



## INSTALACIONES ELÉCTRICAS INDUSTRIALES

### COMPETENCIA GENERAL

COMPETENCIA GENERAL Realiza Instalaciones Eléctricas Industriales de acuerdo a las consideraciones técnicas normativas vigentes de diseño y ejecución, utilizando el equipo y herramientas adecuadas.

#### COMPETENCIAS

#### PARTICULARES

**Competencia particular 1** **Proyecta la ejecución de una Instalación Eléctrica Industrial con base a la normatividad.**

RAP 1: Desarrolla el proyecto de los sistemas de alumbrado y fuerza de una instalación eléctrica industrial, de acuerdo con sus requerimientos.

RAP 2: Verifica el funcionamiento de las instalaciones eléctricas industriales, aplicando las pruebas correspondientes al plan de aseguramiento de calidad y especificaciones.

RAP 3: Instala los componentes de las subestaciones eléctricas de acuerdo a las condiciones de operación requeridas.

**Competencia particular 2** **Instala los Controladores en los Sistemas Eléctricos Industriales conforme a los lineamientos establecidos.**

RAP 1: Selecciona los tipos de control y su aplicación de acuerdo con las condiciones de operación del sistema o equipo a controlar.

RAP 2: Determina la ubicación de los Centro de Control de Motores a partir de sus características y parámetros de funcionamiento.

**UNIDAD 1 DEL PROGRAMA**

**Competencia particular 1 Proyecta la ejecución de una Instalación Eléctrica Industrial con base a la normatividad.**

RAP 1: Desarrolla el proyecto de los sistemas de alumbrado y fuerza de una instalación eléctrica industrial, de acuerdo con sus requerimientos.

RAP 2: Verifica el funcionamiento de las instalaciones eléctricas industriales, aplicando las pruebas correspondientes al plan de aseguramiento de calidad y especificaciones.

RAP 3: Instala los componentes de las subestaciones eléctricas de acuerdo a las condiciones de operación requeridas.

**COSTO.**

El Ingeniero en instalaciones tiene como responsabilidad la:

Planeación          Proyecto  
Ejecución            Construcción

Conservación      Mantenimiento

1. Instalación:

Definición: Instalación es el conjunto de elementos, aparatos, conducciones y accesorios para proporcionar un servicio de un fluido con eficiencia y seguridad.

Fluido = Agua, electricidad, gas, aire, vapor, etc.

El fluido proporciona el gobierno a través de la delegación (o municipio) o compañías descentralizadas (LyF, CFE, TELMEX, etc.). A veces son propias de las fábricas, aire vapor y otras.

Se requiere infraestructura para el suministro del fluido –todos los medios de comunicación- carreteras, líneas de transmisión, líneas telefónicas, drenaje gaseoducto, etc.

2. Una estimación de la distribución de costos de inversión en diferentes tipos de construcción:

DISTRIBUCION DE COSTOS DE INVERSION EN %				
CONSTRUCCION	OBRA CIVIL NEGRA-ACABADOS		INSTALACIONES	MAQUINARIA EQUIPOS
Fabricas	30	10	30	30
Comerciales	30	40	20	10
Oficinas-Escuelas	35	45	15	5
Viviendas	40	50	8	2

### 3. Características de una instalación

- 1.- Economía.- Costo inicial, costo de operación, mano de obra, equipo y materiales.
- 2.- Vida útil.- Deterioro, obsolescencia y desgaste-
- 3.- Eficiencia.- Ahorro de energía.
- 4.- Mantenimiento.- Inspección, servicio, reparación, remplazo, modificación.
- 5.- Seguridad.- Normas, recomendaciones, restricciones.
- 6.- Confiabilidad.- Continuidad del servicio.
- 7.- Respaldo.- Servicio, refacciones.
- 8.- Adaptabilidad.- Compatibilidad, apariencia.
- 9.- Flexibilidad.- Ampliación, incrementos.
- 10.- Simplicidad.- Sencillez.

### 4. Elementos de una instalación.

- 1.- Suministro o acometida
- 2.- Seccionamiento y control
- 3.- Protección
- 4.- Inspección
- 5.- Almacenamiento
- 6.- Regulación
- 7.- Distribución derivados
- 8.- Conducción
- 9.- Conexión

### 5. Realización de un proyecto

- 1.- Estudio de factibilidad.- Localización de la obra, análisis económico, mercadeo, etc.
- 2.- Anteproyecto.- Bosquejo, procesos, normas, infraestructura, reglamentos, etc.

### 6. Integración de un proyecto

- 1.- Memoria descriptiva.- Resumen de bases, criterios, limitaciones, normas, impacto ambiental.
- 2.- Memoria de calculo.- Hojas de trabajo durante el desarrollo del proyecto.
- 3.- Cantidades de obra.- Cuantificación de los conceptos de obra; materiales equipo e instalaciones.
- 4.- Presupuesto.- Estimación de los costos y reglas de pago.
- 5.- Especificaciones.- Son las características de construcción y operación de los equipos y material.
- 6.- Planos.- Presentación grafica resultante de los cálculos y criterios aplicados durante el diseño; base para la construcción y distribución del montaje.
- 7.- Mantenimiento

## 7. Mantenimiento

- 1.- Correctivo
- 2.- Preventivo
- 3.- Predictivo

## 8. Secuencia para la realización de una instalación.

- 1.- Requerimientos.- Legales, económicos, infraestructura.
- 2.- Recopilación de información.- Planeación, características de obra, suministros, catálogos, normas, etc.
- 3.- Análisis de un sistema.- Áreas riesgosas, fallas, protecciones, etc.
- 4.- Operación.- Capacitación de operadores, instrucciones.
- 5.- Proyecto.- Planos y memoria de cálculo.
- 6.- Cotizaciones.- Concursos y precios.
- 7.- Evaluación de propuestas.- adjudicación, adelanto.
- 8.- Análisis de obra.- Materiales, tiempo de entrega, mano de obra, utilidad, etc.
- 9.- Ejecución de la obra.- Supervisión, calendario
- 10.- Pruebas y garantías.- Persona responsable
- 11.- Operación y mantenimiento.- En caso de falla acudir a:

## 9. Normas.-

- 1.- Pirámide de normas
- 2.- Certificación
- 3.- Leyes y reglamentos

Normas= Máxima ley.

## 3. INSTALACIONES ELECTRICAS BAJA TENSION

3.1. Instalación eléctrica es el conjunto de elementos, conductores, equipos y accesorios que se encuentran interconectados a una o varias fuentes de suministro, con las tomas o salidas de energía eléctrica. La instalación eléctrica proporciona un servicio a través del fluido eléctrico.

### 3.2. Normas y Leyes

En México, las instalaciones eléctricas deben ser realizadas conforme a las recomendaciones de las Normas Técnicas de Instalaciones Eléctricas (Sede 1999).

La Ley de la Industria Eléctrica rige la comercialización y otros asuntos relacionados del uso de la energía eléctrica.

### 3.3. Las NTIE salvaguardan a las personas y sus intereses de los riesgos que origina el uso de la electricidad.

La autoridad competente es la Secretaría de Energía a través de la Dirección General de Electricidad con personal Ingenieros, a los que autoriza a realizar los proyectos, ejecución y mantenimiento de obras eléctricas, a los que otorga un permiso y se llaman "Unidad de Verificación" UV.

Las características de las NTIE es que contiene requisitos mínimos de observancia obligatoria. Recomendaciones convenientes y adecuadas para el uso eficiente de la energía =No es un manual de especificaciones para proyectos= Su falta de observancia es motivo de sanción.

Todo equipo y/o instalación deberá llevar la aprobación a través de la SE DGE y el perito UV.

