléctrica, los contactos no se separan y entonces al restablecerse aquella, vuelve a arrancar, lo que en algunos casos puede resultar peligroso. Existen algunos casos en que su aplicación es ventajosa.

Los arrancadores manuales a tensión plena en serie, se usan en motores chicos (hasta 7.5 HP), cuando su operación sea intermitente de



corta duración, cuando se encuentre siempre vigilado por un operador, o cuando su arranque inesperado no resulte peligroso. Sus aplicaciones más comunes son, en herramientas pequeñas, ventiladores, bombas, etc.

Estos arrancadores son de bajo costo, tienen mecanismo simple y su operación es silenciosa. La protección contra sobre carga se provee por medio de dos elementos térmicos, conectados en serie con los devanados del motor en 2 cualesquiera de las 3 fases.

ARRANCADOR TIPO TAMBOR. Este dispositivo aunque no es propiamente un arrancador, se le conoce como tal; se trata de un conmutador manual que se utiliza para invertir la marcha de un motor de hasta 7.5 HP; no tiene protección contra sobrecarga, por lo tanto debe usarse en combinación con el arrancador manual o magnético.

III.4.3.- ARRANCADOR MAGNÉTICO.

La característica principal es que la fuerza necesaria para cerrar los contactos principales, se ejerce por medio de un electroimán (operación indirecta). Proporciona protección contra bajo voltaje. Puede ser de operación automática por medio de señales que le lleguen de un dispositivo de control, como un termostato, interruptor de límite, de flotador, etc.

La protección contra sobrecarga es similar a la del arrancador manual. El elemento térmico normalmente es del tipo aleación fusible; su acción es retardada a tiempo inverso, lo que impide que operen con corrientes de arranque normales o con sobrecargas momentáneas no peligrosas.

ARRANCADOR MAGNÉTICO A PLENA CARGA.- Este conecta al motor directamente al circuito de abastecimiento. El motor conectado así desarrolla un máximo par de arranque que acelera la carga a plena



velocidad en el tiempo más corto. El arranque a tensión plena puede causar centelleos y disturbios en otras cargas.

ARRANCADOR MAGNÉTICO REVERSIBLE.- Este tipo de arrancador es capaz de invertir el sentido de rotación del motor, invirtiendo la secuencia de fases, esto es, intercambiando la conexión de dos cualesquiera de las tres fases.

Este arrancador consiste de dos contactores y dos bobinas de operación con dispositivo mecánico de bloqueo para evitar que las bobinas de ambas unidades sean energizadas a un tiempo.

ARRANCADOR A TENSIÓN REDUCIDA. Este tipo de arrancador se utiliza para aligerar los efectos que causa el transitorio de arranque del motor de inducción. A continuación se describen los dos tipos más comunes de arrancador magnético a tensión reducida:

Tipo de Resistencia Primaria. Este arrancador utiliza una unidad de resistencias, conectadas en serie con los devanados del motor durante el arranque. Posteriormente, se elimina en un paso o gradualmente, en forma manual o automática, cuando el motor alcance cierta velocidad, para dejarlo conectado directamente la línea.

Este arrancador tiene las siguientes características:

1. - Aceleración suave. El voltaje de alimentación del motor se incrementa con la velocidad.
2. - Alto factor de potencia durante el arranque.
3. - Arranque con transición cerrada; es decir, la conexión del motor con la línea es continua durante el arranque.
4. - Disponible hasta con 7 puntos de aceleración.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Su aplicación se recomienda para motores con arranques frecuentes y que requieren un bajo par de arranque, como sucede en algunos acoplamientos con engranes, bandas, etc.

Tipo Autotransformador. Este tipo de arrancador usa dos autotransformadores conectados en delta abierta, para proporcionar un voltaje reducido, con derivaciones de 50, 65 y 80% del voltaje nominal. Después de un tiempo definido se desconecta el auto transformador del circuito, quedando el motor directo a la línea con su tensión nominal. Es de transición cerrada, lo que evita que durante el cambio de arranque a marcha, el par perjudique a la máquina y asegura una carga sucesiva. Este arrancador es completamente automático en su operación. Tiene las siguientes características:

1. - Proporciona corriente de arranque más baja.
2. - Las derivaciones del Autotransformador permiten Ajustes en el arranque de acuerdo a las necesidades de la carga.
3. - Es conveniente en periodos largos de arranque.
4. - Proporciona un alto par de arranque.

Este arrancador es adecuado para usarse cuidando las limitaciones de corriente de arranque son particularmente rigurosas, pues proporciona el mismo par de arranque con menor corriente inicial que uno equivalente de resistencia primaria.

ARRANQUE DEL MOTOR DE INDUCCION.

El motor de inducción toma una corriente de arranque elevada, especialmente si se carga. En general, los motores de 10 HP se arrancan a tensión completa, ya que las caídas de tensión que provocan en la línea son de poca importancia y con escaso retraso en su aceleración hasta alcanzar su velocidad nominal.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los motores de mas de 10 HP, debido a los peligros que pueden presentarse, ya sea con la excesiva corriente, el alto par o la caída de tensión, requieren alguna disposición adicional para el arranque

La corriente de arranque en los motores de inducción puede ser de cuatro a ocho veces la corriente de plena carga.

Para los motores de uso general con rotor jaula de ardilla dicha corriente es aproximadamente de seis veces la de plena carga.

Al arrancar un motor a tensión reducida, la corriente de arranque se reduce en la misma proporción, pero el par de arranque se reduce en doble proporción.

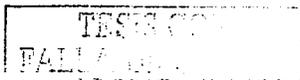
En el motor de jaula de ardilla la limitación de corriente de arranque y en consecuencia del par de arranque se logra aplicando una tensión menor de la nominal. Los arranques a tensión reducida normalmente son al 65% de la tensión nominal durante unos 15 segundos aproximadamente, para dar tiempo a que el motor acelere su carga. Esta función la desempeña propiamente el arrancador.

En el motor de rotor devanado la limitación de la corriente de arranque se logra insertando resistencias en el circuito del rotor. De este modo se consiguen pares de arranque elevados, con corriente reducida de línea y un factor de potencia alto. Su arrancador en el secundario sirve también como regulador de velocidad.

3.5 INSTALACIÓN DE UN MOTOR.

Los elementos principales de la instalación eléctrica para un motor, son los siguientes:

CONDUCTOR (Alimentador). Debe ser de ampacidad suficiente para conducir la corriente nominal del motor, resistir la corriente de



arranque y en ocasiones, admitir el margen que implica el factor de servicio.

INTERRUPTOR. Su función principal es la de proteger el motor y el conductor contra corto circuito. También debe poder aislar (desconectar) al motor y arrancador. Puede ser de fusibles o termomagnético.

ARRANCADOR. La función de este dispositivo es arrancar y parar el motor y, además, protegerlo contra sobrecarga principalmente. Puede ser manual o magnético y este último puede ser a tensión plena, a tensión reducida, reversible, etc.

Para calcular la instalación de un motor es necesario conocer primeramente su corriente de plena carga que es la base para obtener el alimentador, el interruptor y el arrancador.

Para los motores trifásicos, la corriente de plena carga es:

$$I_{pc} = \frac{HP * 746}{\sqrt{3} * V * f_p * \eta} \dots\dots 3.1$$

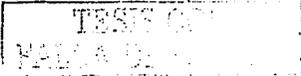
En los cálculos siguientes, se considera que el motor tiene un régimen de bajo trabajo continuo y carga constante.

III.5.1.- EL ALIMENTADOR.

Como se trata del circuito derivado para un solo motor, se calcula el conductor del alimentador por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Capacidad del conductor} = 1.25 * I_{pc} \dots\dots 3.2$$

No se consideran factores por calda de tensión, agrupamiento y temperatura, por las razones ya expuestas, en el capítulo I.



III.5.2. EL INTERRUPTOR.

El interruptor debe de tener una capacidad tal que soporte la corriente de arranque del motor.

La capacidad de protección del interruptor puede determinarse usando la siguiente relación:

$$\text{Capacidad del interruptor} = \text{FCA} * (\text{Ipc}) \dots\dots 3.3$$

Donde FCA es el factor de multiplicación al considerar la corriente de arranque. Su valor fluctuara de acuerdo al factor de servicio.

El valor de FCA depende de la intensidad de la corriente de arranque propia del motor. También varia de acuerdo a la condición de arranque del mismo.

Para seleccionar la capacidad del interruptor en motores de inducción con corriente de arranque normal, se puede multiplicar la corriente de plena carga por cualquiera de estos factores:

2,2.5 ó 3, según si se arranca en vacío, con carga ligera ó plena carga respectivamente. Lo anterior, es para interruptores de fusibles; pero tratándose de interruptores termomagnéticos, los valores de FCA pueden ser 1.5, 2 ó 2.5 respectivamente. Estos son menores por ser el termomagnético de acción más retardada pues actúa por calentamiento y no por fusión.

Si el motor arranca a plena carga con tensión reducida al 65%, puede considerarse como un arranque en vacío a tensión plena.



La capacidad del interruptor debe tener un valor no tan bajo para que opere con corriente de arranque, ni tan alto, para que proteja al motor y conductores cortocircuito.

De acuerdo con el reglamento se pueden proteger con interruptor de 15 amperes, los motores con corriente de plena carga menor de 4 amperes. Así mismo, en este caso, se debe usar como calibre mínimo el Cal. 14 AWG, para que el alimentador del motor quede debidamente protegido.

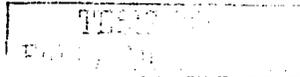
III.5.3.- EL ARRANCADOR

El arrancador debe resistir las corrientes de arranque y de rotor bloqueado. La capacidad del arrancador se refiere a la capacidad del elemento de sobrecarga (elemento térmico) y se determina con la siguiente relación:

$$\text{Capacidad del arrancador} = 1.4 \cdot I_{pc} \quad (3.5)$$

La capacidad del arrancador debe de ser tal que su valor no sea tan bajo para que permita la corriente de arranque; pero no sea tan alto para que opere cuando se presente una sobrecarga peligrosa y sostenida.

Normalmente son suficientes dos elementos de sobrecarga, los cuales se colocan en dos cualesquiera de las tres fases; pero cuando se desea una protección mejor, pueden colocarse los tres elementos.



III.5.4.- EJEMPLO N°1

Calcular la instalación del motor de una elevador de pasajeros que trabaja con un motor de 50 HP, el motor es de corriente alterna, trifásica a 440 Volts, con una eficiencia a plena carga del 90%.

Considerando un sistema de 3 hilos, 3 fases, 440/127V, y una distancia al tablero general de 50 Mts podemos hacer el calculo del alimentador principal.

$$I_{sc} = \frac{HP * 746}{\sqrt{3} * V * f_p * \eta}$$

$$I_{sc} = \frac{50HP * 746W / HP}{\sqrt{3} * 440 * 0.9 * 0.9} = 60.42 Amps$$

SELECCIÓN DEL CONDUCTOR POR CAPACIDAD DE CORRIENTE:

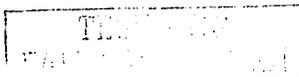
Considerando un factor de agrupamiento del 100% y un factor de temperatura del 100% por ser un alimentador individual.

$$I_{corr} = \frac{I_{sc}}{1 * 1} = 60.42 Amps$$

EL ALIMENTADOR. La capacidad del conductor es, según la sección 430-22 de la norma:

$$1.4 (60.42) = 84.59 Amps$$

Con este valor se consulta la tabla N°1 (Apéndice A), en la columna para 90°C de temperatura de operación, con 2 ó 3 conductores en tubo. Cuando el valor calculado no corresponda con alguno de los que aparecen en la tabla, se toma el valor inmediato superior.



En este caso, se toma el conductor cuya ampacidad es de 95 Amperes, que corresponde al calibre 4 AWG de cobre en tubería.

SELECCIÓN DEL CONDUCTOR POR CAÍDA DE TENSIÓN:

$$S_c = \frac{2 * \sqrt{3} * I * L}{I_c * 2}$$

$$S_c = \frac{2 * \sqrt{3} * 60.42 * 50}{440 * 2} = 11.89 \text{ mm}^2$$

1 cable THW a 90°C , Cal. 6 AWG de cobre por fase, que tienen una sección transversal sin aislamiento de 13.3 mm² y una capacidad de conducción de corriente de: 75 Amps

Del conductor obtenido en cada uno de los cálculos, se selecciona el conductor de mayor calibre para alimentador principal o en defecto se modificara según el dispositivo de protección.

1 cable THW a 90°C , Cal. 4 AWG de cobre por fase, que tienen una sección transversal sin aislamiento de 21.15 mm², con aislamiento de 62.8 mm² y una capacidad de conducción de corriente de: 95 Amps

Comprobando la caída de tensión por impedancia tenemos que:

$$e\% = \frac{173 * 60.42 * 50 * 1.000903}{440 * 1000} = 1.19\%$$

Como la caída de tensión es menor a 2% es factible usar este conductor como alimentador principal.

EL INTERRUPTOR. Como el motor es grande y arranca a plena carga, se provee con arrancador a tensión reducida, así en la ecuación (3.3) se usara el valor de 1.5 para el factor FCA tratándose de interruptor termomagnético.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capacidad del interruptor = $1.5 (60.42) = 90.63$ Amperes.

Por lo tanto se selecciona un interruptor: 3P-100 A

Como este motor se abastece con un alimentador exclusivo desde la subestación tiene otro interruptor en el tablero general de distribución. Este termomagnético con una capacidad que se obtiene sustituyendo $FCA = 2$ en la ecuación (3.3)

Capacidad del interruptor = $2 * 60.42 = 120.84$ Amperes

lo que conduce a seleccionar un interruptor 3 x 125 Amperes

Se selecciona el conductor de tierra de acuerdo al dispositivo de protección, que es de 3P-125 A, obteniéndose un calibre del N° 6 AWG de cobre desnudo, con una área transversal de 13.3 mm^2 .

Para obtener el diámetro del tubo donde se alojan estos conductores, como son de diferente calibre, no se puede usar la tabla N°3, sino que se suman las áreas de los conductores y la suma debe ser como máximo el 40% del área del tubo.

Consultando la tabla N°1, se tiene que el área transversal con aislamiento del cable N° 4 es de 62.8 mm^2 y el del N° 6 es de 13.3 mm^2 ; por lo tanto el área total es:

$$(62.8 * 3) + 13.3 = 201.7 \text{ mm}^2$$

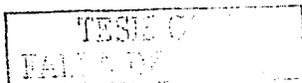
Entonces el área del tubo es:

$$201.7 / 0.4 = 504.25 \text{ mm}^2$$

Que corresponde a un tubo de 38mm; que tiene un área al 100% de 1313 mm^2 y al 40% de su capacidad 524.2 mm^2 .

Por lo tanto su alimentación es:

3 - 4, 1 - 6d, T - 38



Esta es la notación usada en los planos, que indica que son tres conductores (cables) del N° 4, más uno del N° 6 desnudo para conexión a tierra; alojados en un tubo de 38mm de diámetro. El material se indica en la s especificaciones de materiales que se entrega junto con el juego de planos ejecutivos.

INSTALACIÓN DE VARIOS MOTORES.

Cuando se trata de abastecer un grupo de motores con un alimentador general, tanto el conductor como el interruptor se seleccionan considerando las condiciones normales de operación; es decir, que los motores no arrancan simultáneamente; pero si operan al mismo tiempo a plena carga, en forma continua y la carga se mantiene constante.

EL ALIMENTADOR GENERAL.

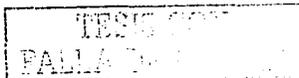
Los conductores que alimentan varios motores o motor(es) y otra(s) carga(s), deberán tener una capacidad de conducción de corriente, igual a la suma de las corrientes a plena carga nominales de todos los motores, más el 25% de la corriente nominal del motor mayor del grupo, más la corriente nominal de las otras cargas.

La capacidad del conductor se selecciona por medio de la siguiente formula:

$$\text{Capacidad del Conductor} = (1.25 * I_M) * \Sigma I \quad \dots 3.5$$

Donde I_M es la corriente de plena carga del motor mayor y ΣI es la suma de las corrientes de los demás motores.

Derivaciones en los alimentadores. Los conductores derivados de los alimentadores deberán tener una capacidad de conducción de corriente no menor a lo que se indica a continuación:

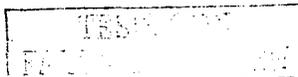


Los conductores derivados para alimentar un solo motor, deberán tener capacidad no menor al 125% de la corriente nominal del motor a plena carga.

Para un motor de velocidad variable, los conductores del circuito derivado en la alimentación del control, se deberán calcular tomando como base, la corriente nominal más alta que se indica en la placa del motor, para selección de los conductores en el circuito derivado entre el equipo de control y el motor; deberá tomarse como base la corriente nominal de los devanados del motor que el conductor alimente. Excepto los conductores que alimenten un motor que se utilice por corto tiempo, en forma intermitente, periódica ó haciendo variar su carga, deberán tener una capacidad de conducción de corriente no menor a la que se indica en la Tabla siguiente:

Clasificación del Servicio:	Por ciento de la corriente nominal indicada en la placa			
	Régimen de trabajo de diseño del motor:			
	5 minutos	10 minutos	30 y 60 minutos	Servicio continuo
De corto tiempo : Accionamiento de válvulas, ascenso y descenso de rodillos	110	120	150	
Servicio Intermitente : Ascensores y montacargas, máquinas -herramientas, bombas, puentes levadizos, mesas giratorias, etc. para soldadoras de arco Sección 630.21	85	85	90	140
Servicio Periódico Rodillos, equipos para manejo de minerales y carbón, etc.	85	90	95	140
Trabajo variable	110	120	150	200

Tabla 3-1 Clasificación de servicios de motores.