3.4. Un sistema eléctrico es el arreglo general de la instalación eléctrica que tiene "Lógica" en su diseño, funcionamiento y mantenimiento. (Tener lógica= estar bien pensada)

Se diseña haciendo un dibujo de planta, del área que se desea hacer la instalación, llevando paso a paso la energía eléctrica desde la conexión del servicio (acometida) hasta el último elemento de consumo.

3.5. Acometida.- Es el punto de alimentación del servicio de energía eléctrica que proporciona LyF o CFE, puede ser en 220 Volts-trifásico o 127 Volts-monofásico. Para casas habitación el servicio es monofásico a 127 Volts (fase y neutro).

La acometida puede ser aérea o subterránea y llega directamente al interruptor principal de seguridad (switch) que debe quedar lo más cerca posible de la acometida, como máximo hasta 5 metros del parámetro de banqueta.

Del interruptor principal, switch, se lleva la energía hasta el centro de carga, para de ahí distribuirla, a través de los circuitos derivados. Con esto la instalación es más económica.

El Switch podrá interrumpir la energía en su totalidad a través de las cuchillas fusibles.

3.5.1. El medidor o medidores son propiedad de la compañía suministradora, son aprueba de exterior (también a prueba de fraude).

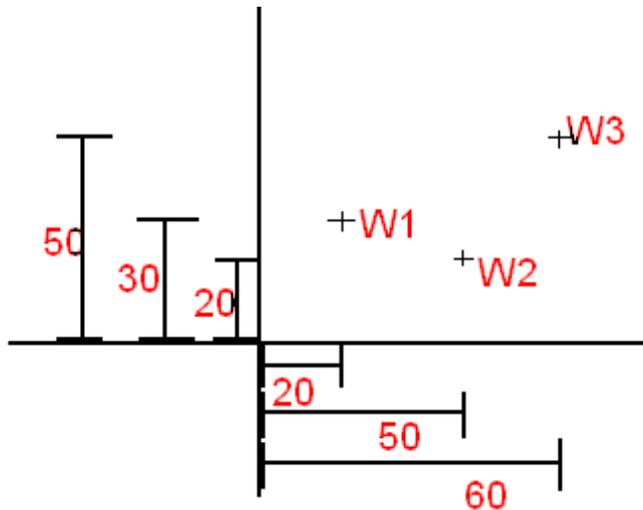
Para determinar el tamaño del medidor y el cable de acometida (coaxial), se toma como base la potencia que se va a suministrar que es la carga manifestada indicada en Watts.

3.5.2. Clasificación de cargas.- Para cargas de 0 a 3 000 Watts, se pone un solo medidor monofásico, con alimentación de 127 Volts, o bien con consumos de corriente de mas de 3 Amperes hasta 24 Amp = Sistema monofásico, fase y neutro.

La alimentación trifásica se da a todo aquel que la solicite, siempre y cuando su carga este justificada. Lo más común es que se pongan tres medidores, uno para cada fase, la carga puede ser en promedio 12 KW en baja tensión. Hay otras cargas trifásicas en B.T. que CFE o LyF las manejan como "cuentas especiales" y son para residencias, comercios o industrias, en promedio tienen 25 KW.

3.6. Carga.- Suma de las potencias de todos los aparatos, motores, lámparas, focos, contactos y equipos; s expresa en Watts o Kilowatts. Es conveniente considerar un factor de crecimiento en la carga para casas-habitación del 20% a criterio del diseñador (que puede crecer).

3.6.1. Centro de carga.- Es el lugar físico, donde se supone esta concentrada toda la carga, similar al centro de gravedad. Es el Lugar ideal para poner un centro de control de motores o un tablero de distribución.



La acometida esta en origen =  
 $W1 = 3000 \text{ W}$   
 $W2 = 4000 \text{ W}$   
 $W3 = 5000 \text{ W}$

$P_{cc} = (46.67, 35)$

En casas-habitación y departamentos de interés social, el centro de carga generalmente recae en la cocina, se instala un tablero de servicio para distribuir los circuitos derivados a los lugares donde se requiera y así separar los circuitos.

3.6.2. El tablero contiene los interruptores termo magnéticos (pastillas) que son dispositivos de protección que cortan (o bien) automáticamente la energía de cualquier circuito que este sobrecargado o en corto circuito.

Si la falla se corrige los interruptores termo magnéticos se pueden restablecer después de un disparo, pero si la falla persiste, se vuelven a disparar no entra.

3.7. Los fusibles que también son elementos de protección responden más rápido a la falla, si esta es súbita (corto-circuito). Pero solamente una vez funcionan ya que el elemento fusible se funde por sobre carga obligando a corregir la falla y reemplazar el fusible para restablecer la energía.



Switch



Termo magnético



Fusible y listón

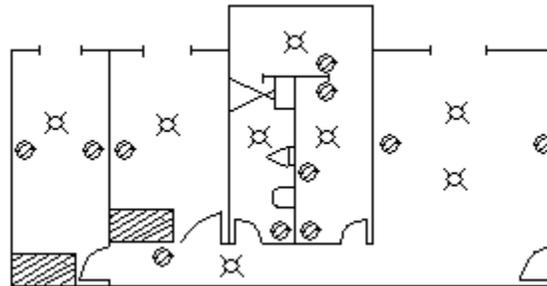
3.7.1. El tablero y switch de fusibles deben ser dimensionados por calculo de corrientes para satisfacer los servicios requeridos = demanda. La demanda es la parte de la carga que se usa simultáneamente y siempre es menor que la carga y debe indicarse en los planos junto con la memoria de cálculo.

El tablero se especifica por la demanda de corriente y el número de polos, salidas de circuitos. P. ej.: 1P-15A, 1P-50A, 3P-100A, etc. Los polos indican cuantos circuitos se pueden manejar, o controlar. El tablero que se seleccione conviene que tenga polos extras, de manera que se pueda disponer de circuitos adicionales.

3.8. Circuitos derivados.- Un circuito derivado es el que se encuentra desde el ultimo dispositivo de protección hasta la toma de cargas que alimenta, puede ser individual, cuando alimenta una sola carga o multifilar.

Los circuitos derivados para alumbrado y contactos se dimensionan de acuerdo con el artículo 204 de las NTIE.

Los circuitos derivados pueden tener una variedad de capacidades, de acuerdo con la corriente que alimentan. En casas-habitación conviene que sean de 15 Amperes y como máximo 50 Amperes, monofásicos. Ejemplo:



Definir la carga instalada para un departamento de interés social de 64m2 con los siguientes datos:

2 recamaras  
Sala comedor  
Cocina

Solución NTIE Carga.  
8 salidas para focos de 125W=1000W  
16 contactos dúplex de 180W=1980W

Baño  
 Patio de servicio  
 Áreas comunes

1 salida exterior 125 W

Total 3105 W

Real:

8 salidas	800W	
11 contactos	2200W	_____
1 salida ext.	100W	
Total	3100W	

$$I_c = I \times FD = 24.41 \times 0.6 = 14.46 \text{ Amp (220-32)}$$

3.9. Switch.- Es el interruptor de seguridad tipo navajas en combinación con fusibles, en su forma mas común es el tipo palanca, que tiene un pequeño brazo que sirve como palanca y que se acciona hacia arriba y hacia abajo.

Los fusibles son los elementos que tienen una cinta metálica calibrada para dejar pasar una corriente conocida. Si se sobrepasa de este calor, la cinta se funde, abriendo el circuito y separando la falla. Para entender mejor el manejo de fusibles utilizaremos ejemplos:

1. Una instalación eléctrica consume 50 Amperes nominales y se requiere calcular un fusible de plomo que dispare cuando se duplique la corriente.

Solución.-

Calculando la corriente de fusión

$$I_f = 2 I_n = 2 \times 50^a = 100 \text{ Amp de falla}$$

El diámetro del listón fusible esta dado por:

d= Diámetro del listón fusible

m= coeficiente constante de trabajo del material de la cinta fusible en

I<sub>f</sub>= Corriente de fusión en Amperes.