Además deberán estar terminados en un dispositivo de protección del circuito derivado y cumplir con los siguientes requisitos:

- (1) estar dentro de un equipo de control cerrado o dentro de una canalización, teniendo una longitud no mayor de 3.00m y en el área de la instalación estar protegido por control de sobrecarga en la línea que corresponde de a la derivación del conductor, la clasificación o ajuste de esta no deberá de exceder el 100% de la capacidad del conductor de la derivación.
- (2) tener una capacidad de conducción de corriente de un tercio de la capacidad de conducción de corriente que los conductores alimentadores.

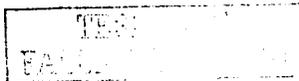
En algunos casos es necesario incrementar la capacidad del conductor debido a las correcciones por agrupamiento y/o caída de tensión. El factor que multiplica a I_M se incrementa cuando se tienen motores con arranques frecuentes.

EQUIPO	SERVICIO	KW	CP	WATTS	CORRIENTE NOMINAL
UEA-1	ENFRIADORA DE AGUA	56.9		56900	92.18
UEA-2	ENFRIADORA DE AGUA	56.9		56900	92.18
BAH-1	BOMBA DE AGUA HELADA		10	7460	12.08
BAH-2	BOMBA DE AGUA HELADA		10	7460	12.08
BAH-3	BOMBA DE AGUA HELADA		10	7460	12.08
VI-1	VENTILADOR PRESURIZACIÓN ESCALERAS		10	7460	12.08
VI-2	VENTILADOR TOMA DE AIRE EXTERIOR		5	3730	6.04
					238.73

Tabla 3-2 cuadro de equipos de aire acondicionado

SELECCIÓN DEL CONDUCTOR POR CAPACIDAD DE CORRIENTE:

Considerando un factor de agrupamiento del 100% y un factor de temperatura del 100% por ser un alimentador individual.



EL ALIMENTADOR. La capacidad del conductor es, según la sección 430-24 de la norma:

$$\text{Capacidad - del - Conductor} = (1.25 * 92.18) * 146.56 = 261.78 \text{ Amps}$$

Con este valor se consulta la tabla N°1 (Apéndice A), en la columna para 75°C de temperatura de operación, con 2 ó 3 conductores en tubo. Cuando el valor calculado no corresponda con alguno de los que aparecen en la tabla, se toma el valor inmediato superior.

En este caso, se toma el conductor cuya ampacidad es de 285 Amperes, que corresponde al calibre 300 AWG de cobre en tubería.

SELECCIÓN DEL CONDUCTOR POR CAÍDA DE TENSIÓN:

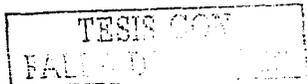
$$S_{\mu} = \frac{2 * \sqrt{3} * I * L}{I_c * 2}$$

$$S_{\mu} = \frac{2 * \sqrt{3} * 238.74 * 55}{440 * 2} = 51.71 \text{ mm}^2$$

1 cable THW a 75°C, Cal. 1/0 AWG de cobre por fase, que tienen una sección transversal sin aislamiento de 53.48 mm² y una capacidad de conducción de corriente de: 150 Amps

Del conductor obtenido en cada uno de los cálculos, se selecciona el conductor de mayor calibre para alimentador principal o en defecto se modificara según el dispositivo de protección.

1 cable THW a 75°C, Cal. 300 AWG de cobre por fase, que tienen una sección transversal sin aislamiento de 152.01 mm², con aislamiento de 457 mm² y una capacidad de conducción de corriente de: 285 Amps



Comprobando la caída de tensión por impedancia tenemos que:

$$e_{\%} = \frac{173 * 238.74 * 55 * 0.205756}{440 * 1000} = 1.06\%$$

Como la caída de tensión es menor a 2% es factible usar este conductor como alimentador principal.

EL INTERRUPTOR GENERAL.

La protección del circuito derivado contra cortocircuito y falla a tierra debe ser capaz de soportar la corriente eléctrica de arranque del motor.

La capacidad del interruptor (interruptor general), se calcula con la siguiente formula:

$$\text{Capacidad del Interruptor} = CIDM + \Sigma I \dots\dots(3.6)$$

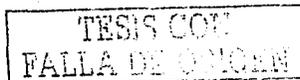
Donde CIDM es la Capacidad del Interruptor Derivado Mayor en el grupo de motores.

$$CIDM = I_{nom} * 1.25 = 92.18 * 1.25 = 115.22 \text{ Amps}$$

$$\text{Capa - int rruptor Pr incipal} = 115.22 + \sum 92.18 + (12.08 * 4) + 6.04 = 261.76 \text{ Amps}$$

Se selecciona un interruptor de 300 Amps que es el valor comercial inmediato superior.

En la mayoría de los casos son necesarios dos interruptores, uno que sirve como interruptor general de protección y desconexión del grupo de motores y otro cuya función es proteger y desconectar al alimentador general.



CAPITULO IV SISTEMAS DE TIERRAS Y PARARRAYOS

IV.1.- SISTEMAS DE TIERRAS.

VI.1.1.- INTRODUCCION.

La finalidad del sistema de tierras es la de proporcionar seguridad al personal, proteger al equipo y tener una mayor continuidad y contabilidad en el cerco eléctrico. Los aspectos principales para la protección contra sobretensiones o sobrecorrientes debidas a disturbios atmosféricos o fallas de aislamiento del equipo, obliga tomar precauciones para que los gradientes eléctricos o las tensiones resultantes no ofrezcan peligro.

En toda planta o subestación eléctrica, uno de los aspectos principales para la protección de una red de tierras adecuada para poder conectar todos los neutros del sistema cuando así se requiera como carcazas de los equipos, estructuras metálicas y todas aquellas partes que requieran estar a potencial de tierra.

IV.1.2.- EFECTOS DE LA CORRIENTE EN EL HOMBRE.

Los efectos de la electricidad sobre el cuerpo humano, dependen esencialmente de los siguientes factores:

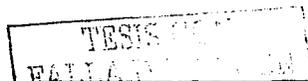
La intensidad de la corriente.

El tipo de corriente (continua, la frecuencia industrial o de 60 Hz, o bien corrientes de alta frecuencia).

La trayectoria seguida por la corriente en el cuerpo.

Las condiciones del individuo, en el momento del contacto.

El preferir sistemas conectados sólidamente a tierra, ha aumentado la magnitud de las corrientes a tierra, esto obliga a tener un diseño adecuado de red de tierras para cualquier accidente ya que fácilmente se llega a intensidades de algunos miles de amperios. Intensidades de esta magnitud producen gradientes eléctricos elevados en la vecindad del punto o puntos de contacto a tierra.



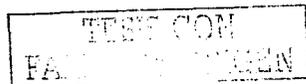
Si en el momento de la falla un ser viviente puentea dos regiones a la distancia de un paso normal, puede sufrir una descarga que sobrepase los límites de "engarrotamiento" o inamovilidad muscular provocado su caída; una vez en el piso su cuerpo abarca una mayor superficie de contacto, haciendo que la corriente circulante aumente, pudiendo pasar por algún órgano vital como el corazón causando en este la fibrilación ventricular y posteriormente la muerte.

Lo que regula la inamovilidad muscular y que no permite soltar el objeto energizado es la intensidad de la corriente; pero la tensión aplicada está relacionada con esta a través de la resistencia ohmica de la parte del cuerpo que queda en contacto con los diferentes potenciales. Esta resistencia es muy variable y depende de las condiciones en que se efectúe en el contacto, que pueden ser húmedas, en piel seca, a través de zapatos o ropa. Los estados de ánimo de las personas también influyen en el menor o mayor aumento de la resistencia ohmica de su cuerpo, en el caso del miedo, influye notablemente en la disminución de la resistencia.

Además, el tejido humano tiene una característica negativa de resistencia, es decir, la resistencia del cuerpo humano disminuye al aumentar la corriente y el tiempo de contacto, con el resultado de que al duplicar la tensión aplicada la corriente sube a más del doble.

Como se puede observar, algunos de los factores mencionados no son de fácil valoración; por lo que no es posible establecer reglas rigurosas. Como medida de orientación, se puede elaborar curvas de peligrosidad de la corriente, en donde se relaciona el tiempo de contacto tolerable, en función de la corriente.

De estas curvas se observan las consecuencias de tener contacto con las partes extensión; ya que por ejemplo, corrientes mayores de 50 mA, y tiempos correspondientes a la zona 2 de la gráfica, pueden tener consecuencias mortales para el hombre.



CURVA DE EFECTOS DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA.

Las normas indican que pueden ser toleradas intensidades de corrientes superiores sin producir fibrilación, si el tiempo de duración es muy corto. La siguiente ecuación relaciona los parámetros que intervienen:

$$I_k^2 * t = 0.0135 \text{ -----(1)}$$

$$I_k = \sqrt{\frac{0.0135}{t}} = \frac{0.116}{\sqrt{t}} \text{ Amps}$$

Donde:

I_k es el valor efectivo de la corriente (R.M.S.) a través del cuerpo en amperios.

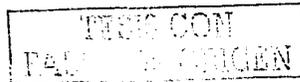
t es el tiempo de duración del choque eléctrico en segundos.

0.0135 es la constante de energía derivada empíricamente.

El umbral de percepción de la corriente eléctrica en un ser humano es de 1 mA; ya en niveles de 9 a 25 mA, provoca un efecto doloroso y se empieza a presentar el fenómeno de contracción muscular que ocasiona el efecto de aferrarse a los objetos electrificados; de 50 a 100 mA, se presenta el umbral de la fibrilación ventricular, fenómeno que daña irreversiblemente el corazón. Corrientes mayores causan la muerte por un paro cardíaco combinado con un paro respiratorio.

Se puede considerar 25 mA como un valor de corriente a través del corazón sin que este se vea afectado. Sin embargo, la ecuación (1) muestra que pueden soportarse con seguridad corrientes de intensidades mucho más altas cuando puede confiarse en aparatos de protección de operación rápida, para limitar la duración de las fallas.

Nótese de la ecuación (1) que resulta una corriente de 116 mA, para un segundo y 367 mA, para un tiempo de 0.1 segundos (6 ciclos)



IV. 1.3.- TENSIONES TOLERABLES EN EL CUERPO HUMANO.

Es conveniente también, hacer notar que la resistencia eléctrica del cuerpo humano, es muy variable (de algunos cientos hasta miles de ohms); por lo que los valores de tensión que aplicados al cuerpo humano se consideran peligrosos, se deben definir en forma conservadora. Las instalaciones de puesta a tierra, y el ejemplo de protecciones adecuadas y coordinadas, constituyen el medio principal para limitar dicha tensión.

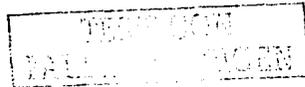
Usando el valor de la corriente tolerada por un cuerpo humano establecida en la ecuación (2), y las constantes apropiadas del circuito, es posible calcular la diferencia de potencial tolerable entre dos o más puntos.

Las constantes del circuito incluyen la resistencia del sistema del electrodo de tierra (R_1 , R_2 y R_0), la resistencia de contacto de la mano, la resistencia de los zapatos, la resistencia R_t de la tierra inmediata bajo de cada pie y la resistencia del cuerpo R_k .

La resistencia de contacto de la mano es muy pequeña y se supondrá igual a cero, la resistencia de los zapatos es variable, y para la piel húmeda puede ser muy pequeña y será igual a cero.

La resistencia del terreno inmediato bajo los pies puede determinar la cantidad de corriente a través del cuerpo, situación que se aprovecha para esparcir grava o piedra triturada en la superficie del terreno riesgoso y de esta forma disminuir la magnitud de corriente.

El pie puede ser considerado como equivalente a un electrodo circular con un radio de aproximadamente 8 cm, y la resistencia de la tierra puede ser calculada desde el punto de vista de resistividad ρ , (en ohms-metros) del suelo cerca de la superficie. Se ha determinado que la resistencia de los pies en serie (contacto de paso) es aproximadamente



6 ρ , ohms y la resistencia de los dos pies en paralelo (contacto de toque) es aproximadamente de 1.5 ρ , ohms. Para fines prácticos la resistencia R_{fen} ohms por cada pie se puede suponer de 3 ρ .

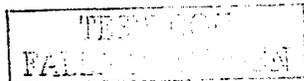
El valor usado para la resistencia del cuerpo R_k (incluyendo la resistencia de la piel, la resistencia interna del cuerpo) es muy difícil de establecer. Varias autoridades sugieren de 500 a algunos miles de ohms. Para propósitos prácticos de la resistencia R_k se ha fijado en 1000 ohms misma que se utilizara en los cálculos en los cálculos que siguen para representar la resistencia del cuerpo de una mano a ambos pies y también para la resistencia de un pie a otro.

Usando el valor de la corriente tolerada por el cuerpo establecida por la ecuación (2) y las constantes apropiadas del circuito antes mencionadas es posible calcular las tensiones tolerables entre dos puntos de contacto.

Por lo que el objetivo de un sistema de tierras en una instalación eléctrica, es proporcionar una superficie debajo del suelo y alrededor de la instalación, tenga un potencial tan uniforme como sea posible, y lo más posible a cero o al potencial absoluto de tierra, con vistas a asegurar que:

1. - Todas las partes de los aparatos (distintas de las partes vivas), que se conecten al sistema de tierras (a través de conductores de puesta a tierra), están al potencial de tierra.
2. - Los operadores y personal de la instalación, están siempre al potencial de tierra.

POTENCIAL DE PASO.- El potencial de paso, es la diferencia de potencial que aparece entre los dos pies (con un espaciamiento de un metro) cuando una persona esta parada en la superficie del terreno en el cual se presenta un gradiente a causa del flujo de la corriente de falla.



En la figura N° 4.1 se muestra el circuito equivalente de la diferencia del potencial de un paso o contacto entre dos pies.

$$E_{\text{contacto}} = (R_h + 2R_f) * I_a \quad \text{---(3)}$$

$$E_{\text{contacto}} = (1000 * 6 \rho_s) * \frac{0.116}{\sqrt{I}}$$

$$E_{\text{contacto}} = \frac{116 * 0.7 \rho_s}{\sqrt{I}} \text{ [Volts]}$$

POTENCIAL DE CONTACTO:

El potencial de contacto es la diferencia de potencial a través del cuerpo de una persona entre una mano y los pies cuando está tocando un objeto o equipo aterrizado. El potencial será más grande cuando la persona está parada en el centro de la malla.

La figura 4.2 muestra el circuito equivalente de la diferencia del potencial para un contacto entre la mano y los pies. Del circuito equivalente tenemos:

$$E_{\text{contacto}} = \left(R_h + \frac{R_f}{2} \right) \text{ ---(4)}$$

$$I_a = (1000 + 1.5 \rho_s) \frac{0.116}{\sqrt{I}}$$

$$E_{\text{contacto}} = \frac{166 + 0.17 \rho_s}{\sqrt{I}}$$





Fig. 4.2 Potencial de contacto.

POTENCIAL DE TRANSFERENCIA.-

Este potencial puede ser considerado como un caso especial de contacto. Si una persona toca un conductor conectado a tierra, a una distancia mucho mayor que las dimensiones del sistema de tierra; el impacto del voltaje, puede esencialmente ser igual a la elevación total del voltaje del sistema de tierra, bajo condiciones de falla; tal voltaje de contacto se llama potencial de transferencia.

Una persona parada dentro del área de una planta toca un conductor aterrizado en un punto remoto; o una persona parada en un punto remoto toca un conductor conectado a tierra en esta planta. Aquí la tensión del choque eléctrico puede ser esencialmente igual a la elevación total de potencial de malla de tierra y no la fricción de ese total que se encuentra con los potenciales de paso y contacto.



IV.1.4.- ELEMENTOS PARA EL CALCULO DE LA RED DE TIERRAS.

La red de tierras es una malla que se usa para establecer un potencial uniforme dentro y alrededor de la estructura del edificio, fábrica subestación, planta generadora, etc. Para realizar esta función se debe considerar principalmente:

Los elementos necesarios para el cálculo de una red de tierras, son:

- A) Selección del material de tierra.
- B) Determinación del tamaño del conductor de tierra.
- C) Arreglo preliminar de los conductores de tierra.

A) SELECCION DEL MATERIAL DE TIERRA. El conductor para el material de tierra, debe cumplir con:

- * Una alta conductividad.
- * Un bajo índice de corrosión, por efecto del terreno.
- * Un bajo índice de corrosión debido a la acción galvánica.

El cobre es un material que mejor cumple con estos requisitos; por lo que se usa en la mayoría de los casos. En algunas ocasiones se puede usar conductores de acero para la red de tierra; ese material tiene las siguientes ventajas sobre el cobre:

- * Se encuentra disponible en el mercado.
- * Puede ser en ciertos lugares, más barato que el cobre.

Su principal desventaja es su corrosión, en el terreno que no se da aproximadamente seis veces más rápido, que en el caso del cobre; para reducir este efecto de la corrosión; pero que de cualquier manera es más acelerado que el cobre.

Los conductores utilizados en las redes de tierra son de cobre desnudo, trenzado o sólido. Se utiliza el cobre por su mejor conductividad, tanto eléctrica como térmica y por su resistencias a la corrosión.



Distinguimos dos tipos de aplicación del conductor, el de puesta a tierra y el de red de tierras.

El conductor de puesta a tierra se usa para conectar las estructuras de los equipos y las canalizaciones metálicas a la red de tierras.

El conductor de red de tierras es el conductor principal que corre alrededor del edificio, fábrica, subestación, planta generadora. Su calibre es mayor con respecto al conductor de puesta a tierra.

B) DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DEL CONDUCTOR DE TIERRA.

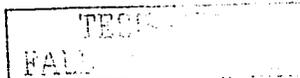
En la selección del tamaño (calibre) del conductor usado en una malla de tierras; intervienen los siguientes factores:

- * Que tenga estabilidad térmica, en las corrientes de falla a tierra.
- * Que sea mecánicamente resistente.
- * Que tenga una duración de al menos 50 años sin rupturas, en la red de tierras; debido a problemas de corrosión.
- * Que tenga una conductividad adecuada, para no contribuir sustancialmente a los gradientes de potencial locales.

Desde el punto de vista de las consideraciones térmicas, el tamaño del conductor depende, de los siguientes factores:

- * El valor de la corriente de falla a tierra.
- * El tiempo de interrupción de la falla.
- * El material del conductor.

a) Disposición física. El cable que forme el perímetro exterior de la malla, debe ser continuo de manera que encierre toda el área en que se encuentra el equipo de la subestación, con ello se evitan altas concentraciones de corriente y gradientes de potencial en el área y las terminales cercanas.



La malla debe estar constituida por cables colocados paralela y perpendicularmente, con un espaciamiento adecuado a la resistividad del terreno y preferentemente formando retículas cuadradas.

Los cables que forman la malla deben colocarse preferentemente a lo largo de las hileras de estructuras o equipo, para facilitar la conexión a los mismos.

En cada cruce de conductores de la malla, éstos deben conectarse rigidamente entre sí y en los puntos adecuados conectarse a electrodos de tierra de 2.40 m de longitud mínima, clavados verticalmente. Donde sea posible, construir registros en los mismos puntos y como mínimo en los vértices de la malla.

En subestaciones tipo pedestal se requiere que el sistema de tierras quede confinado dentro del área que proyecta el equipo sobre el suelo.

En las subestaciones tipo poste o pedestal se acepta como sistema de tierras la conexión del equipo a uno o más electrodos. La resistencia a tierra total debe cumplir con los valores del inciso c) de ésta Sección.

b) Las características de los sistemas de tierras deben cumplir con lo aplicable del Artículo 250.

c) Resistencia a tierra de la malla. La resistencia total de la malla con respecto a tierra debe determinarse tomando en cuenta los siguientes parámetros:

Longitud total de elementos enterrados.

Resistividad eléctrica del terreno.

Área de la sección transversal de los conductores mínima aceptable es 107.2 mm² de cobre (4/0 AWG)



Profundidad.

La resistencia eléctrica total del sistema de tierra debe conservarse en un valor (incluyendo todos los elementos que forman el sistema) menor a: 25W para subestaciones hasta 250 kVA y 34.5 kV, 10W en subestaciones mayores de 250 kVA y hasta 34.5 kV y de 5 en subestaciones que operen con tensiones mayores a 34.5 kV.

Deben efectuarse las pruebas necesarias para comprobar que los valores reales de la resistencia a tierra de la malla se ajustan a los valores que da el diseño; asimismo, repetir periódicamente estas pruebas para comprobar que se conservan las condiciones originales, a través del tiempo y de preferencia en época de estiaje, para verificar que se mantienen dentro de límites aceptables.

Para terrenos con resistividad mayor a 3000 ohm-metro, se permite que los valores anteriores de resistencia de tierra sean el doble para cada

Con relación al calibre del conductor de puesta a tierra de equipos; las normas para instalaciones eléctricas (fracción N° 250-95), establece que no debe ser menor al indicado en la tabla 5 (Ver apéndice).

ARREGLO PRELIMINAR DE LOS CONDUCTORES DE TIERRA.

El arreglo preliminar de la tierra, se decide sobre las siguientes bases; un conductor de tierra continuo, debe de rodear el área de la instalación, particularmente de la subestación eléctrica, para encerrar la mayor cantidad posible de terreno. Conductores de tierra adicionales, se colocan en líneas paralelas distribuidos uniformemente en forma cuadrícula, con separaciones razonables. Eventualmente se puede usar en algunas áreas, placa de cobre en lugar de la malla cuadrícula; esto especialmente donde la magnitud de las corrientes de falla es elevada, o bien en donde la resistividad del terreno es muy elevada, o también en las



salas en donde se efectúan mediciones precisas, y se requiere un buen blindaje con poca interferencia.

LOS CONECTORES.- son aquellos elementos que nos sirven para unir los conductores de la red de tierras, además de conectar las varilla (electrodos y los conductores derivados de equipos y estructuras a la red. Los conectores se dividen en tres tipos:

- a) Conector Mecánico.
- b) Conector Soldable.
- c) Conector de Presión.

a) Conector Mecánico.- Esta formado generalmente por dos piezas, las cuales se unen por medio de tornillos. Sus características principales son:

Facilidad de instalación, pueden desconectarse de la red para poder hacer mediciones. Tienen algunas veces problemas de corrosión, lo cual se elimina dándole un tratamiento especial a la junta. Los conectores mecánicos deberán ser, cuando sea posible, accesibles para inspección y mantenimiento.

b) Conector Soldable. Con este tipo de conectores se obtiene una conexión permanente, lo cual permite eliminar la resistencia de contacto, está relativamente libre de corrosión y permite el uso de conectores pequeños, debido a su máxima limitación de temperatura (450°C) comparado con la máxima permitida para los conectores mecánicos (250°C) Sin embargo, tiene algunas limitaciones:

No tiene medios para separarlos y poder hacer mediciones en la red, para eliminar este problema, habría que usar conectores mecánicos en algunas partes de la red para poder efectuar dichas mediciones. No se pueden usar en presencias de atmósferas volátiles o explosivas.

Los conectores soldables se usan generalmente en instalaciones que van enterradas y en aquellas áreas donde el conductor de tierra, no va

a ser separado de los equipos, como por ejemplo, para mantenimiento, cambio frecuente de posición (equipo y maquinaria), etc.

Últimamente se ha incrementado el uso de este tipo de conectores debido al ahorro de tiempo y costo que se obtiene al realizar un gran número de conexiones.

c) Conector de Presión. Son los más económicos y fáciles de instalar aunque tienen algunas desventajas tales como las de no poder desconectarse de la red para hacer mediciones y por tener problemas de corrosión.

ELECTRODOS. Las varillas o electrodos se consideran como un complemento de la malla de tierras; y se debe distribuir de manera uniforme, y cercanos a puntos donde se encuentra el equipo instalado. Se introducen verticalmente en el terreno y sirven para que la malla este en contacto con zonas más húmedas del subsuelo con el objeto de mantener a potencial de tierra los conductores conectados a ella y se disipen en el terreno las corrientes que recoge. Estas varillas son de cobre o de acero con cubierta de cobre.

IV.1.5. PUESTA A TIERRA.

El aterrizamiento del equipo consiste en la conexión a tierra de las partes metálicas no portadoras de corriente. Esto incluye las carcasas de los motores, cajas de conexiones, gradientes, cajas de interruptores, bases de transformadores, canalizaciones metálicas, cajas de los apagadores y envolturas metálicas de todos los equipos presentes en el área.

El principal objetivo de la puesta a tierra es la de limitar el potencial entre las partes no conductoras de corriente del área y tierra a un valor seguro, en condiciones de operación normal y anormal del sistema eléctrico. Para lograr este objetivo, se requiere de una red o sistema de



tierras. El propósito de esto es conseguir un potencial uniforme en todas las partes de la estructura y los aparatos. Así como procurar que los operadores están siempre al mismo potencial. Un sistema de tierras funcionara en pocas ocasiones, pero cuando lo haga pondrá en evidencia un diseño inadecuado. Cuando ocurre una falla a tierra en el sistema eléctrico, las vidas de las personas pueden depender de una buena instalación de puesta a tierra del equipo.

Un segundo objetivo de la puesta a tierra del equipo es conseguir trayectoria de baja impedancia para corrientes de falla a tierra. A altas impedancias de las conexiones o una sección transversal insuficiente pueden causar arqueo o calentamiento suficiente como para inflamar algún material combustible cercano o gases peligrosos.

La red de tierras debe tenderse de tal manera que un conductor corre completamente alrededor del edificio y ser de cobre recocido o estirado en frío medio. Para construcciones con estructuras de acero, la red de tierras debe de conectarse a cada columna exterior del edificio; pero si este es grande, se debe considerar una malla para la conexión de las columnas internas.

Los cables de la periferia de la malla deberán enterrarse a un mínimo de 100 cms. de la parte exterior de la pared del edificio y a 60 cms. bajo nivel del piso terminado. Donde exista el riesgo de daño mecánico, el conductor deberá protegerse con tubería u otro medio adecuado; si se usa tubería de fierro u otro material ferromagnético, el conductor deberá conectarse eléctricamente en ambos extremos de la canalización para prevenir efectos inductivos. Es recomendable tener los conductores de tal modo que queden flojos para evitar una posible ruptura accidental o debida a los esfuerzos térmicos que se presentan durante una falla.



Las conexiones entre acero y cobre deben hacerse sobre tierra, siempre que sea posible, para evitar la corrosión.

Las carcazas y las cajas metálicas de todo equipo eléctrico no aterrizado a través de cable, se pueden considerar adecuadamente puestas a tierra si están soldadas o fijadas mecánicamente a las vigas de acero de una estructura que ha ido convenientemente aterrizada. Si no existiese esta condición, debe llevarse un conductor individual de equipo a la red de tierra.

Las carcazas y cajas metálicas de todo equipo eléctrico de fuerza deben aterrizararse por medio de un cable separado. Dentro de este caso se incluye el equipo semiportable como las máquinas herramientas que no se fijan a la estructura metálica del edificio sino al piso.

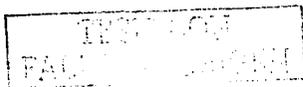
Accesorios de alumbrado. Los accesorios de alumbrado pueden considerarse adecuadamente aterrizados si se conectan mecánicamente a una canalización metálica, a la coraza de un cable blindado, a un conductor de tierra separado no menor al número 14 AWG.

IV.1.6 EL DISEÑO DEL SISTEMA DE TIERRAS

El diseño práctico de una malla generalmente empieza con un plano del edificio, planta, fábrica o subestación. Es decir el área a aterrizar.

Como ya se menciona anteriormente, un cable continuo debe de rodear el perímetro de la malla para abarcar tanta tierra como sea necesario y prevenir la concentración de corriente principalmente en las esquinas de la malla.

Para mejor funcionamiento de la red es necesario tener uniformidad en los espaciamiento de los conductores formando rejilla compuestas de mallas cuadradas o rectangulares para distribuir los potenciales locales que se presentan en esta zona.



El diseño preliminar deber ser ajustado de tal manera que la longitud del conductor enterrado, incluyendo las conexiones de cruce y varillas, sea igual o mayor a la longitud obtenida en la ecuación.

$(\text{Largo de la malla}) * (\text{N}^\circ \text{ de líneas verticales}) + (\text{ancho de la malla}) * (\text{N}^\circ \text{ de líneas horizontales})$

Un sistema de malla típico generalmente abarca a la subestación entera o lo que se proteja mas allá de la cerca o pared que rodea la subestación. Esto es con el fin de proteger a las personas que se encuentran fuera del área de la subestación e inclusive a los animales.

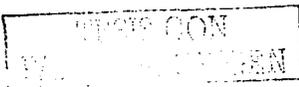
Se recomienda conectar a la red de tierras los neutros de los transformadores de potencia o generadores en forma duplicada. Otra recomendación sería la de conectar estos neutros a los nudos de la malla para asegurar una mejor diversificación de la corriente.

La longitud del conductor que forma la malla se basa en el uso de la ecuación de contacto ya que las tensiones de paso son generalmente menores. Cada elemento del sistema de tierras deber ser diseñado de tal manera que:

Se tenga una resistencia a la fusión y al deterioro de las uniones eléctricas, bajo condiciones de magnitud y duración de la corriente de falla a tierra.

Ser mecánicamente resistente en un alto grado, especialmente en lugares expuestos a daños físicos.

Tener conductividad suficiente de tal forma que no contribuya a diferencias de potencial locales peligrosas.



IV.1.7. CALCULO DEL SISTEMA DE TIERRAS DE LA SUBESTACION.

En este cálculo se van enunciando y explicando el significado de las literales, así como la aplicación de las ecuaciones. Para el diseño del sistema de tierras general se hace en tres cálculos, siendo estos la malla de la subestación, la malla en la zona de acometida y la malla del área de trabajo: todas estas mallas forman una sola que es la malla general, misma que podremos apreciar de conjunto en los planos. Como ejemplo de cálculo se escogió la malla de la subestación porque es la que ofrece mas riesgos. Los otros dos cálculos no se incluye debido a que el procedimiento es similar. El desarrollo se apoya en las tablas y figuras que aparecen en la parte teórica.

PROCEDIMIENTO PARA CALCULO DE TIERRAS

Investigar las características del terreno. Esto incluye: composición química, humedad, temperatura y resistividad.

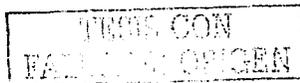
Solicitar esta información a la especialidad de geotecnia. En caso de no contar con valor medio de resistividad del terreno, emplear la siguiente tabla, solo para efectos de este cálculo.

Tipo de terreno	Ohm-metro
Tierra orgánica mojada	10
Tierra húmeda	100
Tierra seca	1000
Roca sólida	10000

Tabla 4-1 Resistividades medias de terreno.

Determinar el máximo valor eficaz de corriente de falla a tierra " I_c"

Esta corriente se calcula en base de la corriente de corto circuito que se obtiene con algún método de calculo de corto circuito u otro método para obtener el valor eficaz de corriente de falla a tierra "I", considerar el tipo de falla mas severo.



En nuestro proyecto tenemos un transformador de 500 KVA, trifásico, con impedancia $Z = 5\%$ y una tensión de 440 Volts en el lado secundario, se considera que la energía eléctrica de suministro por el lado primario es de capacidad infinita (bus infinito)

La corriente en el lado secundario es:

$$I_{SEC} = \frac{KVA * 1000}{\sqrt{3} * E_L}$$

$$I_{SEC} = \frac{500 * 1000}{\sqrt{3} * 440} = 656.08 \text{ Amps}$$

la corriente de corto circuito simétrica máxima que puede ser suministrada por el transformador esta en función de su impedancia del mismo, es decir:

$$I_{CC \text{ max}} = \frac{100\%}{Z\%} * I_{SEC}$$

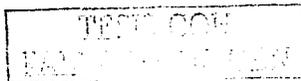
$$I_{CC \text{ max}} = \frac{100}{5} * 656.08 = 13121.6 \text{ Amps} - \text{simétricos}$$

Es sumamente difícil que se presente un corto circuito trifásico, generalmente es entre dos fases o fase a tierra, por lo tanto, se requiere conocer la corriente de corto circuito asimétrica cuyo valor máximo es de aproximadamente 1.25 veces la corriente simétrica, es decir:

$$I_{CC \text{ asim}} = I_{CC \text{ sim}} * 1.25$$

$$I_{CC \text{ asim}} = 13121.6 * 1.25 = 16402 \text{ Amps}$$

Modificar el valor "I" aplicando los factores de corrección siguientes:



Por factor de decremento "FD".

Duración de la falla t (seg.)	Factor de decremento	
	Ciclos (60Hz)	FD
0.008	1 / 2	1.65
0.1	6	1.25
0.25	15	1.10
0.5 o mas	30 o mas	1.00

Tabla 4-2 Valores del factor de decremento.

Por factor de seguridad "FS", utilizar un valor de 1 a 1.5 para considerar un futuro aumento de la corriente de falla a tierra.

Aplicar la siguiente formula:

$$I_c = \left(\frac{I}{FD} \right) * FS [Amps]$$

$$I_c = \left(\frac{16402}{1.25} \right) * 1 = 13121.6 Amps$$

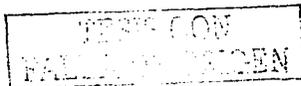
Diseñar en forma preliminar la red de tierras, proponiendo una malla con "n" conductores paralelos y "m" conductores transversales colocados a distancias razonables (espaciamiento) y uniformes dentro del área a proteger, así como un determinado número de varillas.

Empezaremos por conocer el área cubierta por la red de tierras siendo de 11.00 mts. de largo por 7.00 mts de ancho. Con estas dimensiones podemos elegir la cuadrícula de la malla a proponer. Quedando como sigue, los conductores distribuidos a lo ancho (los de menor longitud) estarán espaciados 2.75 mts y los conductores distribuidos a lo largo (los de mayor longitud) estarán espaciados 1.75 mts.