Entonces m para el plomo es 0.25

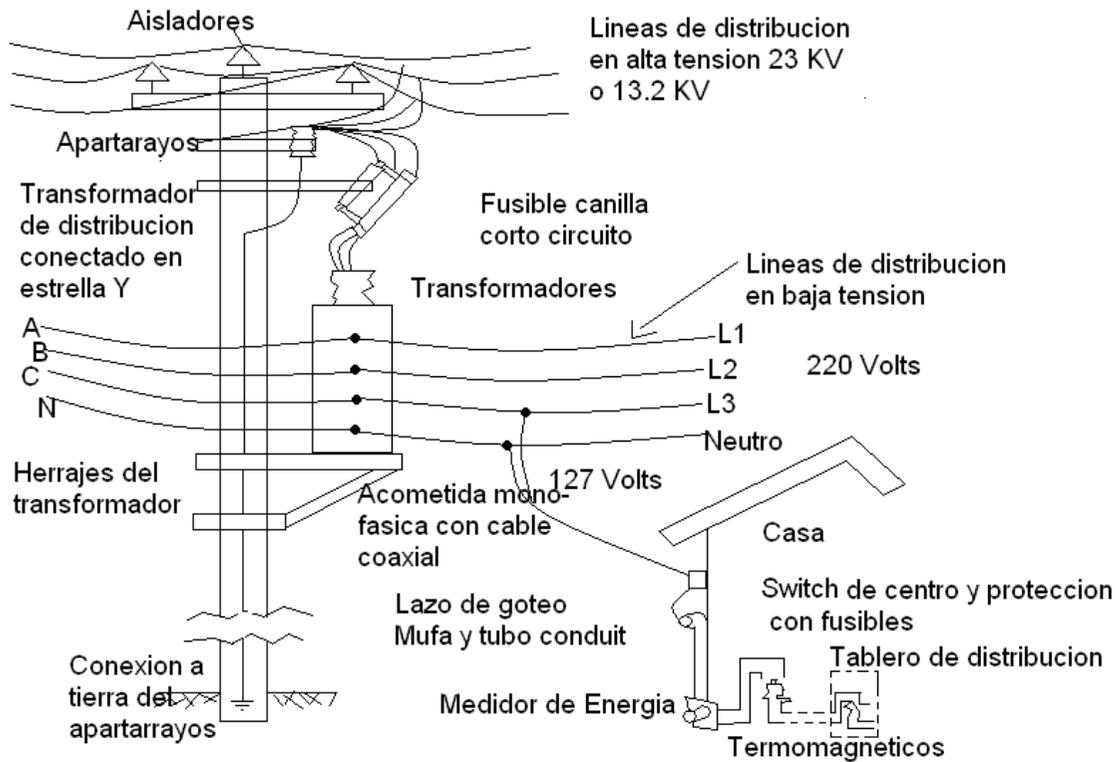
En la cintura del fusible.

2. Un fusible tenia 2 mm de diámetro de cobre, se fundió en un circuito de 100 Amp de carga en corriente. Hallar la corriente de fusión. El coeficiente de trabajo del cobre es m= 0.058

$$\frac{2}{0.058} = 202.5 \text{ Amp para fundirse}$$

3.10. Contactos.- También se les conoce como toma corriente o receptáculo para conectar clavijas de aparatos y lámparas. Cada cuarto debe tener cuando menos uno, su localización va de acuerdo al diseño. Se instalan a 0.40 m sobre el nivel del piso u otra altura determinada por su aplicación, su carga, según las NTIE, es de 180W.

Los receptáculos deben ser dúplex y para fines prácticos considerar 200 W. Aménos que se especifique otra aplicación. A prueba de agua, con seguro, a prueba de explosión, etc. (220-3).



3.11. Salidas para alumbrados.- Son las salidas para foco o salidas que conectan a las luminarias que son el conjunto del foco con su envoltente, balastro y accesorios. El tamaño, tipo y localización se debe coordinar con el cliente, buscando la funcionalidad y de acuerdo al estilo de casa. Se consideran 125W por salida de acuerdo a las NTIE. En la actualidad se deben usar focos y luminarias ahorradoras de energía o fluorescentes, por lo tanto para fines precitos se consideran las salidas de 100W c/u. los focos incandescentes se pondrán solo en caso necesario.

3.12. Apagadores.- Se usan para controlar las lámparas y otros aparatos comunes, los encienden y los apagan. Se colocan a 1.20 m sobre el nivel del piso y a unos 30 cm de la puerta de entrada al cuarto.

Las escalera y algunos cuartos requieren dos apagadores de tres vías, o de escalera, par controlar las lámparas desde dos puntos y en aplicaciones especiales se usan apagadores de cuatro vías, para el control desde 3 o mas puntos.

En la actualidad es necesario controlar la intensidad luminosa de las lámparas tanto incandescentes como fluorescentes, con una fotocelda o un control de corriente "Dimmer", también hay controlador electrónico de corte de onda.

3.13. Conductores.- Se usan para transportar y llevar la electricidad de un lugar a otro. Generalmente son de cobre y algunas veces de aluminio, llevan una cubierta que constituye el aislamiento este le da características especiales de comportamiento.

Los diferentes tipos de aislamiento que llevan los conductores se refieren al forro usado. P. ej.: conductor #12 THW-75°C tiene un aislamiento T= termoplástico H= resistente al calor y la W= resistente a la humedad o al agua; con una temperatura máxima de operación de 75°C.

Se pueden usar en lugares secos y húmedos, generalmente se protegen en canalizaciones de tubos conduit, de plástica o metálicos; charolas y ductos. La designación LS, Low Smoke, quiere decir retardador de flama.

La clasificación de los conductores es:

Alambres.- Son unipolares de un solo hilo macizo, se usa en calibres delgados, menor al #12.

Cables.- Tienen varios hilos, como mínimo 1, semiduros, los hilos van trenzados tipo B.

Cordones.- Tienen muchos conductores, lo que permite que sean flexibles, los hilos son de cobre suave. P ej.: el cordón de la plancha.

El tamaño de los conductores se refiere al espesor y se expresa en milímetros cuadrados norma IEC Europea, o también con la norma de Estados Unidos AWG (American Wire Gauge) y también en KCM= miles de "Circular Mills" (milésimos de pulgada de diámetro).

Todos los conductores usados en baja tensión deben ser aislados.

3.13.1. Selección del calibre del conductor.- De acuerdo con los cálculos, los conductores se seleccionan por:

1.- Conducción de corriente, ampicidad.

2.- Pérdida de voltaje por distancia= caída de tensión.

Estos dos elementos de análisis se consideran por separado para la selección del conductor se debe tomar como bueno el que resulte mejor, protegiendo la condición más desfavorable.

3.13.2. Cálculo de conductores por conducción de corriente.- A este valor se le llama Ampicidad y se encuentra limitado por dos factores.

1.- Conductividad del material conductor

2.- Capacidad térmica del aislamiento

Por conductividad se han elaborado tablas que dan resistencia y la impedancia de los conductores de cobre y aluminio. Estos factores son muy importantes para determinar las pérdidas de potencia de acuerdo con las formulas.

Pot= EI

—

Donde: Pot=Potencia en Watts

E= Voltaje en volts

I=Corriente en Amperes

R=Resistencia en Ohms.

## CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE EN AMPERES EN CONDUCTORES DE COBRE AISLADOS. TABLA 310-16

TAMAÑO EN AWG Kc.mill	TIPOS TW, TWD CCE 60°	TIPOS RWD, THW, THW-LS, THHW 75°	TIPOS RHH, RHW THHN THW-2 THHW-LS 90°	TAMAÑO EN AREA DEL COBRE EN mm <sup>2</sup>	DIAMETRO DEL CONDUCTOR mm	DIAMETRO EXTERIOR CON AISLAMIENTO mm	PESO POR CADA 100m Kg	RESISTENCIA EN OHMS a 20°C	IMPEDANCIA Z EN OHMS/ FP= 0.85	AL AIRE CON VENTILACION 310-17 THW-LS
14	20	20	25	2.082	1.8	3.3	2.9	10.17	8.858	30
12	25	25	30	3.307	2.3	3.8	4.2	6.562	5.577	35
10	30	35	40	5.260	2.9	4.3	6.2	3.937	3.609	50
8	40	50	55	8.367	3.6	5.8	10.4	2.559	2.296	70
6	55	65	75	13.30	4.6	7.6	16.8	1.608	1.476	95
4	70	85	95	21.15	5.8	8.9	25.0	1.017	0.951	125
2	95	115	130	33.62	7.3	10.2	37.8	0.656	0.656	170
1/0	125	150	170	53.48	9.2	13.2	61.0	0.394	0.426	230
2/0	145	175	195	67.43	10.3	14.5	75.0	0.328	0.361	265
3/0	165	200	225	85.01	11.6	15.7	93.0	0.261	0.308	310
4/0	195	230	260	107.20	13.0	17.0	115.0	0.207	0.262	360
250	215	255	290	126.67	14.2	19.1	138.0	0.177	0.239	405
300	240	285	320	152.01	15.5	20.3	163.0	0.148	0.213	445
400	280	335	380	202.68	17.9	22.9	214.0	0.115	0.184	545
500	320	380	430	253.35	20.0	25.1	264.0	0.095	0.164	620

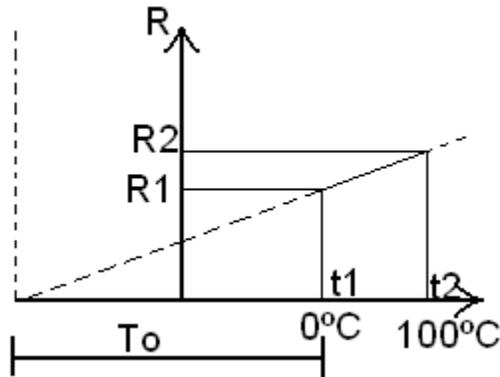
### FACTORES DE CORRECCION POR TEMPERATURA ≠ 30°C

MULTIPLICAR LA ANTERIOR AMPICIDAD POR EL CORRESPONDIENTE FACTOR

TEMPERATURA AMBIENTE EN °C			
31-35	0.91	0.94	0.96
36-40	0.82	0.88	0.91
41-45	0.71	0.82	0.87
46-50	0.58	0.75	0.82
51-55	0.41	0.67	0.76

FACTORES DE CORRECCION POR AGRUPAMIENTO DE CABLES EN TUBERIA CONDUIT	
4 a 6	0.80
7 a 24	0.70
25 a 42	0.60
43 o mas	0.50

Se sabe que la resistencia varía con la temperatura por lo que conviene corregir los valores, cuando sea necesario, en los conductores, de acuerdo con la temperatura. Es muy importante limitar la temperatura de trabajo del conductor, para que esta temperatura no perjudique el aislamiento del conductor. La variación de la resistencia en los conductores esta en relación a:



$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{T_0 + t_2}{T_0 + t_1}$$

$T_0 = 234.5^\circ$  para el cobre

Ejemplo.- Un conductor de cobre tiene una resistencia de  $12.7 \Omega$  a  $18^\circ \text{C}$  ¿Cuál será su resistencia a  $50 \Omega$ ?

$$\frac{R_{50}}{12.7} = \frac{234.5 + 50}{234.5 + 18}; R_{50} = 14.3 \Omega$$

La potencia que transportan los conductores, parte de ella se consume como perdidas por calor en , esto influye en el aislamiento del conductor, factor que determina la temperatura de operación del conductor. Por lo que es muy importante limitar la temperatura de trabajo de los conductores, es decir, siempre se debe trabajar al conductor debajo de la temperatura de fusión del aislamiento. La resistencia de un conductor es mayor cuando circula una corriente alterna que cuando circula corriente directa.

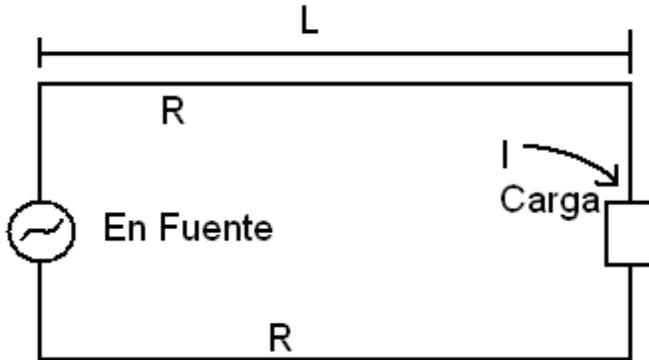
Otro factor que afecta la conducción de corriente en el conductor, es que los conductores están alojados en una canalización en donde además están otros conductores. P ej.: En un tubo conduit, la corriente que lleva cada conductor genera campos magnéticos que pueden hacer que su influencia en los demás conductores, disminuya su capacidad de conducción de corriente por inducción mutua y también el propio conductor genera su campo magnético y hace que se presente una contra corriente que disminuye la propia autoinducción. (Ley de Lenz). Por lo que estos factores son de tomarse en cuenta y para esto se requiere conocer su impedancia Z.

Por lo que es mas conveniente calcular las perdidas de voltaje por distancia; la distancia que aumente la resistencia, a este calculo se le llama "Caída de tensión" del conductor

3.13.3. Calculo del conductor por perdida de voltaje por distancia. Es necesario que la caída de tensión en el conductor no exceda los valores establecidos por las Normas Técnicas de Instalaciones Eléctricas.

Alumbrado = 3% Fuerza= 4% (110.4)

Para asegurar que estos valores están dentro de Norma, es necesario calcular en los circuitos derivados. La caída de tensión no deberá exceder un 5% desde el suministro hasta el lugar más lejano de aplicación. (210-19)



$$P = EI \cos \theta; \text{ FP} = \cos \theta$$

$$R = P \frac{L}{A} \quad P \text{ en } \Omega/\text{mm}^2/\text{m}$$

$$P = 0.01724 \text{ para el cobre}$$

$$\cong 1/58 \quad \text{se aproxima a } 1/50$$

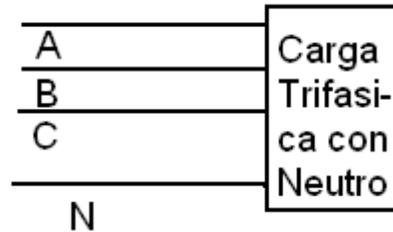
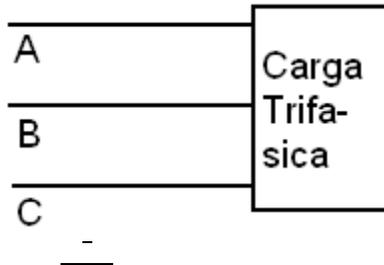
$$2 (L/50A) I = LI/25^a \quad \text{Pero } R = \text{se toma doble por ser de ida y retorno}$$

— Para sistema monofásico

Si utilizamos la impedancia del conductor Z

— En esta ecuación L se debe tomar en múltiplos de kilo

Para un sistema trifásico tenemos:



$$P = \sqrt{3} EI \cos \theta \quad \text{Para sistemas trifásicos a 3 o 4 hilos}$$