Las uniones eléctricas entre los conductores de la malla no se deben fundir o deteriorar cuando circule la máxima corriente de falla.

Los elementos de la red deben ser mecánicamente resistentes, y tener conductividad suficiente para no contribuir a la producción de diferencias de potencial.

La profundidad mínima de la instalación de la red será 0.60 Mts.



El conductor de la red de tierras será de cable desnudo de cobre.
 Determinar la longitud total propuesta (LT) de los conductores de la malla, incluyendo varillas, debe de ser mayor a la calculada en el próximo paso "E".

Calcular el calibre del conductor.

El calibre mínimo para el conductor de la red de tierras de una S.E. debe de ser 4/0 AWG, según las normas. Aplicamos la siguiente formula:

$$A = \frac{I_f}{\sqrt{\log_{10} \left(\frac{T_m - T_a}{234 + T_a} + 1 \right) \cdot 33s}}$$

Donde:

A= Sección transversal del conductor en circulas mils.

s= Tiempo en que se libera la corriente de falla "I_f" en segundos.

T_m= Temperatura máxima permisible en °C: T_m = 250°C para conectores mecánicos y T_m = 450°C para conectores soldables.

T_a= Temperatura ambiente en °C para efectos de calculo en este procedimiento T_a=30°C.

$$A = \frac{13121.6}{\sqrt{\log_{10} \left(\frac{450 - 30}{234 + 30} + 1 \right) \cdot 33 \cdot 0.5}} = 28596 \text{ circular - mils}$$

Calcular la longitud mínima "L_m" del conductor requerida en la red y verificar que "LT" > "L_m"

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Aplicamos la formula siguiente:

$$Lm = \frac{Km * Ki * \rho * Ic * \sqrt{l}}{116 + 017 \rho}$$

Donde:

Km = Coeficiente que toma en cuenta el numero de conductores paralelos "n", su diámetro "d", profundidad de la instalación "h" y el espaciamiento entre los mismos "D".

$$Km = \frac{1}{2\pi} \ln \frac{D^2}{16hd} + \frac{1}{\pi} \ln \left(\left(\frac{3}{4} \right) \left(\frac{5}{6} \right) \left(\frac{7}{8} \right) \dots \right)$$

La cantidad de factores entre paréntesis en el segundo termino es de dos menos el numero de conductores en paralelo "n".

Para el valor "d" utilizamos el diámetro del cable que nos resulto en el paso anterior de acuerdo a la siguiente tabla.

Calibre AWG - MCM	Seccion transversal		Diam. Nom. Mm
	Mm ²	Circulas mils	
12	3.039	6530	2.053
10	5.261	10580	2.588
8	8.366	16510	3.264
6	13.300	26500	4.115
4	21.150	41740	5.189
2	53.630	66370	6.544
1 0	53.480	105500	8.251
2 0	67.430	133100	9.266
3 0	85.030	167800	10.404
4 0	107.200	211600	11.684
250	127.000	250000	13.200
350	177.000	350000	15.700
500	253.000	500000	18.700
600	304.000	600000	20.700
750	380.000	750000	23.100

ρ = Resistividad promedio del terreno en ohm-metro. (obtenido en el paso "A")

tabla 4-3 Diámetros de conductores desnudos de cobre.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

t= Máxima duración del choque en segundos. Para efectos de calculo en este procedimiento considere t=s.

ρ_s = Resistividad superficial del terreno en ohm-metro. Se considera un valor de 3000 ohm-metro (para roca triturada) para efectos de cálculo en este procedimiento.

K_i = Factor de corrección por irregularidades.

$$K_i = 0.65 + .0172 n$$

Calcular la resistencia de la red "R"

Aplicar formulas:

$$r = \sqrt{\frac{A_r}{\pi}}$$

$$R = \frac{\rho}{4\pi} + \frac{\rho}{LT}$$

Donde:

A_r = Area total encerrada por la malla propuesta en metros cuadrados

Calcular el máximo aumento de potencial "E" en la red.

$$E = I_c * R \text{ (volts)}$$

Calcular potencias tolerables.

Aplicar formulas:

$$EPT = \frac{116 + 0.7\rho}{\sqrt{I}} \text{ [VOLTS]}$$

$$ECT = \frac{116 + 0.17\rho}{\sqrt{I}} \text{ [VOLTS]}$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Donde:

EPT= Potencial de paso variable.

ECT= potencial de contacto tolerable.

Calcular potencias probables.

Aplicando la formula siguiente:

$$EPP = KmKi * \rho \frac{Ic}{LT} [\text{Volts}]$$

$$EPP = KsKi * \rho \frac{Ic}{LT} [\text{Volts}]$$

Donde:

EPP= Potencial de paso en la red.

ECP= Potencial de malla.

Ks= Coeficiente que toma en cuenta la geometría de la red, diámetro del conductor "d", profundidad de instalación "h" y espaciamiento de los mismos "D".

$$Ks = \frac{1}{\pi} \left\{ \sqrt{2h} + \frac{1}{D} + h \frac{1}{2D} + \frac{1}{3D} + \dots \right\}$$

El número de términos en el paréntesis es igual al de conductores en paralelo "n".

Calcular el mínimo número de varillas requerido "Nv".

Aplicando la formula:

$$Nv = 0.60 \sqrt{Ar}$$

TRABAJO CON
FALLA DE ORIGEN

Verificar condiciones de seguridad.

EPP > EPT
ECP > ECT

Si las dos condiciones de seguridad indicadas en el paso anterior son cumplidas, la red de tierras propuesta en el paso "C" es adecuada, en caso contrario, aumente la cantidad de varillas y/o longitud del conductor y repita este procedimiento desde el paso "C".

La malla resultante con las separaciones antes mencionadas, estará constituida por 5 conductores transversales (los de menor longitud) y 5 conductores paralelos (los de mayor longitud)

IV.2. SISTEMA DE PARARRAYOS.

IV.2.1. GENERALIDADES.

El principio fundamental de la protección contra descargas atmosféricas es la de proporcionar los medios adecuados para que una descarga pueda incidir con seguridad sobre una construcción y sea conducida en forma inofensiva hasta tierra, de manera que no origine daños durante su recorrido.

IV.2.2. DESCARGAS ATMOSFÉRICAS.

La forma en que se acumulan las cargas eléctricas en las nubes no ha quedado definitivamente aclarada por las diferentes teorías. De acuerdo con una de ellas, las gotas de agua existentes en una nube bajo la acción de una corriente ascendente de aire frío, empieza a congelarse. Es entonces cuando aparece una diferencia de potencial entre las gotas de agua y los cristales de hielo; las gotas de agua quedan cargadas positivamente y son arrastradas por la corriente ascendente del aire a la parte superior de la nube. Las gotas de agua que se han congelado y acumulado formando cristales de hielo más pesados que tienen una carga negativa, descienden a la parte inferior de la nube.

TESIS CON
F. L. LA DE ORIGEN

Es evidente que las corrientes de aire deben hacer el trabajo de separar las cargas y mantenerlas así dentro de la nube. Cuando finalizan estas corrientes de convección, las cargas se reúnen y la nube regresa a su condición original.

Cuando en la base de la nube se forma una carga negativa, esta induce una carga positiva en la tierra. Debido a la gran extensión de la tierra, el gradiente de potencial producido por esta carga es generalmente bajo, excepto cuando existen protuberancias como edificios altos, torres de líneas de transmisión, cables aéreos, campanarios, astas de banderas, árboles, etc.

Los gradientes de potencial en la nube, debido a la carga eléctrica negativa acumulada en la parte inferior, pueden ser muy altos y alcanzar un valor capaz de iniciar una descarga a través del aire, de intensidad relativamente baja y de polaridad negativa. Cuando esta descarga alcanza la tierra, se produce una corriente de gran intensidad y de polaridad positiva que circula en sentido inverso, es decir, de la tierra a la nube.

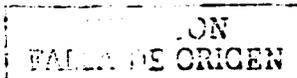
IV.2.3. PARTES DE UN SISTEMA DE PARARRAYOS.

Los elementos fundamentales de un sistema de pararrayos son 3:

El elemento receptor de la descarga, constituido por las puntas de protección y los cables colocados en las partes de la estructura expuestos a una descarga atmosférica.

Un circuito a tierra, el cual está formado por los conductores que deben de transportar a tierra la corriente de descarga a través de un recorrido determinado y de baja resistencia eléctrica, pasando generalmente por las partes exteriores de los edificios.

Electrodo de tierra, llamado también dispensor, constituye el punto de unión entre el sistema y el terreno facilitando la dispersión de la



corriente en el mismo. En los sistemas de protección de edificios es más importante proporcionar un contacto más amplio a tierra que una conexión de baja resistencia, aunque esto último es deseable y se recomienda en la medida de lo posible.

IV. 2.4. RECOMENDACIONES BÁSICAS.

En la elaboración del proyecto debemos tener presente lo siguiente:

- * Seleccionar los puntos o partes que con mayor probabilidad estarán sujetas a descargas, con el objeto de instalar en estas las puntas para recibir las, proporcionándoles una trayectoria directa a tierra.

- * Las puntas pararrayos deben colocarse con la suficiente altura sobre la estructura para evitar el peligro de fuego causado por el arco.

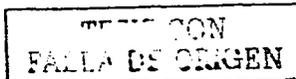
- * Los conductores deben instalarse de manera que ofrezcan la menor impedancia al paso de la corriente de descarga entre las puntas y la tierra. La trayectoria directa es la mejor.

- * No debe tenerse curvas ni ondas muy cerradas, pues el arco podría saltar entre ellas.

- * La impedancia a tierra es en la práctica, inversamente proporcional al número de trayectorias separadas, por lo que, de cada punta deberán partir al menos dos trayectorias hacia tierra.

- * Si se conectan los conductores de tal manera que forman una reja o jaula que encierre al edificio o estructura, se aumenta el número de trayectorias, y por consiguiente, se reduce la impedancia.

- * El NEC (National Electrical Code), en su artículo 250- 86, nos dice que las varillas y conectores del sistema de pararrayos no se emplearán para sustituir los electrodos de tierra del sistema general de tierras.



Lo anterior nos prohíbe la interconexión de ambos sistemas, por el contrario, el NEC recomienda esa interconexión para mantener los diferentes electrodos al mismo potencial. Por lo recomendado no existe ningún peligro para el equipo eléctrico que esta aterrizado por el hecho de conectar al sistema de tierras el sistema de pararrayos. Por lo tanto, se recomienda que todos los dispositivos y componentes del sistema de pararrayos, sean conectados al sistema general de tierras.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO V SUBESTACIÓN

V.1. INTRODUCCIÓN.

En este capítulo se ve en forma breve la finalidad y las partes internas de una subestación, así como la clasificación y tipos de instalación de la misma.

Comprende el cálculo para seleccionar el transformador principal. El transformador del proyecto se calcula de forma similar.

Al final se incluye la definición y el cálculo del factor de potencia, así como las ventajas de corregirlo y la forma de hacerlo por medio del uso de capacitores.

V.2. DEFINICIÓN DE SUBESTACIÓN.

La energía eléctrica que es necesario suministrar a una instalación eléctrica ya sea industrial, comercial o bien a edificios habitacionales, puede ser a voltajes de alimentación que son muy altos para las cargas, por ejemplo alimentar a una carga de 13.2 KV resulta ser un voltaje demasiado alto para motores eléctricos de 20HP que se alimentan normalmente a 440 V.C.A. o a 220 V.C.A., por este motivo es necesario convertir o transformar los voltajes de alimentación a niveles adecuados utilizables directamente por las cargas dentro de sus rangos de alimentación.

Para esta transformación de la energía eléctrica de un nivel de voltaje a otro mas adecuado, se usa un conjunto de equipos que no solo transforman, también controlan y regulan la energía eléctrica y que reciben el nombre de "subestación". Una subestación eléctrica se define como el conjunto de elementos que nos permite cambiar las características eléctricas en los sistemas

eléctricos de potencia, tales como frecuencia, voltaje, etc. Debido a estas características se clasifican en diferentes tipos. En el caso de los sistemas eléctricos de mediana tensión, los clasificamos en la siguiente forma:

1.- Por su tipo de operación, puede ser de corriente alterna o corriente directa.

2.- Por su función, pueden ser: las receptoras, de enlace, reductoras-distribuidoras y distribuidoras.

3.- Por su construcción, de tipo compacta y convencional.

Para el caso específico de las instalaciones industriales, dentro de la clasificación general de las subestaciones eléctricas, las subestaciones más usadas son las denominadas abiertas y las de tipo compacto.

V.3. PARTES INTEGRANTES DE LA SUBESTACIÓN.

Podemos observar las partes integrantes de la subestación en el siguiente dibujo, mismas que aparecen en los planos del proyecto. Luego procederemos a explicar la función de cada elemento. (Ver Fig. 5.1)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TIPO CON FALLA DE ORIGEN

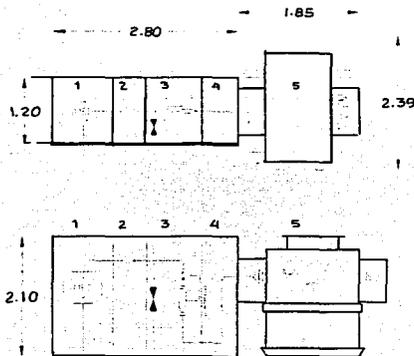


Fig. 5.1 DIAGRAMA UNIFILAR SIMPLIFICADO DE UNA SUBESTACIÓN

Del diagrama unifilar simplificado anterior, los principales elementos constitutivos son los siguientes:

1- Celda de medición.

Es la celda destinada al equipo de medición de la compañía suministradora, diseño.

2- Cuchillas de paso.

Es una cuchilla de tipo tripolar de operación sin carga y en grupo. La capacidad nominal de corriente es de 400^a, en tensiones de operación de 13.8, 23 y 34.5. normalmente esta cuchilla se instala entre dos celdas en la parte superior, por lo que puede utilizarse entre la celda de medición y la celda de seccionador

principal para aislar la subestación de la alimentación cuando se requieran trabajos de mantenimiento en el interior de la misma, o puede ser utilizada como acometida de la compañía suministradora cuando no se requiere celda de medición, o cuando se trate de una subestación derivada sin medición (en esta caso será necesario adicionar una celda de acometida). Se emplea una cuchilla tripolar la cual se acciona por medio de una palanca exterior que se localiza al frente y en la parte superior, para poder colocar la palanca y accionar la cuchilla, primero se deberá que abrir una pequeña puerta, cual tiene una preparación para candado, con lo cual se evita que personal no capacitado realice maniobras inadecuadas.

3- Celda del seccionador.

En esta celda se aloja el seccionador de carga tripolar de un tiro operación en grupo, para la conexión y desconexión con carga, este seccionador es adecuado a la tensión de operación de la línea de distribución en media tensión. Se emplea un seccionador con una corriente nominal de 630 A , la finalidad principal es la protección contra cortocircuito, la cual se logra a través de los fusibles de alta tensión y alta capacidad interruptiva. El seccionador también protege la línea contar operación monofásica o bifásica gracias a su mecanismo percutor, el cual desconecta automáticamente las tres fases cuando se funde un fusible.

La operación del seccionador se realiza por medio de accionamiento de disco, desde el exterior frontal de la celda, un seguro mecánico evita abrir la puerta si no esta desconectado el seccionador, para prevención de cualquier accidente.

Cuando el seccionador se instala en una celda principal, debe de incluir tres apartarrayos, los cuales se montan en la parte posterior del seccionador. Los apartarrayos son del tipo autovalvular, para redes con neutro conectado rigidamente a tierra o aislado.

Cuando la celda es para seccionador derivado, normalmente no se instalan apartarrayos.

El Apartarrayos.- Tiene como finalidad proteger las instalaciones y principalmente al transformador contra las sobrecorrientes de origen atmosférico directas, así como las internas causadas por maniobras de conexión y desconexión. Cuando la tensión del circuito al que está conectado se eleva un cierto porcentaje del nominal, entonces disminuye su impedancia, permitiendo un fácil acceso a tierra de las sobretensiones.

Cuchillas desconectoras.- Normalmente son de operación sin carga, sirven para conectar, desconectar o cambiar conexiones en instalación. Por lo general se accionan después de que se ha operado al interruptor.

Interruptor general.- También conocido como interruptor de alta tensión. Este equipo es de seccionamiento de la operación tiene funciones de desconexión con carga o con corrientes de corto circuito, es decir cumple con requisitos de control y protección del equipo de transformación, alimentadores y cargas en general.

Tiene como finalidad asumir una varias de las siguientes funciones:

- Conectar y desconectar la línea o fuente de alimentación.
- Interrumpir el corto circuito.
- Proteger contra sobrecargas.
- Proteger contra sobrevoltajes, bajos voltajes o fallas de fase.

4- Acoplamiento

Como su nombre lo indica esta celda es adecuada para el acoplamiento directo del transformador a la subestación, contiene en su interior las soleras de cobre necesarias para la conexión del transformador, apoyadas en aisladores de resina sintética

diseñados de acuerdo a la tensión nominal del sistema.

Esta celda puede estar situada a la deracha o a la izquierda de acuerdo a las necesidades del proyecto.

5- Transformador.

Es una máquina eléctrica sin partes móviles, que convierte energía eléctrica alterna de un cierto nivel de voltaje, en energía eléctrica alterna de otro nivel de voltaje, por medio de la acción de un campo magnético. Esta constituido por dos o más bobinas de alambre, aisladas entre si eléctricamente por lo general y arrolladas alrededor de un mismo núcleo de material ferromagnético. La única conexión entre bobinas la constituye el flujo magnético común que se establece en el núcleo, dando como resultado una transformación de corrientes y voltajes.

Es el elemento principal de la subestación, ya que cumple con la función de reducir el voltaje de alimentación de la compañía suministradora a los voltajes de utilización de las cargas. Uno de los devanados del transformador se conecta a una fuente de potencia de CA, y el segundo devanado entrega potencia eléctrica a las cargas. Al arrollamiento que se conecta a la fuente suele llamársele devanado primario o devanado de entrada, y al devanado que se conecta la carga se le designa devanado secundario o devanado de salida.

Constituye junto con el interruptor general los elementos centrales de la subestación eléctrica.

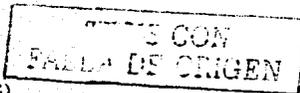
Desde el punto de vista de su construcción, que normalmente está relacionado con su potencia (capacidad) los transformadores pueden ser:

- De tipo interior o intemperie.
- De montaje en poste o piso.
- Por su enfriamiento:

- a) Tipo seco (enfriamiento por aire) - A
- b) Enfriamiento por aceite y aire - OA.
- c) Enfriamiento por aceite y aire con circulación de aire forzado OA/FA

Las principales características a especificar son las siguientes:

- Potencia o Capacidad (kVA)
- Voltajes primario y secundario (relación de transformación)
- Número de fases y conexión primaria y secundaria (en caso de ser trifásico)
- Frecuencia de operación (Hertz)
- Número y por ciento de cada paso de las derivaciones arriba y debajo de la tensión nominal.
- Tipo de enfriamiento
- Altura sobre el nivel del mar de operación del transformador.
- Tipo de servicio.
- Impedancia (en por ciento).
- Sobre elevación de temperatura permitida (en °C).
- Condiciones especiales de servicio (ambientes corrosivos, ambientes explosivos, etc.)
- Accesorios.



De los renglones anteriores vale la pena hacer notar algunos comentarios sobre los aspectos relevantes a considerar, por ejemplo:

A) La capacidad del transformador.

Esta es calculada a partir del valor de la potencia instalada (PI) y los factores de demanda (FD) y utilización (FU) o la combinación de ellos: (FS)

$$PT = PI \times FD \times FU$$

Esta potencia se expresa normalmente en KVA y debe entregar por un tiempo especificado en condiciones de voltaje y frecuencia de diseño sin exceder los límites de temperatura que establece la norma y que para el caso de los transformadores en aceite la temperatura promedio de un devanado no debe exceder de 65°C sobre una temperatura promedio de 30°C y máxima de 40°C.

Cuando la temperatura ambiente promedio máxima exceda los valores indicados, pero sin ser mayor a la promedio de 30°C y opera a una altura superior a 1000 M.S.N.M. para la cual se diseñan, como se sabe a altitudes superiores a la de diseño, el aire se enrarece y la capacidad de disipación de calor disminuye y por lo tanto su capacidad es un valor de aproximadamente 0.4% por cada 100 m. en exceso de los 1000m.

Se pueden operar también los transformadores a sus capacidades nominales a alturas superiores a los 1000 M.S.N.M. siempre que la temperatura ambiente promedio máxima no exceda de 3°C/1000m por abajo de 30°C.

B) Impedancia.

El valor de la impedancia es una de las características de placa de los transformadores, su valor se expresa en por ciento y representa la caída de voltaje expresada en por ciento para el circuito equivalente del transformador, este valor de impedancia permite lo siguiente:

Permite calcular el valor de la regulación

Interviene en el cálculo de las corrientes de corto circuito.

Analizar las condiciones de operación en paralelo con otro(s) transformador (es).

FALLA DE ORIGEN

C) Conexión primaria y Secundaria.

Por lo general la alimentación se hace en conexión delta en el primario y estrella con el neutro aterrizado en el secundario.

D) Frecuencia de operación.

En México la frecuencia es de 60 Hertz

E) Accesorios.

Se deben de especificar los accesorios especiales para el transformador según sea su capacidad, estos accesorios pueden ser entre otros: termómetro indicador de la temperatura interior, cambiador de derivaciones, tanque conservador, indicador de nivel de aceite, ganchos de sujeción, posición de las gargantas (para subestaciones unitarias), base para rolar, caja para acoplamiento con tablero, etc.

Interruptor principal Secundario.

Este interruptor se encuentra en el tablero de baja tensión y es el que protege a los alimentadores o circuitos derivados (según sea el caso) de la instalación, puede ser un termomagnético o electromagnético según sea el tamaño de la instalación.

Interruptores principales de circuitos derivados y alimentadores.

Estos son los interruptores principales de centros de carga, de control de motores, motores, circuitos de alumbrado, etc. por lo general son termomagnéticos según sea su capacidad.

TECNOLOGIA
FALLA DE ORIGEN

V.4. SUBESTACIONES Y TIPOS DE INSTALACIÓN

Desde el punto de vista de la función que desempeñan las subestaciones, se pueden clasificar como siguen:

1) SUBESTACIÓN ELEVADORA. Estas se encuentran cerca de las plantas generadoras de electricidad, con la finalidad de cambiar los parámetros de la potencia suministrada por los generadores, para permitir la transmisión en alta tensión, a través de las líneas. A este respecto se puede mencionar que los generadores comúnmente suministran la potencia entre 5 y 25 KV y la transmisión dependiendo del volumen de energía y la distancia se puede efectuar a 69, 85, 115, 138, o 400 KV.

2) SUBESTACIÓN RECEPTORA PRIMARIA. Estas son alimentadas directamente de las líneas de transmisión y reducen la tensión a valores menores para la alimentación de los sistemas de subtransmisión o las redes de distribución.

3) SUBESTACIÓN RECEPTORA SECUNDARIA. Estas son por lo general alimentadas de las redes de transmisión y suministran la energía eléctrica a las redes de distribución a tensiones comprendidas entre 34.5 y 6.9 KV. Las subestaciones eléctricas también se clasifican por el tipo de instalación.

4) SUBESTACIÓN TIPO CONVENCIONAL. Estas subestaciones se construyen normalmente en terrenos expuestos a la intemperie y requieren de un diseño de aparatos y maquinas capaces de soportar el funcionamiento bajo condiciones atmosféricas adversas. Consta de una estructura donde se colocan los equipos tipo intemperie, protegidos generalmente por una cerca metálica. La estructura puede ser de aluminio, fierro galvanizado o madera. La de aluminio tiene mejor apariencia y resistencia a la intemperie, pero es la más costosa; la de fierro galvanizado es más

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

económica que la de aluminio, pero requiere de mayor mantenimiento, se usa generalmente pintada, para evitar la oxidación al momento de fallar el galvanizado. La madera es la más económica, pero ha caído en desuso por su poca rigidez, mala apariencia y menor vida. Es conveniente que las partes integrantes de la estructura se diseñen para atornillarse y no para soldar, facilitando el montaje y cambio o adición de partes.

5) SUBESTACIÓN TIPO COMPACTA O CERRADA. En estas subestaciones los aparatos y las máquinas se encuentran compactados y protegidos dentro de gabinetes metálicos; estos a su vez pueden ser del tipo interior o intemperie. Los del tipo interior por lo general se usan dentro de fábricas, hospitales, auditorios, edificios y centros comerciales que disponen de poco espacio para estas instalaciones.

V.5. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR PRINCIPAL.

En líneas anteriores se especificó los aspectos que se deben de tomar en cuenta para elegir un transformador así como para calcular su capacidad. La capacidad del transformador se define como los KVA que su devanado secundario es capaz de soportar por un tiempo determinado bajo las condiciones de diseño dadas, sin que la temperatura promedio de un devanado exceda de 65°C, con una temperatura ambiente de 30°C promedio y 40°C máxima.

Para calcular la capacidad del transformador, es necesario saber el área a servir.

ESTIMACIÓN DEL ÁREA A SERVIR. Cuando es calculada la potencia de un transformador, por lo general se cae a valores normalizados de potencia tomando en cuenta los factores

TRABAJOS CON
FALLA DE ORIGEN

mencionados anteriormente para el transformador ya que el valor calculado difícilmente corresponde a las capacidades de fabricación normales, por lo que se toman los valores inmediatamente superiores al calculo, dado que económicamente no representan una gran diferencia. Es decir, se selecciona la potencia del transformador dentro de la franja óptima en base a la densidad de carga media dentro del área en la que se encuentra dividida la instalación. Las dimensiones de esta área están en función de la caída de tensión considerada como aceptable, por ejemplo, se sabe que el 5% es el valor aceptado por el reglamento de obras a instalaciones eléctricas (normas técnicas), para 440 V entonces la caída de tensión es de 22 V.

V.6. CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA.

En un circuito de corriente alterna, la tensión y la corriente no adquieren sus valores máximos o mínimos en el mismo momento, sino únicamente cuando la carga se compone de resistencias puras, cuando hay inductancias, la corriente se atrasa noventa grados y cuando hay capacitancias se adelanta noventa grados. La combinación de cargas diversas, hace que el valor de la corriente pueda aparecer antes o después de aplicada la tensión. Representados por vectores de tensión y corriente, habrá un ángulo que los separe. El coseno de este ángulo es lo que (generalmente) se conoce como factor de potencia.

En una planta industrial, por lo general, el bajo factor de potencia se debe a motores de inducción a carga parcial. Con frecuencia los motores están sobrados, es decir, se seleccionan para manejar cargas inferiores a su capacidad.

Hay otros factores que contribuyen a un bajo factor de potencia, tales como el reemplazo de lámparas incandescentes por

TRABAJOS CON
FALLA DE ORIGEN

fluorescentes; el uso de rectificadores en vez de grupos de motor sincrónico-generador para obtener energía en corriente directa; la instalación de otros motores de inducción por ampliación; la utilización de equipos electrónicos, unidades de aire acondicionado, etc.

El bajo factor de potencia de una instalación provoca un aumento en la intensidad de la corriente que se refleja en caídas de tensión en las líneas abastecedoras de electricidad, que de persistir, las obligaría a aumentar la capacidad de sus plantas generadoras, transformadores, líneas. Por esto se ha convenido que el usuario, que por descuido, falta de mantenimiento a su equipo, procesos de fabricación forzados o alguna otra razón que haga que se presente en su instalación un factor de potencia bajo, pague un sobreprecio sobre su facturación normal de consumo de energía eléctrica. Por lo que conviene mejorar el factor de potencia, pues resultaría beneficiado por los siguientes casos:

- a) Reducir sus pagos a la compañía suministradora.
- b) Aumentar la capacidad de su instalación.
- c) Disminuir las pérdidas por calentamientos, (efecto jule).
- d) Disminuir las pérdidas por caídas de tensión.

V.6.1. COMO MEJORAR EL FACTOR DE POTENCIA.

Para mejorar el factor de potencia, pueden utilizarse motores síncronos sobreexcitados; pero el uso de capacitores es generalmente el modo más económico de conseguirlo. Además de su relativo bajo costo, los capacitores tienen otras características, tales como facilidad de instalación, manteniendo mínimo bajas pérdidas; se fabrican en capacidades relativamente pequeñas; sin embargo, las unidades individuales pueden combinarse en bancos para obtener potencias reactivas mayores y así cubrir las necesidades del usuario.

TRABAJOS CON
FALLA DE ORIGEN

V.6.2. CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA.

Aunque los valores de factor de potencia que se obtienen por el siguiente método son aproximados, son suficientemente precisos para la mayoría de los cálculos.

Para determinar el factor de potencia de un circuito que alimenta a varias cargas se procede de la siguiente forma:

- 1.- Se multiplica la potencia de carga por un factor de potencia promedio. (En el caso de los motores se usa un factor de potencia a 75% de la carga plena).
- 2.- Se suman estos productos de las cargas alimentadas.
- 3.- El factor de potencia aproximado es igual a la suma que se obtiene en el paso 2, dividida entre la suma de las potencias de todas las cargas consideradas.

Una forma aún más precisa de obtener el factor de potencia es medirlo directamente cuando este sea factible, una vez instalada la carga.

V.6.3. CÁLCULO DE CAPACITORES.

Cuando en un sistema se utilizan capacitores para mejorar el factor de potencia, la capacidad de los mismos se determina a partir del cálculo o medición del factor de potencia existente.

V.7 PROTECCIÓN CONTRA CORTO CIRCUITO.

Se dice que una instalación está preparada para soportar cortocircuitos cuando sus elementos cumplen con las siguientes características:

Robustez suficiente para soportar los esfuerzos mecánicos de la máxima fuerza posible.

capacidad de los conductores para soportar los esfuerzos térmicos de la corriente más alta que pueda ocurrir.

FALLA DE ORIGEN 145

Rapidez de respuesta del sistema de protecciones para interrumpir y aislar la zona donde aparezca un corto circuito.

Capacidad de los interruptores para disipar la energía del arco.

Las protecciones de toda instalación deben estar diseñadas para operar con seguridad en condiciones extremas y para aislar las partes dañadas, de tal forma que pueda continuar funcionando el mayor número de equipos no cercanos a la falla.

En caso de falla, el flujo de corriente en cualquier punto del sistema esta limitado por la impedancia de los circuitos y de los equipos desde las fuentes de la corriente hasta el punto de falla, y no tiene relación alguna con la carga del sistema. Resulta claro que para poder especificar los elementos de un circuito, diseñar el sistema de protección y coordinar debidamente estas protecciones es necesario conocer el valor de la corriente de cortocircuito en cada punto de la instalación.

En instalaciones complejas con varios niveles de tensión y algunos otros elementos especiales, los cálculos podrían resultar laboriosos y justificar la utilización de una computadora. Sin embargo en este proyecto que consta de una sola subestación, con distribución radial en baja tensión; se hará de manera manual.

V.7.1. FUENTES ALIMENTADORAS DE CORRIENTES DE FALLA.

Las corrientes de falla tienen sus fuentes de alimentación en las máquinas eléctricas rotatorias. Generadores y motores. Estos últimos funcionan como generadores durante la falla, ya que utilizan para su movimiento la energía almacenada en su masa (energía cinética) y en las máquinas acopladas a ellos. La corriente que cada

TRABAJO CON
FALLA DE ORIGEN

una de estas maquinas rotatorias aporta a la falla esta limitada por su impedancia Z (suma vectorial de la resistencia R y la reactancia X) y decrece exponencialmente con el tiempo a partir del valor que adquiere inmediatamente después de la falla. Entonces la impedancia que las máquinas eléctricas rotatorias presentan al corto circuito es variable.

V.7.2. COMPONENTE DE CORRIENTE DIRECTA.

Debido a que la falla puede ocurrir en cualquier instante de la curva de voltaje, y a que los voltajes de las fases están desfasados 120° grados eléctricos, no existe simetría entre las corrientes de falla de cada fase y el eje del tiempo. Podría darse el caso excepcional en que la corriente de una fase tuviera simetría con respecto al eje del tiempo; sin embargo desde el punto de vista la máxima corriente que debe interrumpirse, lo importante es contemplar la posibilidad de que una fase tenga asimetría completa.

Entonces conviene incluir en el análisis una componente llamada de corriente, directa que se suma a la componente de frecuencia fundamental para dar, en el primer instante el valor máximo posible de la corriente de cortocircuito asimétrica. Esta componente de corriente directa es transitoria y se considera que decae exponencialmente de acuerdo con una constante de tiempo, que depende de la relación de X/R de todo el sistema y cuyo valor es mayor que la subtransitoria, pero bastante menor que la transitoria.

La corriente de un circuito que se cierra con una fuente de voltaje alterno senoidal E y que tiene una inductancia L, que a su vez tiene cierta resistencia R, puede expresarse en función de la suma de la onda fundamental de la corriente en cierto instante mas la componente de corriente directa en ese instante:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

$$I = \frac{V}{j\omega * L} \text{sen}(\omega t) + I_{cd} * e^{-t/\tau}$$

Donde:

I_{cd} = componente de corriente directa.

t = tiempo

L/R = constante de tiempo que refleja la variación de I

Para incluir la componente de corriente directa en el cálculo, se podría utilizar el valor máximo posible de asimetría, lo que representa sumar a la corriente de corto circuito simétrica una componente de corriente directa cuyo valor sé igual al valor RMS máximo de la corriente simétrica. Sin embargo, esto es valido para el primer instante de la falla pero inmediatamente después empieza a disminuir, y la posibilidad de conocer el valor de la componente de corriente directa en el instante de apertura del interruptor dependerá de la precisión con la que se haya calculado la constante de tiempo. En la práctica es frecuente utilizar un factor de 1.6 veces la corriente simétrica de la componente fundamental para comparar con la capacidad asimétrica total que pueden soportar los equipos y elementos de la instalación.

V.7.3. RESTRICCIONES IMPLÍCITAS Y CORRECCIONES NECESARIAS.

Debido a que el análisis de fallas se hace con un modelo simplificado, es necesario introducir factores que corrijan los resultados que se obtuvieron bajo ciertos supuestos o restricciones.