Si utilizamos la impedancia del conductor Z

— En esta ecuación L se debe tomar en múltiplos de kilometro

Ejemplo.- Calcular la caída de tensión en un circuito derivado que alimenta un motor de 2 HP monofásico a 127 volts. Con una eficiencia del 60 que tiene una longitud del conductor desde el punto de alimentación al motor de 30 metros, el cable es de cobre con aislamiento TW

Solución.-

Solución



$$2 \text{ HP} \quad \text{FP} = 0.85 \text{ metros}$$

$$60\% = n \quad (210-22)$$

Para un motor de 2 HP a 127 volts

Calculando la corriente máxima en el conductor

$$I_m = 1.25 * I_n = 1.25 * 23.035 = 28.79 \text{ Amperes}$$

Por corriente en la tabla 310-16 seleccionamos calibre #10 S= 5.26 mm<sup>2</sup>

Rebasa el 4% por lo que debemos seleccionar un calibre mayor. Proponemos calibre #8 con  $S= 8.367 \text{ mm}^2$

### 3.14 Cálculo del número de conductores en un tubo conduit.

El número de conductores dentro de un tubo conduit debe ser restringido por la ventilación y disipación del calor. Un arreglo físico de los conductores, de acuerdo a la sección del tubo conduit, debe ser holgado para facilitar su alojamiento y manipulación durante su instalación y considerar una cantidad de aire necesaria para la disipación del calor. Estas condiciones se logran estableciendo una relación entre la sección interna del tubo y el área de los conductores, llamándose factor de relleno F

Donde a= área que ocupan todos los conductores

A= área del interior del tubo conduit.

Valor 53% Para un solo conductor

De F 50% Para dos conductores

42% Para tres conductores

40% Para cuatro o más conductores

Ejemplo.-

Calcular el calibre de los conductores con aislamiento TW y el tamaño del tubo conduit para una línea monofásica, con doble circuito, o sea dos conductores por fase, con una corriente de 130 A una temperatura de 34° C.

Para la corriente de 130 Amps en circuito doble dos conductores por fase, 4 conductores en el tubo conduit a 34° C.

$130/2=65A$

Para 65 A se requiere Calibre #4. Pero como la temperatura esta entre 31 y 35° C el factor de corrección es 0.91 Quiere decir que necesitamos un conductor que pueda transportar

Por lo que el calibre #4 no es adecuado. Entonces seleccionamos el calibre #2 que transporta hasta 95 A, por temperatura  $95 \times 0.91 = 86.45 \text{ A}$