Un aspecto importante que no se considera en el modelo es la impedancia del arco que se establece mientras sé esta interrumpiendo la corriente de falla. La resistencia del arco cambia de acuerdo con los valores de la onda de corriente. Puede adquirir valores de 0.1 hasta 100 Ohms en cada medio ciclo para corrientes

TRABAJO CON
FALLA DE ORIGEN

de 1 a 1000 amperes. Esta resistencia variable provoca un comportamiento no lineal de la impedancia del arco y la aparición de armónicas.

Tampoco deben perderse de vista el efecto que producen todos los elementos inductivos de la instalación cuando se saturan por incremento de la densidad de flujo durante la falla.

V.7.4. METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO.

En el análisis de las probables condiciones de falla por corto circuito se requiere de experiencia y del conocimiento de las leyes que rigen el fenómeno transitorio. En forma resumida el proyectista debe:

Seleccionar el lugar o punto de la instalación en donde quiere conocer el nivel de falla.

Establecer el modelo eléctrico (diagrama de impedancias) mas simple posible para obtener el valor de la corriente.

Reconocer que existen condiciones del sistema en las cuales no se cumplen las restricciones supuestas que permitieron la simplificación del modelo.

Calcular o estimar las correcciones que se considere necesario realizar en los resultados para compensar las suposiciones cuando se crea que estas provocan una desviación importante del comportamiento probable.

A continuación se plantean con mayor detalle los pasos que pueden facilitar esta tarea del ingeniero, pero no es posible establecer argumentos definitivos al respecto de las correcciones que deben de hacerse a los resultados obtenidos del modelo

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

simplificado, por lo que los autores de libros solamente establecen algunas guías que pueden orientar las decisiones del proyectista.

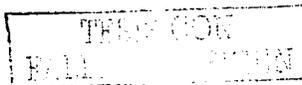
V.7.4.1. DIAGRAMA UNIFILAR Y DE IMPEDANCIAS.

Un estudio de cortocircuito requiere de un diagrama unifilar del sistema por estudiar en el cual figuren todas las posibles fuentes de corriente de falla y la formación requerida para este tipo de cálculo normalmente se utiliza un diagrama donde solo aparecen las impedancias y en el cual se van efectuando las reducciones necesarias para simplificarlo. Por lo general se acostumbra hacer un diagrama que muestre solamente reactancias y para el calculo de la relación X/R hacer otro diagrama que solo muestre las resistencias. La relación que se obtiene de esta manera es diferente a la que resultaría si se hiciera la reducción del diagrama de impedancias, pero la práctica ha demostrado que las aproximación es aceptable y que cualquier error es hacia el lado conservador.

V.7.4.2. REACTANCIAS EN POR UNIDAD.

Debido a que normalmente las instalaciones tienen varios niveles de voltaje resulta muy complicado —prácticamente imposible— trabajar con valores de reactancia en ohms. Por esta razón se definen valores base para voltajes y potencias y todos los valores anotados en los diagramas de reactancias están expresados en por unidad (pu).

Por lo general, se empieza escogiendo una potencia base que puede ser la del equipo mas grande del sistema o cualquier valor redondeado por conveniencia. Por lo que respecta a las bases de voltaje, existen tantas como niveles de voltaje haya en la instalación: normalmente se utilizan los voltajes nominales entre fases. Debido a la relación de transformación, en uno y otro lado de



un transformador cambian las bases de voltaje, de corriente y de impedancia, pero no la base de potencia. la impedancia en por unidad se puede obtener con las siguientes expresiones:

$$Z_{pu} = \frac{Z\%}{100} \dots\dots\dots(1)$$

$$Z_2 = Z_1 \left[\frac{KV_{base1}}{KV_{base2}} \right]^2 \dots\dots\dots(2)$$

En donde:

Z_2 = impedancia en pu utilizando la base kva deseada.

Z_1 = impedancia en pu utilizando como base la potencia marcada sobre el equipo.

KVA_{base2} = Base de potencia escogida para el calculo a la cual se desea referir la cantidad Z_2

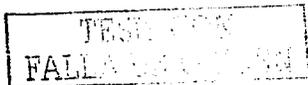
KVA_{base1} = Base de potencia a la cual esta referida la cantidad Z_1

KV_{base1} = Base de voltaje en función de la cual esta expresada la impedancia Z_1

KV_{base2} = Base de voltaje en función de la cual se desea referir la nueva impedancia Z_2

$$Z_{pu} = \frac{Z(ohms) * KV_{BASE}}{1000 * (KV_{base})^2} \dots\dots\dots(3)$$

En todas las relaciones anteriores Z puede ser sustituido por X si se desprecia la resistencia. Una vez calculados todos los valores de reactancias en pu, se colocan sobre un diagrama para facilitar el calculo de la reactancia equivalente.



V.7.4.3. CÁLCULO DE LA DE LA IMPEDANCIA O REACTANCIA EQUIVALENTE.

Se conoce así a la impedancia o reactancia que existe entre un punto de la instalación y la red suministradora. Este valor se tiene que calcular para cada uno de los instantes del corto circuito y para cada punto donde se quiere analizar el efecto de una falla de cortocircuito.

Para "n" y dos impedancias en serie:

$$\frac{1}{Z_{eq}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{Z_i}$$

$$Z_{eq} = \frac{Z_1 * Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

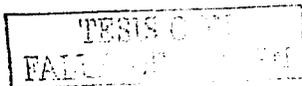
Para "n" y dos impedancias en derivación (paralelo):

$$\frac{1}{Z_{eqn}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{Z_i}$$

$$Z_{eq} = \frac{Z_1 * Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

Para la transformación de una conexión de impedancias en delta a una conexión estrella:

$$Z_u = \frac{Z_{12} * Z_{13}}{Z_{12} + Z_{13} + Z_{23}}$$



$$Z_n = \frac{Z_{ub} * Z_{bc}}{Z_{ub} + Z_{bc} + Z_{uc}}$$

$$Z_c = \frac{Z_{bc} * Z_{uc}}{Z_{ub} + Z_{bc} + Z_{uc}}$$

V.7.4.4. CÁLCULO DE LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito se utilizan las expresiones producto del análisis de circuitos eléctricos, que son las mismas para los diferentes diagramas de impedancias y que correspondan a los diferentes instantes de análisis: en el primer ciclo (subtransitorio), en el instante en el que se lleva a cabo la interrupción (transitorio), o en cualquier otro momento en el cual actúen los relevadores de protección con retardo.

La potencia simétrica de cortocircuito se calcula de la siguiente manera:

$$KVA_{sc} = \frac{KVA_{base}}{Z_{eff}} \dots\dots\dots(6)$$

La corriente de falla resulta:

$$I_{sc} = \frac{KVA_{sc}}{\sqrt{3} * KVA_{base}} \dots\dots\dots(7)$$

También se puede calcular en pu suponiendo que el voltaje en pu es igual a uno:

$$I_{sc} = \frac{1}{Z_{eff}} \dots\dots\dots(8)$$

TERCIO CON
 FALLA DE ORIGEN

Entonces:

$$I_{cc} = I_{cc,n} * I_{base} \dots\dots(9)$$

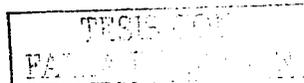
$$I_{cc,n} = \frac{KV A_{base}}{\sqrt{3} * KV'_{base}} \dots\dots(10)$$

$$I_{cc} = \frac{KV A_{base}}{Z_{eqn} * \sqrt{3} * KV'_{base}}$$

Si se trabaja con impedancias complejas (con magnitud de ángulo) los cálculos son mucho mas complicados y el valor de la corriente resulta también compleja, con cierto desfaseamiento respecto al voltaje, por lo general muy cerca de 90° grados. Si únicamente se considera la reactancia y el voltaje igual a 1 pu, resulta:

$$I_{cc} = \frac{e}{j \bullet X_{eqpu}} = \frac{1}{X_{eqpu}} j$$

Esta corriente tiene un atraso de 90° grados con respecto al voltaje y no incluye el efecto de la componente de corriente directa.



V.7.4.5. IMPEDANCIAS O REACTANCIAS TÍPICAS DE LOS ELEMENTOS DE UNA INSTALACIÓN.

Los valores que se sugiere utilizar en los cálculos de cortocircuito son aproximados y los estándares permiten, en ciertas condiciones, que se agrupen elementos y se utilice una impedancia equivalente para todo el grupo para un cálculo más preciso deben emplearse las reactancias y resistencias específicas por los fabricantes de los equipos.

MÁQUINAS ELÉCTRICAS ROTATORIAS. En principio se supone que se conocen los parámetros de las máquinas eléctricas rotatorias involucradas en el cálculo, aunque se pueden utilizar los valores típicos de reactancia proporcionados en la Tabla siguiente. La resistencia de este tipo de equipos es pequeña, comparada con el valor de la reactancia, sin embargo no debe despreciarse, ya que su presencia limita la corriente de falla.

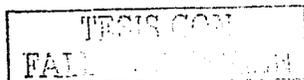
TRABAJO CON
FALLA DE ORIGEN

Máquinas	X''	X'
Turbogeneradores		
2 polos	0.09	0.15
4 polos	0.15	0.23
Generadores de polos salientes y devanados con amortiguamiento		
12 polos y menos	0.16	0.33
14 polos y mas	0.21	0.33
Motores síncronos		
6 polos	0.15	0.23
8 a 14 polos	0.20	0.30
16 polos o mas	0.28	0.40
Motores de inducción		
Arriba de 600V	0.17	----

Tabla V.1. Tabla de reactancias típicas en pu para máquinas eléctricas rotatorias.

Para los motores asíncronos o de inducción (jaula de ardilla) se puede obtener un valor más preciso de la reactancia subtransitoria sustituyendo la corriente de arranque (especificada en la placa del motor) en la relación:

$$X'' = \frac{I_a}{I_n} \text{ (en p.u.)}$$



donde:

I_a = Corriente de arranque (de 5 a 6 veces la corriente nominal).

I_n = Corriente nominal del motor.

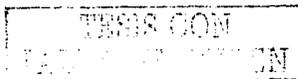
La siguiente tabla muestra los factores que deben usarse para modificar las reactancias o impedancias de las máquinas rotatorias, dependiendo del instante del cortocircuito en que se quiera conocer la corriente.

Tipo de Máquina rotatoria	Prime	Instante de
Turbogeneradores e	1.00 X''d	1.00 X''d
Hidrogeneradores sin	0.75 X''d	0.75 X''d
Motores de Inducción		
Arriba de 1000 HP, RPM	1.00 X''d	1.50 X''d
Arriba de 250 HP a 3600 RPM	1.00 X''d	1.50 X''d
Todos los demás de HP 50	1.20 X''d	3.00 X''d
Todos los menores de 50 HP	despreciable	

Tabla V.2. Factores que multiplican a las reactancias (o impedancias) de máquinas rotatorias dependiendo del instante en que se quiere analizar la corriente de falla

En esta tabla se desprecian los motores de menos de 50 HP porque está hecha para utilizarse cuando solamente se quieren determinar capacidades de interruptores de alta tensión. Sin embargo debido a que también se requieren los valores de corriente de cortocircuito para especificar los interruptores de baja tensión se recomienda que para el cálculo de las capacidades del primer ciclo de la falla en baja y alta tensión se utilice el siguiente procedimiento:

Incluir las impedancias de los motores de menos de 50 HP, ya sea utilizando un multiplicador de 1.67 para las impedancias subtransitorias especificadas por los fabricantes o considerando



una impedancia en pu para el primer ciclo de la corriente de cortocircuito de 0.28 sobre la capacidad de cada motor o del grupo de motores (referida a la base de potencia del sistema), de acuerdo con la siguiente tabla.

Tipo de máquina rotatoria	Primer ciclo	Instante de interrupción
Motores de inducción		
Todos los de mas de HP 50	$1.20 \times X''d''$	$3.0 \times X''d''$
Todos los menores de 50 HP	$1.67 \times X''d''$	despreciable

Tabla V.3. Tabla de factores que multiplican a las reactancias (o impedancias) para obtener valores mas precisos de la corriente de falla en sistemas de varios niveles de voltaje.

La corriente de cortocircuito obtenida es la simétrica (primer ciclo) que puede compararse con la capacidad especificada como simétrica RMS en los fusibles e interruptores de baja tensión. Para obtener la corriente total asimétrica de interruptores de alta tensión se utiliza el factor 1.6, para un valor más preciso se puede recurrir al estándar correspondiente.

Para calcular la corriente que se compara con la capacidad interruptiva de los interruptores de alta tensión (arriba de 1KV) se deben considerar las reactancias de la columna correspondiente en las Tablas anteriores para preparar el diagrama de impedancia (reactancias) equivalente. También debe hacerse el diagrama de resistencia equivalente utilizando los mismos factores de la Tabla V.2. Así se determina la relación X/R y con ella se obtienen los factores que deben multiplicar a la corriente obtenida al dividir el

TRABAJOS CON
FALLA DE ORIGEN

voltaje prefalla entre la reactancia. El resultado es la corriente RMS total para compararse con la capacidad interruptiva de los interruptores de alta tensión.

Tiempo nominal de interrupción en ciclos para 60 Hz	Tiempo mínimo de inicio de temperatura de los contactos en ciclos para 60 Hz
8.0	4.0
5.0	3.0
3.0	2.0
2.0	1.5

Tabla V.4. Tiempo mínimo de inicio de apertura de los contactos de un interruptor de alta tensión .

Los factores que multiplican a E_{pu}/X_{pu} se determinan dependiendo del tiempo mínimo en que empiezan a abrir los contactos del interruptor en la Tabla V.4 y a la cercanía o lejanía que tengan del generador que suministra la carga. Si el factor de multiplicación es de 1.0 la comparación se hace directamente, pero si el factor encontrado es mayor que 1, la comparación debe hacerse con la capacidad interruptiva máxima de corriente simétrica del interruptor que se calcula así:

Capacidad interruptiva máxima es:

La capacidad interruptiva nominal por el voltaje máximo entre el voltaje de operación:

En estos equipos la capacidad interruptiva está dada en megavolts amperes, por lo que para poder llevar a cabo la

comparación en kiloamperes debe llevarse a cabo el siguiente cálculo:

Capacidad interruptiva asimétrica es:

La capacidad interruptiva (MVA) entre el voltaje de operación (KV) por raíz de 3

ELEMENTOS DE IMPEDANCIA O REACTANCIA CONSTANTE. Todos los elementos restantes son considerados pasivos, es decir, tienen una impedancia o reactancia constante que limita el valor de la corriente de cortocircuito. Los valores de reactancias de transformadores deben ser proporcionados por el fabricante. Los transformadores y cables siempre deben considerarse en el cálculo de la corriente de cortocircuito y dependerá del criterio del proyectista incluir otros elementos como por ejemplo los interruptores termomagnéticos y los transformadores de corriente.

REACTANCIA INDUCTIVA DE LOS CONDUCTORES. La ley de inducción electromagnética implica que todo desplazamiento de carga eléctrica está acompañado de la formación de campos magnéticos. La inductancia es un parámetro de los elementos de un circuito que resulta de dividir el flujo magnético, considerado como las líneas de flujo que eslabonan trayectorias de corriente, entre la corriente que circula por dicho elemento y se mide en henrys (H).

Se puede considerar que la inductancia es la suma de dos términos llamados: inductancia propia correspondiente a los efectos por la circulación de la corriente en el elemento, e inductancia mutua o externa debida a trayectorias de corriente en elementos cercanos.

TECNOLOGIA
FALLA DE ORIGEN

Construcción del conductor	RMG
Alambre sólido	0.779 R*
Cable de un solo material con:	
7 hilos	0.726 R
19 hilos	0.756 R
37 hilos	0.768 R
61 hilos	0.772 R

- Radio del conductor

Tabla V.5 La inductancia propia depende del radio medio geométrico (RMG) del conductor.

La inductancia mutua o externa depende de la disposición del conductor con respecto a los otros y de la forma de los forros conductores o pantallas, así como de su conexión a tierra. Si consideramos un alimentador trifásico de un sistema ABC, cuyas distancias entre conductores son AB, BC, CA, existe una distancia llamada media geométrica (DMG) que se calcula con la relación.

$$DMG = \sqrt{AB * BC * CA}$$

Con la ayuda de la DMG y del RMG se calcula la inductancia media del sistema en henrys por Km:

$$L = 2 * 10^{-4} * \ln \frac{DMG}{RMG}$$

TRIS CON
FALLA DE ORIGEN

Esta relación sirve para el cálculo de la inductancia de los cables sin pantalla y sin tubos o conductores metálicos que guardan paralelismo con los conductores. Para cables con pantallas semiconductoras el valor de la inductancia aumenta ligeramente.

Si la frecuencia del sistema es "f", la reactancia inductiva en ohms se puede calcular con la relación:

$$X_L = 2\pi * F * L$$

La reactancia inductiva en ohms/Km se obtiene sustituyendo la expresión (8.20) en (8.19):

$$X_L = 0.0028 * f * \log \frac{DMG}{RMG}$$

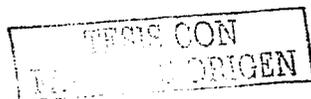
Si se considera una frecuencia de 60 Hz:

$$X_L = 0.1734 * \log \frac{DMG}{RMG}$$

La inductancia así calculada resulta en un valor promedio de ohms/Km y puede diferir de una fase a otra. Por esta razón para igualar las reactancias de cada fase, normalmente se hacen transposiciones de las líneas —se intercambian posiciones— a 1/3 y 2/3 del recorrido.

En caso de que existan varios conductores iguales por fase, el RMG del grupo de una fase se calcula con la relación:

$$RMG_{eq} = \sqrt[n * r * R^{n-1}]$$



En donde:

R_{MGeq} = Radio medio geométrico equivalente por fase.

r = Radio medio geométrico de un conductor.

n = Número de conductores por fase.

R = Radio del círculo formado por el polígono regular en cuyos vértices están colocados los conductores.

REACTANCIA EQUIVALENTE DE LA RED DE ALIMENTACIÓN.

Por lo general la compañía suministradora proporciona al usuario la potencia simétrica de cortocircuito. En este caso tenemos:

$$KVA_{cc} = \sqrt{3} * V * I_{cc}$$

Por lo tanto la corriente que aporta al cortocircuito en amperes es:

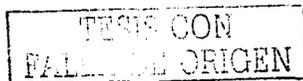
$$I_{cc} = \frac{KVA_{cc}}{\sqrt{3} * V}$$

$$X_{cc} = \frac{V}{\sqrt{3} * I_{cc}}$$

Y la reactancia equivalente en ohms:

Teniendo en consideración las expresiones anteriores, se puede escribir la relación:

$$X_{cc} = \frac{KVA_{cc}}{KVA_{cc}} (en - pu)$$



Por ejemplo si la potencia de cortocircuito del sistema de suministro es de 1000 MVA para un voltaje de 13,8 KV y se escoge como base 1000 KVA se obtiene lo siguiente:

$$I_{cc} = 41.837 \text{ Amps}$$

$$X''_{cc} = 0.19044 \text{ Ohms}$$

$$X''_{pu} = 0.001$$

Con la relación $X''_{cc} = \frac{KVA_{base}}{KVA_{cc}} (en - pu)$ resulta directamente:

$$X''_{cc} = \frac{1000}{1000000} = 0.001 pu$$

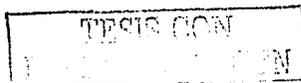
CONCLUSIONES.

La metodología utilizada para resolver el ejemplo presentado, corresponde a la actual práctica ingenieril considerada confiable. Un cálculo más preciso de la corriente de cortocircuito requiere de la consideración de otros elementos, como son las impedancias de las barras (buses), la del arco en el interruptor y la de la falla (estas últimas dos son variables).

En las instalaciones cuya acometida es en baja tensión (440 y 220V) no se justifica el cálculo de la corriente de cortocircuito debido a que:

- a) La presencia de elementos cuya resistencia es alta hace que el nivel de cortocircuito sea relativamente bajo.
- b) Los aparatos y equipos normalizados están diseñados para las corrientes que pueden ocurrir en este tipo de instalaciones.
- c) Es relativamente complicado calcular el nivel de cortocircuito, sobre todo porque la compañía que distribuye la electricidad no puede conocer fácilmente la información relativa a la potencia de cortocircuito para los diferentes puntos de su red de baja tensión.

Si por desconocimiento de la potencia de cortocircuito en la acometida se decide despreciar la reactancia equivalente de la red de suministro, es decir, se considera un cortocircuito de potencia ilimitada, se obtendrá una corriente de cortocircuito mayor, lo que significaría especificar un equipo de protección de una capacidad interruptiva sobrada, que aunque pudiera ser considerada más segura está más alejada de la realidad.



APÉNDICE

FORMULAS UTILIZADAS.

SISTEMA 1 F. 2 HILOS

$$I = \frac{W}{V \cdot f_p}$$

SISTEMA 2 F. 3 HILOS

$$I = \frac{W}{2 \cdot V \cdot f_p}$$

SISTEMA 3 F. 4 HILOS

$$I = \frac{W}{\sqrt{3} \cdot V \cdot f_p}$$

• VARIABLE UTILIZADAS:

I	=	CORRIENTE POR FASE EN AMPERES.
V	=	TENSIÓN AL NEUTRO EN VOLTS.
Vf	=	TENSIÓN ENTRE FASES EN VOLTS.
W	=	POTENCIA ACTIVA EN WATTS.
Fp	=	FACTOR DE POTENCIA.

➤ PARA CALCULAR LA CAÍDA DE TENSIÓN UTILIZAMOS LAS SIGUIENTES FORMULAS.

PARA CIRCUITOS MENORES DE 100 AMP.

SISTEMA: 1 F. 2 HILOS

$$e^{\circ}_o = \frac{I \cdot V \cdot L}{V \cdot S}$$

SISTEMA: 2 F. 3 HILOS

$$e^{\circ}_o = \frac{2 \cdot I \cdot L}{V \cdot S}$$

SISTEMA: 3 F. 3 HILOS Ó 3 F. 4 HILOS.

$$e^{\circ}_o = \frac{2 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot L}{V_f \cdot S}$$

TEST CON
FALLA DE ORIGEN

- PARA CIRCUITOS MAYORES A 100 AMP. (por impedancia)

SISTEMA: 1 F. 2 HILOS

$$e^{\circ} = \frac{200 \text{ IL (R COSO + XL SENO)}}{V_{A-N}}$$

SISTEMA: 2 F. 3 HILOS

$$e^{\circ} = \frac{173 \text{ I L (R COSO + XL SENO)}}{V_{A-B}}$$

SISTEMA: 3 F. 4 HILOS

$$e^{\circ} = \frac{100 \text{ I L (R COSO + XL SENO)}}{V_{C-N}}$$

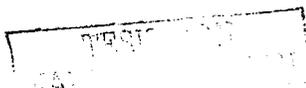


TABLA 1

Tab 310-16 Capacidad de conduccion de corriente en amperes de conductores aislados de 0 a 2 000 V, 60°C a 90°C No mas de 3 conductores en un cable, en una canalizacion o directamente enterrados y para una temperatura ambiente de 30°C

Area de la seccion transversal		Temperaturas máximas de operación (Véase Tabia 310 - 13)								
		60°C TIPOS TW * UF *	75°C TIPOS RHW * THW * , THHW * THW-LS, THHW-LS THWN * , XHHW * USE *	90°C TIPOS SA, SIS, FEP * FEPB *	60°C TIPOS TW * UF *	75°C TIPOS RHW * THW * , THHW * THW-LS, THHW-LS THWN * , XHHW * USE *	90°C TIPOS SA, SIS, RHH * , RHW-2 THW-2 THHW * THHW-LS THWN-2 THHN * XHHW-2			
mm2	AWG -Kcm	C O B R E					ALUMINIO O AL RECUBIERTO DE COBRE			
2 082	-14	20*	20*	25*	25*	20*	20*	25*		
3 307	-12	25*	25*	30*	30*	25*	25*	30*		
5 26	-10	30	30	35*	35*	30*	30*	35*		
8 367	-8	40	40	50	50	40	40	45		
13 3	-6	55	55	65	65	50	50	60		
21 15	-4	70	70	85	85	65	65	75		
33 62	-2	95	95	115	115	90	90	100		
42 41	-1	110	110	130	130	100	100	115		
53 48	(1/0)	125	125	150	150	115	115	135		
67 43	(2/0)	145	145	175	175	135	135	150		
85 01	(3/0)	165	165	200	200	155	155	175		
107 2	(4/0)	195	195	230	230	180	180	205		
126 7	-250	215	215	255	255	170	170	230		
152	-300	240	240	285	285	190	190	255		
177 3	-350	260	260	310	310	210	210	280		
202 7	-400	280	280	335	335	225	225	305		
253 4	-500	320	320	380	380	260	260	350		
304	-600	355	355	420	420	285	285	385		
380	-750	400	400	475	475	320	320	435		
506 7	(1 000)	455	455	545	545	375	375	500		

FACTORES DE CORRECCION

Temperatura ambiente °C Para temperatura ambiente diferente de 30 °C multiplique las capacidades de corriente de la tabla mostradas arriba por el factor de correccion correspondiente en esta tabla

21 - 25	1 08	1 05	1 04	1 08	1 05	1 04
26 - 30	1	1	1	1	1	1
31 - 35	0 91	0 94	0 96	0 91	0 94	0 96
36 - 40	0 82	0 88	0 91	0 82	0 88	0 91
41 - 45	0 71	0 82	0 87	0 71	0 82	0 87
46 - 50	0 58	0 75	0 82	0 58	0 75	0 82
51 - 55	0 41	0 67	0 76	0 41	0 67	0 76
56 - 60		0 58	0 71		0 58	0 71
61 - 70		0 33	0 58		0 33	0 58
71 - 80			0 41			0 41

* La proteccion para sobrecorriente para conductores de cobre aluminio o aluminio recubierto de cobre, en Los Tipos marcados con un asterisco * no debe exceder de

15 A para 2 082 mm2 (14), 20 A para 3 307 mm2 (12) y 30 A para 5 260 mm2 (10) para conductores de cobre

15 A para 3 307 mm2 (12) y 25 A para 5 260 mm2 (10) para conductores de aluminio o aluminio recubierto de cobre despues de que se han aplicado los factores de correccion por temperatura ambiente y agrupamiento de conductores.

TABLE 2

Tabla 220-11 Factores de demanda para alimentadores de cargas de alumbrado

Tipo de local	Parte de la carga de alumbrado general al que se aplica el factor de demanda (VA)	Factor de demanda %
Unidades de vivienda	Primeros 3 000 o menos	100
	Los siguientes hasta 120 000	35
	Exceso sobre 120 000	25
* Hospitales	Primeros 50 000 ó menos	40
	Exceso sobre 50 000 20(ne)	
* Hoteles y moteles incluyendo los de apartamentos sin prevision para que los inquilinos cocinen	Primeros 20 000 ó menos	50
	Los siguientes hasta 100 000	40
	Exceso sobre 100 000	30
Almacén	Primeros 12 500 ó menos	100
	Exceso sobre 12 500	50
Todos los demás	VA totales	100

* Los factores de demanda de esta tabla no se aplican a la carga calculada de los alimentadores de las áreas de hospitales, hoteles y moteles donde todo el alumbrado pueda estar utilizado al mismo tiempo, como sucede en salas de operaciones, salas de baile y comedores.

Tabla 220-13 Factor de demanda para contactos no domésticos

Parte de la carga de contacto a que se le aplica el factor de demanda (kVA)	Factor de demanda %
Primeros 10 kVA ó menos	100
Exceso sobre 10 kVA	50

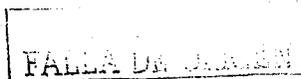
SIS CON
 FALLA DE ORIGEN

TABAL 3

Tabla 10-5 Dimensiones de los conductores aislados y cables de aparatos

Tipos AFF, FFH - 2, RFH-1, RFH-2, RH, RHH*, RHW*, RHW-2*, RHH, RHW, RHW-2, SF-1, SF-2, SFF-1, SFF-2, TF, TFF, XF, XFF				
Tipo	Tamaño nominal		Diámetro aproximadomm	Área aproximadamm2
	mm2	AWG		
RFH-2				
FFH-2	0,8235	18	3,45	9,44
	1,307	16	3,76	11,1
RH	2,082	14	4,14	13,5
	3,307	12	4,62	16,8
RHW-2 RHH				
RHW				
RH, RHH				
RHW				
RHW-2	2,082	14	4,90	18,9
	3,307	12		22,8
	5,26	10		28,2
	8,367	8		53,9
	13,3	6		67,2
	21,15	4		86,0
	26,67	3		98,1
	33,62	2		113
	42,41	1		172
	53,48	1/0		196
	67,43	2/0		226,13
	85,01	3/0		263
	107,2	4/0		307
	126,67	250		406
	152,01	300		457
	177,34	350		508
	202,68	400		557
	253,35	500		650
	304,02	600		783
	354,69	700		875
	380,03	750		921
	405,37	800		965
	456,04	900		1057
	506,71	1000		1143
	633,39	1250		1515
	760,07	1500		1738
	886,74	1750		1959
	1013,42	2000		2175

Tabla 10-5 (continuación 1)
Dimensiones de los conductores aislados y cables de aparatos



Tipo	Tamaño nominal		Diámetro aproximado mm	Area aproximada mm ²
	mm ²	AVG		
SF-2 SFF-2	0.8235	18	3.07	7.42
	1.307	16	3.38	8.97
	2.082	14	3.76	11.1
SF-1 SFF-1	0.8235	18	2.31	4.19
RFH-1 AF XF XFF	0.8235	18	2.69	5.16
AF TF TFF XF	1.307	16	3.00	7.03
XFF				
AF XF XFF	2.082	14	3.38	8.97

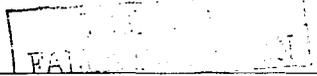
Tipos AF RHH* RHW* RHW-2* THW THW-2 TFN TFFN THWN THWN-2 XF XFF				
RHH* RHW* RHW-2* AF XF	2.082	14	4.14	13.5
XFFRHH* RHW* RHW-2*	3.307	12	4.62	16.8
	5.26	10	5.23	21.5
	8.367	8	6.76	35.9
	2.082	14	3.38	8.97
	3.307	12	3.86	11.7
TW THW THHW LSTHW THW LSTHW-2	5.6	10	4.47	15.7
	8.367	8	5.99	28.2
TV THW THW LSTHW THHW LSTHW THHW LSTHW-2	13.3	6	7.72	46.8
	21.15	4	8.94	62.8
	26.67	3	9.65	73.2
2RHH*RHW*RHW-2*	33.62	2	10.5	86.0
	42.41	1	12.5	123
	53.48	1/0	13.5	143
	67.43	2/0	14.7	169
	85.01	3/0	16.0	201
	107.2	4/0	17.5	240
	126.67	250	19.4	297
	152.01	300	20.8	341
	177.34	350	22.1	384
	202.68	400	23.3	427
	253.35	500	25.5	510
	304.02	600	28.3	628
	354.69	700	30.1	710
	380.03	750	30.9	752
	405.37	800	31.8	792
	456.04	900	33.4	875
	506.71	1000	34.8	954
	633.39	1250	39.1	1200
	760.07	1500	42.2	1400
	886.74	1750	45.1	1598
	1013.42	2000	47.8	1795

TECNO CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 10-5 (continuación 2)
Dimensiones de los conductores aislados y cables de aparatos

Tipo	Tamaño nominal		Diámetro aproximado mm	Área aproximada mm ²
	mm ²	AWG		
TFNTFFN	0.8235	18	2.13	3.55
	1.307	16	2.44	8.58
THHNTHWNTHW-2	2.082	14	2.82	6.26
	3.307	12	3.30	8.58
	5.26	10	4.17	13.6
	8.367	8	5.49	23.6
	13.3	6	6.45	32.7
	21.15	4	8.23	53.2
	26.67	3	8.94	62.8
	33.62	2	9.75	74.7
	42.41	1	11.3	100
	53.48	1/0	12.3	120
	67.43	2/0	13.5	143
	85.01	3/0	14.8	173
	107.2	4/0	16.3	209
	126.67	250	18	256
	152.01	300	19.5	297

Tipos FEP, FEPB, PAF, PAFF, PF, PFA, PFAH, PFF, PGF, PGFF, PTF, PTFF, TFE, THHN, THWN, THWN-2, ZF, ZFF				
THHN THWN THWN-2	177.34	350	20.8	338
	202.68	400	21.9	378
	253.35	500	24.1	456
	304.02	600	26.7	560
	354.69	700	28	638
	380.03	750	29.4	677
	405.37	800	30.2	715
	456.04	900	31.8	794
	506.71	1000	33.3	870
PF, PGFF, PGF, PFFPTF, PAF, PTFF, PAFF	0.8235	18	2.18	3.74
	1.307	16	2.49	4.84
PF, PGFF, PGF, PFF, PTFPAF, PTFF, PAFF, TFEFEP, PFA, FEPB, PFAH	2.082	14	2.87	6.45
	3.307	12	3.35	8.84
	5.26	10	3.96	12.3



	8,367	8	5,23	21,5
	13,3	6	6,20	30,2
	21,15	4	7,42	43,3
	26,67	3	8,13	51,9
	33,62	2	8,94	62,8

Tabla 10-5 (continuación 3)
Dimensiones de los conductores aislados y cables de aparatos

Tipo	Tamaño nominal		Diámetro aproximado mm	Area aproximada mm ²
	mm ²	AWG		
TFEPFAPFAH Z	42,41	1	10,7	90,3
	53,48	1/0	11,7	108
	67,43	2/0	12,9	131
	85,01	3/0	14,2	159
	107,2	4/0	15,7	194
ZF, ZFF	0,8235	18	1,93	2,90
	1,307	16	2,24	3,94
Z, ZF, ZFF	2,082	14	2,62	5,35
	3,307	12	3,10	7,55
	5,26	10	3,96	12,3
	8,367	8	4,98	19,50
	13,3	6	5,94	27,7
	21,15	4	7,16	40,3
	26,67	3	8,38	55,2
	33,62	2	9,19	66,4
	42,41	1	10,21	81,9

	Tipos XHH, XHHW, XHHW-2, ZW			
XHH, ZW				
XHHW-2				
XHH	2,082	14	3,38	8,97
	3,307	12	3,86	11,68
	5,26	10	4,47	15,68
	8,367	8	5,99	28,19
	13,3	6	6,96	38,06
	21,15	4	8,18	52,52
	26,67	3	8,89	62,06
	33,62	2	9,70	73,94
XHHWXHHW-2XHH	42,41	1	11,23	98,97
	53,48	1/0	12,24	117,74
	67,43	2/0	13,41	141,29
	85,01	3/0	14,73	170,45
	107,2	4/0	16,21	206,26
	126,67	250	17,91	251,87