Para 4 conductores calibre #2, tienen una sección con todo y aislamiento TW de

1 cond. #2  $33.62 \times 215 = 72.3 \text{ mm}$

4 cond #2  $289.68 \text{ mm}$

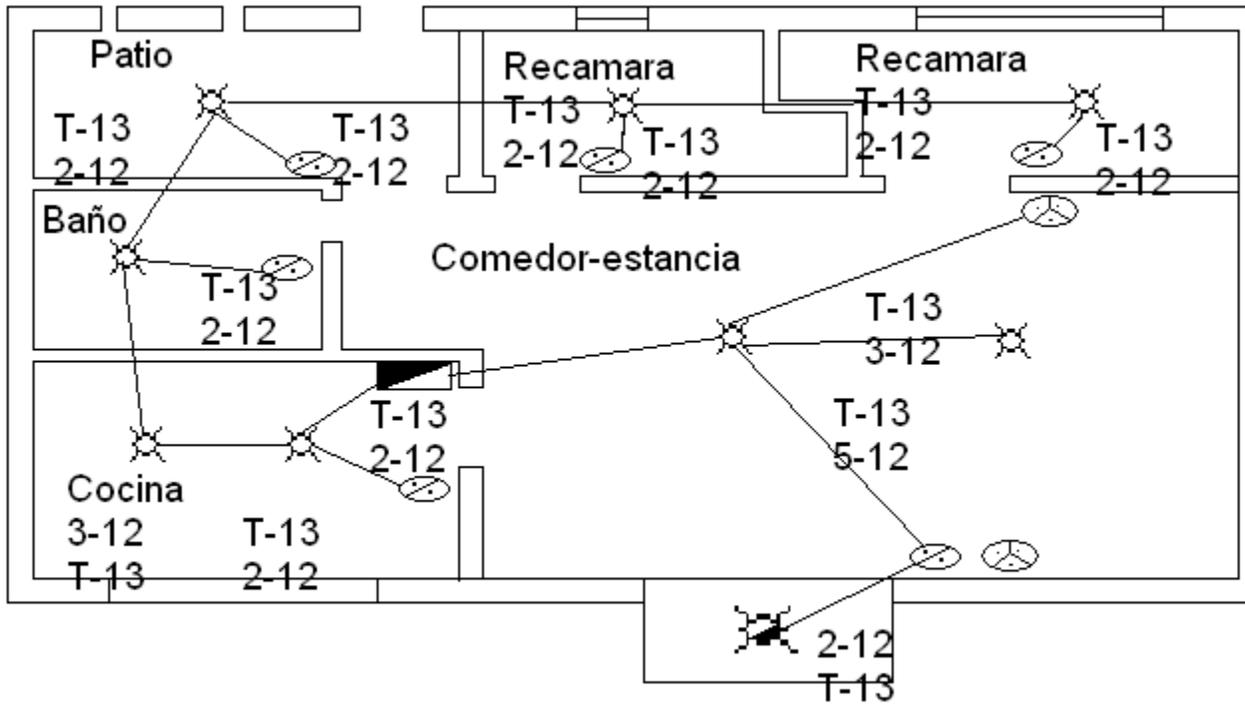
Haciendo una regla de tres simple

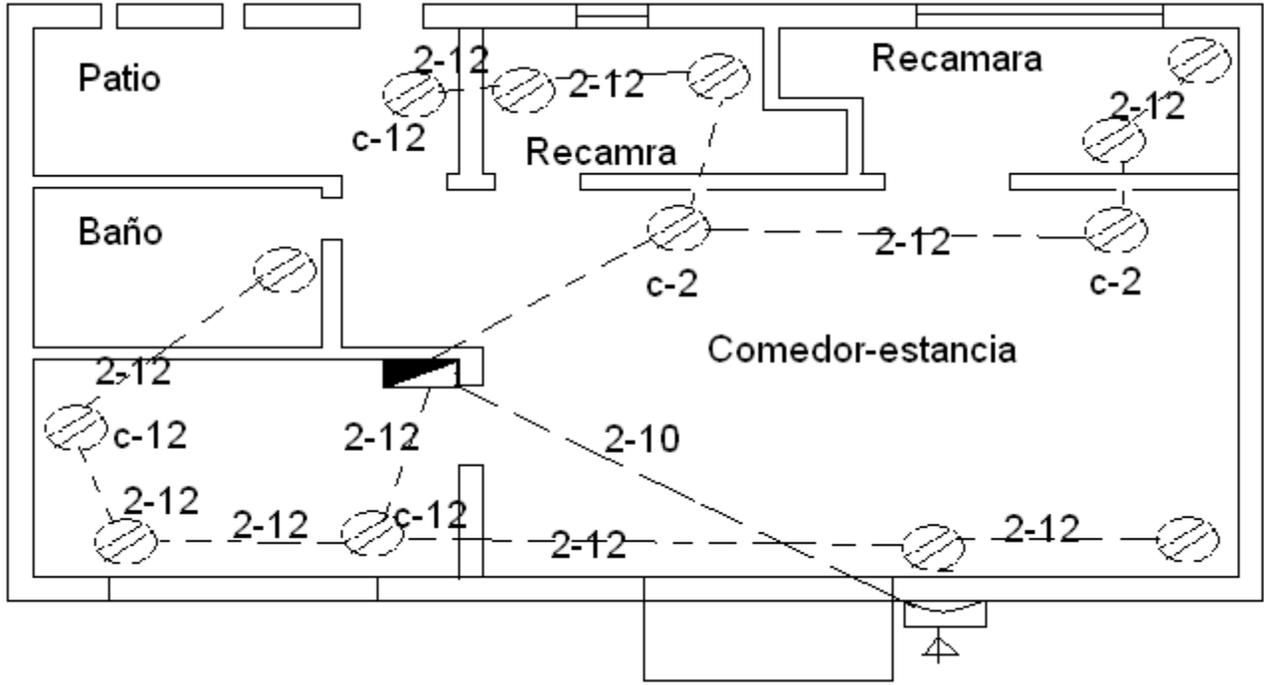
$289.68 \text{ mm}^2 - 40\%$

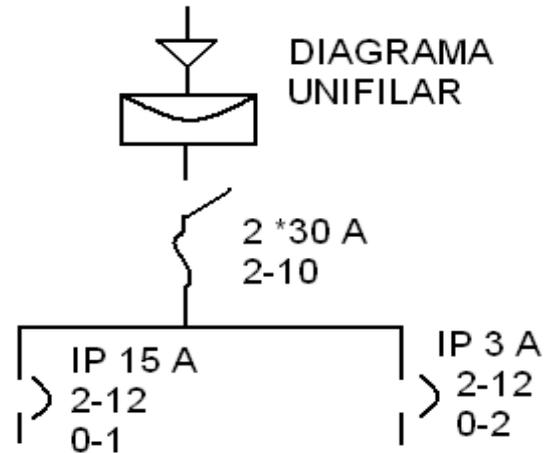
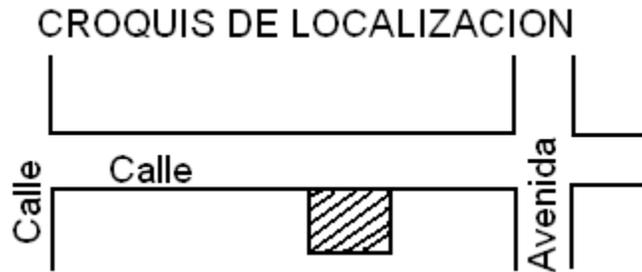
Corresponde a un tubo de 32 mm de diámetro (1 ¼). Esto si ocupa el 40%. Respetando la Norma tomamos un tubo conduit de 32 mm Ø, pared gruesa.

AREA DISPONIBLE DE TUBERIA CONDUIT, APROXIMADA. mm2					
Mm Ø	Pulgas	Pared Delgada		Pared Gruesa	
		40%	100%	40%	100%
13	½	55	136	78	495
19	¾	114	285	142	356
25	1	197	492	220	551
32	1 ¼	322	805	390	980

38	1 ½	455	1136	532	1330	
51	2	820	2045	874	2180	







#### SIMBOLOGIA



#### MATERIALES EMPLEADOS

- Tubo conduit pared gruesa
- Cajas de conexión
- Conductores THW-LS 75°
- Apagadores y contactos con placas
- Apagadores y contactos con placas
- Interruptor de seguridad Switch con fusible 2  Tablero de distribución con dos X3CA tablero de

#### CUADRO DE CARGAS

Circuito N	Watts	Interrup-tor TM	Calibre conduc	In Amp	 100 W		 2	
C-1	800	IP-15A	12	7.1	8	1		800
C-2	2600	IP- 20A	12	210			13	2600
	0-100				8	1	13	3400

FACTOR DE DEMANDA= FD = C.6

Demanda máxima aproximada 3400 X

2040 W

Cajas de conexión utilizadas = 29

En el plano se debe dejar un espacio de 20 X 10 cm para el sello de aprobación y comentarios, que va

## 5.- PROYECTO ELECTRICO PARA INDUSTRIAS Y COMERCIONS.

5.1 Es común que una industria, o comercio, se preocupen por mejorar las condiciones de operación en todas sus actividades. Para esto es necesario proporcionar una mayor confiabilidad y seguridad al sistema eléctrico, diseñando la mejor solución para el suministro de energía eléctrica.

La energía eléctrica la proporciona CFE o LYF en alta tensión 13.2 KV o 23 KV respectivamente. También si se desea puede darle en Baja Tensión, con una tarifa mas alta. Por lo que es conveniente que en el desarrollo de un proyecto eléctrico Industrial o Comercial, tengamos una subestación y comprar la energía en alta tensión, para después distribuirla en baja tensión.

Este proyecto se empieza con la recopilación de datos para el Censo de carga, Catálogos, Normas limitaciones y otros.

Separando la carga en sistema de fuerza y sistema de alumbrado – contactos.

El sistema de fuerza es la alimentación de motores y equipos, puede estar a un voltaje mas elevado P.ej. 440V

El sistema de alumbrado y contactos, como su nombre lo indica es la alimentación al alumbrado y receptáculos 127V ó 220

### 5.2.- Ejemplo:

Para mejor comprensión de este tema haremos un ejemplo, supongamos que el levantamiento para el censo de carga, para una fábrica de jabón arrojó los siguientes datos:

#### 5.2.1.-Sistema de fuerza en 440 Volts

Tratamiento de agua	427.5 HP
Bombas de grasa	165 HP
Planta glicerina	447.5 hp + 75 KVA
Equipo Hidroneumático	836.5 HP
Procesamiento de materia prima	200.0 HP

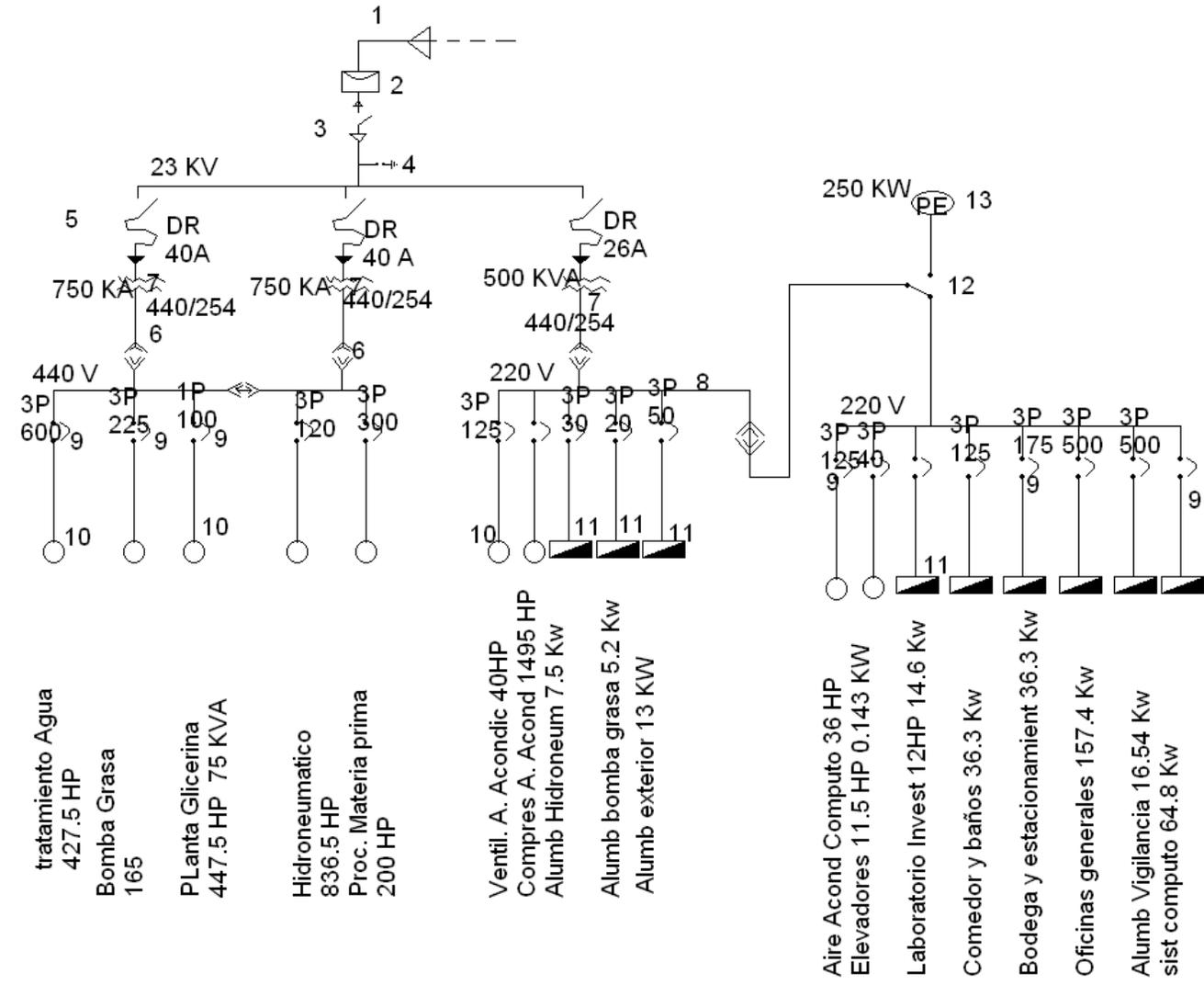
#### 5.2.2.- Sistema de Fuerza, Alumbrado – contactos 220 V.

Ventiladores aire acondicionado – oficinas	40 HP
Compresores aire acondicionado- oficinas	149.5 HP
Alumbrado a Eq. Hidroneumático y Trat. Agua	7.5 KW
Alumbrado a bombas de grasa	5.2 KW
Alumbrado exterior	13 KW
Aire acondicionado centro de cómputo	36 HP
Elevadores	11.5 HP + 0.143 KW
Laboratorios investigación	12.HP + 14.61 KW
Alumbrado comedor y baños	36.3 KW
Bodega y estacionamiento	18 HP + 36.23 KW
Oficinas generales	157.4 KW
Alumbrado y Vigilancia	16.54 KW
Sistema de Cómputo	64.8 KW

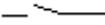
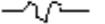
#### 5.2.3. En la figura podemos apreciar

- 1.- Acometida
- 2.-Equipo de medición
- 3.- Seccionador A.T.
- 4.- Apartarrayos
- 5.- Interruptor de potencia en AT
- 6.- Interruptor electromagnético B.T.
- 7.- Transformadores
- 8.- Bases o barras de conexión

- 9.- Interruptores Termo magnéticos
- 10.- Motores
- 11.- Tableros de cargas
- 12.- Interrup. Transferencia
- 13.- Planta Emergencia



**SIMBOLOGIA**

-  Cuchilla desconectadora
-  Fusible
-  Centro de Control de Motores
-  Tablero de Distribucion

— —|— Apartarrayos / Pararrayos

—▶— Cono de alivio.

— — — — — Transformador

□ Eq. De medición

— — — — — Interruptor Electromagnético

— — — — — Interruptor Termomagnético

Con los datos de la carga se elabora el diagrama unifilar que es la representación de una sola fase en un plano, indicando la acometida y el equipo mayor de la instalación eléctrica, haciendo notar los interruptores y centro de control de motores.

### 5.3 Memora de Cálculo.

Se va elaborando la memora de cálculo que son las hojas de trabajo, conviene recalcar que se tomen en cuenta todas las anotaciones y referencias por pequeñas que sean, si es posible anotar al margen, la marca, el catálogo y otros datos.

Los principales elementos calculados son:

Conductores

Protecciones

Arrancadores

Luminarias

Otros

5.3.1.- Cálculo de alimentadores y protección para un sistema de fuerza.

El cálculo de los alimentadores para motores, se inicia por corriente, de la ecuación de potencia para un circuito trifásico.

—

P= Potencia en Watts

E= Voltaje entre fases en Volts

I= Corriente nominal en Amperes

N= Eficiencia en %

$\cos \theta$ = Factor de potencia

Los datos del factor de potencia y eficiencia de cada motor se toman del catalogo del fabricante.

TABLA DE DATOS DE OPERACIÓN DE MOTORES TRIFASICOS JAULA DE ARDILLA DE PAR NORMAL												
HP	Polos	Amperes a Plena Carga			RPM a Plena Carga	Par en Lb-Ft			N Eficiencia	FP cos	Termo-magnético	Arrancador
		208	220	440		Plena Carga	Máxima	Arranque				
1		208	220	440		Plena Carga	Máxima	Arranque				
	2	3.2	2.9	1.45	3450	1.52	4.5	2.6	82	0.82	15/100	00
	4	3.4	3.2	1.6	1750	3.00	9.0	9.0	80	0.76		
	6	3.8	3.6	1.8	1160	4.53	12.4	9.0	80	0.68		
	8	4.2	4.0	2.0	870	6.04	15.0	9.0	78	0.63		
2	2	5.8	5.4	2.7	3500	3.0	8.2	5.2	83	0.87	20/100	0
	4	6.6	5.6	2.4	1750	6.0	18.0	15.0	83	0.81		
	6	7.0	6.6	3.5	1160	9.1	22.7	16.0	82	0.72		
	8	8.0	7.6	3.8	870	12.1	27.4	18.0	79	0.65		
20	2	53	50	25	3500	30	60	45	87	0.90	125/225	2
	4	54	51	25.5	1750	60	120	90	87	0.88		
	6	56	53	26.5	1160	90.6	181	122	87	0.85		
	8	60	56	28	870	121	242	151	87	0.80		
50	2	130	122	61	3500	75	150	93	89	0.90	250/400	6
	4	130	122	61	1750	150	300	225	89	0.90		
	6	132	126	63	1160	227	454	306	89	0.88		
	8	140	132	66	870	302	762	377	88	0.84		
100	4	256	242	121	1750	300	600	375	90	0.90	300/400	4
	6	262	248	124	1160	456	906	565	90	0.88		

	8	270	256	128	870	604	1208	755	89	0.86		
150	4	374	354	177	1750	450	900	495	91	0.91	500/1200	5
	6	360	360	180	1160	680	1360	850	91	0.90		
	8	388	366	185	810	906	1812	1130	90	0.90		
	10	400	380	190	690	1141	2282	1310	89	0.89		

5.3.2 Corriente permisible en el conductor,  $I_c$  A la corriente nominal calculada se le adiciona entre un 20% a un 40% por sobrecarga del motor, por tradición se toma un 25% NTIE 430-22

Para un aislamiento comercial tipo THW con una temperatura de operación máxima de 75° C, de material aislante termoplástico resistente a la humedad y al calor, con LS, retardador de la flama para utilizarse en locales secos y húmedos.

$$I_c = I_n \times 1.25$$

5.3.3 Revisión del conductor por agrupamiento y temperatura.

Obtenida la nueva corriente se hace revisión de la disminución de corriente que se reduce, debido al agrupamiento por efecto de los campos magnéticos de los conductores vecinos y también por efecto de la temperatura.

$$I_r = I / F_a \times F_t$$

FA= Factor de Agrupamiento FT= Factor de temperatura.

Recuerde que se debe tomar la condición más desfavorable. NTIE 310-16

TABLA DE FACTORES DE CORRECCION POR TEMPERATURA			
Temperatura Ambiente °C	Factor del Conductor		
	60 °C	75°C	90°C
31-35	0.91	0.94	0.96
36-40	0.82	0.88	0.91
41-45	0.71	0.82	0.87
46-50	0.58	0.75	0.82
51-55	0.41	0.67	0.76

Factores De corrección Por Agrupamiento	
De 4 a 6	80
De 7 a 9	70
De 10 a 20	50
De 21 a 30	45
De 31 o mas	40

NTIE 310-19-8

5.3.4 Revisión del conductor por caída de tensión.

Por último se revisa el conductor por caída de tensión, que de acuerdo con las NTIE – 99, no deberá exceder del 5%, desde el suministro hasta el lugar mas lejano de aplicación 210-19.

Una deducción aproximada de la pérdida de voltaje por distancia o caída de tensión, es:

$$e\% = \frac{E_n}{100} \times \frac{100}{E_n} \text{ pero } e_n = RI \text{ y}$$

$$e_n = e\% \quad R = \frac{P}{L/A} \quad \text{Donde } p = \text{Resistividad especifica de cobre en } \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$P = 1/58 = 0.01724 \text{ Considerando } P = 1/50$$

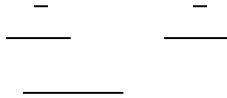
Ya que a una temperatura aproximada de 60° c, toma este valor y es su temperatura de operación considerando un alto factor de seguridad

$$E_n = IL/50 \text{ A} \quad \text{Despejando A: } A = \frac{IL/50e_n}{\quad} \text{ A en mm}^2$$

Monofásico

Utilizando la impedancia

Trifásico



L=, debe estar en múltiplos de kilómetro.

5.4.- Selección de las protecciones del motor.

5.4.1.- Interruptor del motor, su corriente es  $I_m$

La función del dispositivo protector contra sobre corriente es la de proteger a los conductores y circuitos derivados del motor, los aparatos de control y al motor mismo, de los cortos circuitos y fallas a tierra, de acuerdo con las NTIE 430-32 y 430-34

La corriente se toma comúnmente entre 1.2 a 1.4 de la nominal hasta 1.75% valor práctico

$$I_m = I_n \times 25 \quad \text{Amperes}$$

Para la selección de los interruptores se toma como base la desconexión total del equipo, la liberación de fallas y de las corrientes de corto – circuito.

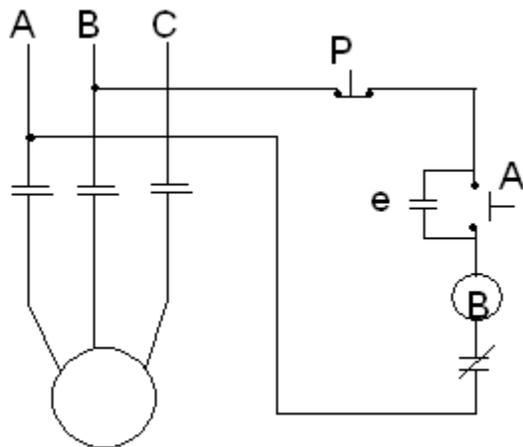
El cálculo se hace tomando el 125 % de la corriente nominal de cada motor y la capacidad de interrupción del corto – circuito, adoptando los valores comerciales de las tablas de interruptores Termomagnético y características del marco de sus cajas moldeadas. El marco es el tamaño máximo que se puede alojar en la caja. P. ej. Interruptor Termomagnético 3P – 40<sup>a</sup> en marco 100A quiere decir que el máximo interruptor que cabe en el marco es uno de 100 Amps.

5.4.2.- Arrancador del motor.

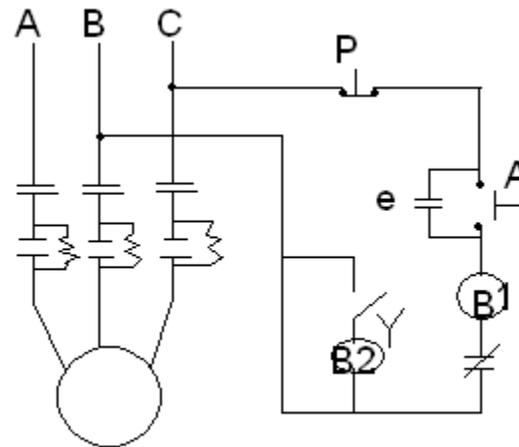
El arrancador es un controlador del motor cuyo mecanismo de operación de contacto es operado por un electroimán. Además tiene una cantidad térmica y un mecanismo de sobre carga que actúan directamente sobre la bobina proporcionando al motor en marcha una debida protección.

El arrancador debe tener la capacidad de interrumpir el circuito del motor bajo las condiciones impuestas por la corriente a motor bloqueado que dan las tablas de motores.

Los arrancadores pueden ser a tensión plena o a tensión reducida, dependiendo del tipo de carga que manejen los motores y la potencia de cada uno de ellos.



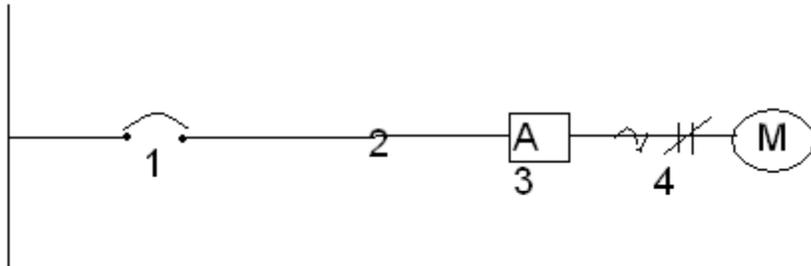
**Arrancador a Tension Plena**



**Arrancador a Tension Reducida**

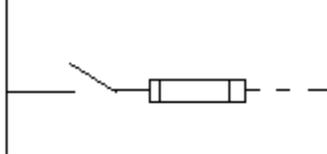
El Arrancador a Tensión reducida con auto transformador funciona en forma similar, ya que primero se alimenta con un voltaje menor, dependiendo del embobinado del autotransformador y después de un tiempo, se alimenta el motor por medio del autotransformador a tensión plena.

El Arrancador es un controlador que se debe seleccionar por cálculo, como lo vemos en la instalación de un motor de inducción. Los fabricantes recomiendan que un motor de inducción trifásico jaula de ardilla debe conectarse como se indica, en diagrama unifilar



C.C.M. Circuito principal  
O Tablero de fuerza

1.- Interruptor Termomagnético.- Se selecciona aproximadamente entre el 150% al 170% de la corriente nominal, por costumbre se toma 175% 145%  
Puede sustituirse por un interruptor de navajas con fusibles de hasta el 190% del In.



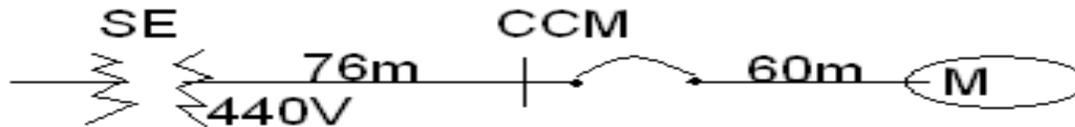
2.- Conductor alimentador, debe tener una capacidad de conducción de corriente no menor al 125% de la corriente nominal del motor, si no es de servicio continuo, sino intermitente debe calcularse en base a la tabla 403.14 de las NTIE, en donde varia del 85% al 150% de la corriente nominal. Si son varios motores, la capacidad del conductor debe ser igual a la suma del valor nominal de corriente de todos los motores, mas el 25% de la corriente del motor mas grande del grupo, a veces se llega hasta el 40%.

3.- Arrancador.- Debe poderse arrancar y parar el motor voluntariamente, debe aplicarse voltaje reducido con el arranque de motores mayores de 10 HP (actualmente hasta de 5 HP requieren arrancador a tensión reducida) para limitar su corriente de arranque, exceptuando arranque en vacío o con carga muy ligera.

4.- Debe protegerse contra corrientes de sobrecarga no permisibles. Trae acoplados elementos térmicos intercambiables, y se ajusta al 110% de la corriente nominal con un tiempo de hasta ¼ seg.