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

	152.01	300	19.30	292.64
	177.34	350	20.60	333.29
	202.68	400	21.79	373.03
	253.35	500	23.95	450.58
	304.02	600	26.75	561.87
	354.69	700	28.55	640.19
	380.03	750	29.41	679.48
	405.37	800	30.23	1362.71
	456.04	900	31.85	796.84

Tabla 10-5 (continuación 4)
Dimensiones de los conductores aislados y cables de aparatos

Tipos KF-1, KF-2, KFF-1, KFF-2, XHH, XHHW-2, ZW

Tipo	Tamaño nominal		Diámetro aproximado mm	Área aproximada mm ²
	mm ²	AWG		
XHHWXHHW-2XHH	506.71	1000	33.3	872.19
	633.39	1250	37.6	1108
	760.07	1500	40.7	1300
	886.74	1750	43.6	1492
	1013.42	2000	46.3	1682
KF-2KFF-2	0.8235	18	1.60	2.00
	1.307	16	1.91	2.84
	2.082	14	2.29	4.13
	3.307	12	2.77	6.00
KF-1KFF-1	5.26	10	3.38	8.97
	0.8235	18	1.45	1.68
	1.307	16	1.75	2.39
	2.082	14	2.13	3.55
	3.307	12	2.62	5.35
	5.26	10	3.23	8.19

TESIS CON
FRENTE ENGEN

TABLA 4

Tabla 10-4. Dimensiones de tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado y ligero y área disponible para los conductores (basado en la Tabla 10-1, Capítulo 10)

Tamaño nominal mm	Diámetro interior mm	Área interior total mm ²	Área disponible para conductores mm ²		
			Uno conductor fr = 53%	Dos conductores fr = 31%	Más de dos conductores fr = 40%
16 (1/2)	15.8	196	103	60	78
21 (3/4)	20.9	344	181	106	137
27 (1)	26.6	557	294	172	222
35 (1-1/4)	35.1	965	513	299	387
41 (1-1/2)	40.9	1313	697	407	526
53 (2)	52.5	2165	1149	671	867
63 (2-1/2)	62.7	3089	1638	956	1236
78 (3)	77.9	4761	2523	1476	1904
91 (3-1/2)	90.1	6379	3385	1977	2556
103 (4)	102.3	8213	4349	2456	3282
129 (5)	128.2	12907	6440	4001	5163
155 (6)	154.1	18639	9879	5778	7456

ENCERRADO CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 430 150 -Corriente a plena carga de motores trifásicos de corriente alterna

kW	(C. P.)	Motor de inducción de jaula de ardilla y rotor devanado			Motor síncrono, con factor de potencia unitario		
		(A)			(A)		
		220 V	440 V	2 400 V	220 V	440 V	2 400 V
0 373	(1/2)	2 1	1				
0 56	(3/4)	2 9	1 5				
0 746	-1	3 8	1 9				
1 119	-1 5	5 4	2 7				
1 49	-2	7 1	3 6				
2 23	-3	10	5				
3 73	-5	15 9	7 9				
5 6	-7 5	23	11				
7 46	-10	29	15				
11 19	-15	44	22				
14 92	-20	56	28				
18 65	-25	71	36		54	27	
22 38	-30	84	42		65	33	
29 84	-40	109	54		86	43	
37 3	-50	136	68		108	54	
44 76	-60	161	80	15	128	64	11
55 95	-75	201	100	19	161	81	14
74 6	-100	259	130	25	211	106	19
93 25	-125	326	163	30	264	132	24
119 9	-150	376	188	35		158	29
149 2	-200	502	251	47		210	38

Tabla 430 148 -Corriente a plena carga en amperes de motores monofásicos de corriente alterna

W	C P	127 V	220 V
124 33	37408	4	2 3
186 5	37347	5 3	3
248 66	37316	6 5	3 8
373	37288	8 9	5 1
559 5	37349	11 5	7 2
746	1	14	8 4
1119	1 8/16	18	10
1492	2	22	13
2238	3	31	18
3730	5	51	29
5595	7 8/16	72	42
7460	10	91	52

TABLE 5

Tabla 250-95. Sección transversal mínima de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos

Capacidad o ajuste del dispositivo automático de sobrecorriente ubicado antes del equipo, tubería, etc. No mayor en (amperes)	Sección transversal			
	Cobre		Aluminio	
	mm ²	AWG	mm ²	AWG

PA...

		KMC	KCM
15	2.082	14	3.307
20	3.307	12	5.26
30	5.26	10	8.367
40	5.26	10	8.367
60	5.26	10	8.367
100	8.367	8	13.3
200	13.3	6	21.15
300	21.15	4	33.62
400	27.67	3	42.41
500	33.62	2	53.48
600	42.41	1	67.43
800	53.48	1/0	85.01
1000	67.43	2/0	107.2
1200	85.01	3/0	126.7
1600	107.2	4/0	177.3
2000	126.7	250	202.7
2500	177.3	350	304
3000	202.7	400	304
4000	253.4	500	405.4
5000	354.7	700	612
6000	405.4	800	612

Nota Véanse las restricciones aplicables a las instalaciones, señaladas en Secc. 250-92.

Tabla 220-11. Factores de demanda para alimentadores de cargas de alumbrado

Tipo de local	Parte de la carga de alumbrado general al que se aplica el factor de demanda (VA)	Factor de demanda %
Unidades de vivienda	Primeros 3 000 ó menos	100
	Los siguientes hasta 120 000	35
	Exceso sobre 120 000	25
Hospitales	Primeros 50 000 ó menos Exceso sobre 50 000 20(ne)	40
Hoteles y moteles incluyendo los de apartamentos sin	Primeros 20 000 ó menos	50
	Los siguientes hasta 100 000	40
	Exceso sobre 100 000	30

TESTEADO
FALLA DE ORIGEN

- SESCO -	ESPECIFICACION TECNICA	MOD. ES-232-277
	DESCRIPCION: GABINETE DE SOBREPONER DIRECCIONAL USO: EN INTERIORES Y EXTERIORES	
		

CARACTERISTICAS: LUMINARIO AHORRADOR DE ENERGIA PARA SOBREPONER EN TECHO O MURO, EQUIPADO CON BALASTRO PARA 2X32 W Y 277V CON LAMPARAS T-8 DE 32W Y VIDRIO DIFUSOR.	APLICACION: LUMINARIO APLICABLE EN INTERIORES Y EXTERIORES EXCELENTE PARA LUGARES OSCUROS DONDE SE REQUIERA DIRECCIONAR CAMINOS.
---	--

DIMENSIONES	LARGO TOTAL 122 CM ANCHO 15 CMS ALTO 15 CMS
CONSTRUCCION	FUNDICION DE ALUMINIO
TORNILLERIA	DE ACERO INOXIDABLE
BALASTRO	ELECTRONICO DE 2X32 W A 277V
DIFUSOR	ACRILICO O VIDRIO
ACABADO	POLICARBONATO AUTO EXTINGUIBLE
LAMPARA	T-8 2X32 W , 4600 K

FALLA DE FABRICA

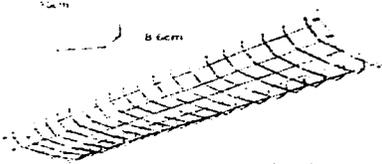
previsión para que los inquilinos cocinen		
Almacen	Primeros 12 500 o menos	100
	Exceso sobre 12 500	50
Todos los demas	VA totales	100

* Los factores de demanda de esta tabla no se aplican a la carga calculada de los alimentadores de las áreas de hospitales, hoteles y moteles donde todo el alumbrado pueda estar utilizado al mismo tiempo, como sucede en salas de operaciones salas de baile y comedores.

Tabla 220-13 Factor de demanda para contactos no domésticos

Parte de la carga de contacto a que se le aplica el factor de demanda (kVA)	Factor de demanda %
Primeros 10 kVA o menos	100
Exceso sobre 10 kVA	50

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- SESCO -	ESPECIFICACION TECNICA	MOD.GR 2X32 127E
	DESCRIPCION: GABINETE TIPO INDUSTRIAL	
	USO: ILUMINACION GENERAL	
		

CARACTERISTICAS: LUMINARIO TIPO GABINETE DE ILUMINACION INDUSTRIAL PARA 2 LAMPARAS T-8 32W CON REJILLA ANTIBANDALICA CON BALASTRO ELECTRONICO A 127V	APLICACION: LUMINARIO PARA PROPORCIONAR LUZ GENERAL EN AREAS DE TRABAJO Y BODEGAS
--	---

DIMENSIONES	L. 122 CM, A. 30 CM, H. 8.6 CM
CONSTRUCCION	INTEGRAL EN FUNDICION DE ALUMINIO
TORNILLERIA	DE ACERO INOXIDABLE
BALASTRO	A 127V ELECTRONICO
REJILLA	DE ALUMINIO
ACABADO	EN PINTURA ELECTROSTATICA HORNEADA
LAMPARA	T-8 32 W

FALLA DE ORIGEN

- SESCO -	ESPECIFICACION TECNICA	MOD.GASMA 2X32
	DESCRIPCION: GABINETE DE 60M X 60M	
	USO: ILUMINACION GENERAL	
<p style="text-align: center;">GASMA 2X32 60X60-277 EL</p> 		

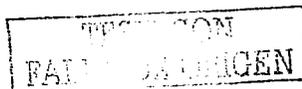
CARACTERISTICAS: LUMINARIO DE SOBREPONER PARA 2 LAMPARAS TB-32W Y MARCO ABATIBLE PARA FACILITAR EL MANTENIMIENTO	APLICACION: ESCUELAS, EDIFICIOS, <i>OFICINAS</i> , CASAS, ESTACIONAMIENTOS
---	--

DIMENSIONES	60 CM X 60 CM X 14 CM
CONSTRUCCION	INTEGRAL EN FUNDICION DE ALUMINIO
TORNILLERIA	DE ACERO INOXIDABLE
REGISTRO	DE ALUMINIO
MARCO ABATIBLE	CON VIDRIO O ACRILICO K23
ACABADO	EN PINTURA ELECTROSTATICA HORNEADA
LAMPARA	4 TB- 32W OPERADOS CON BALASTRO ELECTRONICO A 277V

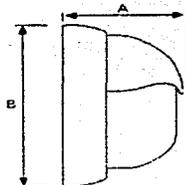
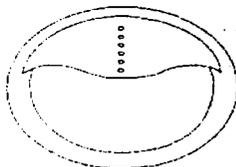
FALLA DE ORIGEN

- SESCO -	ESPECIFICACION TECNICA	MOD.GAEMA 2X32
	DESCRIPCION: GABINETE DE 60M X 60M	
	USO: ILUMINACION GENERAL	
<p>GAEMA 2X32 60X60-277 EL</p> 		
CARACTERISTICAS: LUMINARIO DE EMPOTRAR PARA 2 LAMPARAS T8-32W Y MARCO ABATIBLE PARA FACILITAR EL MANTENIMIENTO	APLICACION: ESCUELAS, EDIFICIOS, OFICINAS, CASAS, ESTACIONAMIENTOS	

DIMENSIONES	60 CM X 60 CM X 14 CM
CONSTRUCCION	INTEGRAL EN FUNDICION DE ALUMINIO
TORNILLERIA	DE ACERO INOXIDABLE
REGISTRO	DE ALUMINIO
MARCO ABATIBLE	CON VIDRIO O ACRILICO K23
ACABADO	EN PINTURA ELECTROSTATICA HORNEADA
LAMPARA	T8- 32W OPERADOS CON BALASTRO ELECTRONICO A 277V

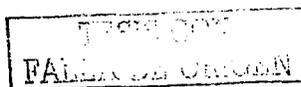


BJC ILUMINACION	ESPECIFICACION TECNICA	MOD. F-520-FPL
	DESCRIPCION: LUMINARIO TIPO ARBOTANTE	
	USO: INTERIORES Y EXTERIORES	



CARACTERISTICAS: Luminario TIPO ARBOTANTE PARA 2 LAMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS, CON GRADO DE PROTECCION IP44	APLICACION: LUGARES DONDE NO SE PUE DAN EMPOTRAR LUMINARIOS
---	--

CUERPO:	BASE Y PROTECTOR EN MATERIAL TERMO PLASTICO
ACABADO:	Pintura electrostática base poliester color blanca plata
PROTECCION	IP 44 CLASE I
MEDIDAS	A= 136 MM B= 272 MM
HERRAJES:	En aluminio con acabado natural
DIFUSOR:	De vidrio opal matizado
LAMPARA:	TC9
PESO	1.840 KG
LA COLOCACION DEL DIFUSOR	
CABLEADO:	CON ENTRADA DE CABLE ELASTICA HASTA 15 MM DIAM
BALASTRO	ELECTRONICO A 127V



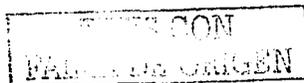
184

-SESCO -	ESPECIFICACION TECNICA	MOD. YD-411/B
	DESCRIPCION: LUMINARIO DE EMPOTRAR A BAJO VOLTAJE	
	USO: INTERIORES COMO LUZ DE ACENTO	



CARACTERISTICAS: Luminario para iluminación de acento equipado con transformador de bajo voltaje y una lámpara MR16 de 50w	APLICACION: Apropiado para interiores donde se requiera acentuar iluminación como museos, cuadros, lavabos, migotonos, etc
--	--

CUERPO:	Fabricado en fundición de aluminio
ACABADO:	Pintura electrostática base poliéster color blanca
HERRAJES:	En aluminio con acabado natural
DIFUSOR:	conico circular en color negro mate
LAMPARA:	MR16 de 50W.
	- Temperatura de color: 3,000°K
	- Flujo luminoso: 1,250 Cd.
TRANSFORMADOR	DE 127V A BAJO VOLTAJE 70V
CABLEADO:	Cable TW cal. 18 y tierra física.



-SESCO -	ESPECIFICACION TECNICA	MOD. YD-226/B
	DESCRIPCION:	CAMPANA PARABOLICA FL DE 2 X 13W
	USO:	EMPOTRABLE DE SERVICIO INTERIOR



CARACTERISTICAS: Luminario para iluminación general, provisto de reflector parabólico de excelente control y distribución de flujo, alta eficiencia lumínica y bajo nivel de deslumbramiento	APLICACION: Apropiado para construcciones modernas como: comercios, hospitales, escuelas, <i>oficinas</i> , etc. Donde se requiera un aspecto decorativo y funcional.
--	---

CUERPO:	Fabricado en lámina de aluminio cal.20 tipo 1200-H0
ACABADO:	Ceja y reflector en pintura electrostática base poliéster color blanco.
HERRAJES:	Galvanizados (tropicalizado opcional)
DIFUSOR:	Acrílico difuso de 4.0 mm. Espesor Con separación decorativa
LAMPARA:	(2) Fluorescente sencilla de 13W. - Temperatura de color: 2700/4100°K - Flujo luminoso: 800 Lm. - Casquillo: GX-23 - Promedio de vida: 10,000 hrs.
BALASTRO:	(2) Inductivo A.F.P. De 13W/12V.
CABLEADO:	Cable TW cal. 18 y tierra física.

CAJA DE CONEXIONES:

Chasis portabalastro interconectado al luminario con tubo flexible de 1/8" diam.	
CUERPO:	Fabricado en lámina de acero rolada en frío cal.20 tipo SAE-1010 con peralte 5cms
ACABADO:	Galvanizado (Tropicalizado opcional)



BIBLIOGRAFÍA

SOLUCIONES PRACTICAS PARA PUESTA A TIERRA DE SISTEMAS ELÉCTRICOS DE DISTRIBUCIÓN.

AUTOR: PABLO DÍAZ.
ED. Mc GRAW HILL

MANUAL ELÉCTRICO
CONELEC S.A. de C.V.
3ª EDICIÓN.

NORMAS DE PROYECTO DE INGENIERÍA
INSTALACIONES ELÉCTRICAS
IMSS
UNIDAD DE PROYECTOS

MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE INGENIERÍA DE DISEÑO
PEMEX
SUBDIRECCIÓN DE PROYECTOS Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS
GERENCIA DE INGENIERÍA DE PROYECTOS.

MANUAL DE ALUMBRADO
AUTOR: WESTINGHOUSE
ED. DOSSAT.

CATALOGO DE ALUMBRADO ILINSA

ALUMBRADO URBANO
AUTOR: EMILIO CARRANZA
ED. DIANA

MANUEL TÉCNICO DE CABLES CONDUMEX
CATALOGO CONDUMEX DE CABLES PARA LA CONSTRUCCIÓN Y BAJA
TENSIÓN

PLANTAS ELÉCTRICAS
AUTOR: RAÚL GONZALEZ APAOLAZA
ED. TRILLAS

CATALOGO DE FABRICANTE PLANTAS DE EMERGENCIA
SELMEC.

CATALOGO DE FABRICANTE DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS
SIEMENS

CATALOGO DE FABRICANTE DE TRASFORMADORES
DEEMSA

NORMAS TÉCNICAS PARA LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS NOM-001 SEMP
1999.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN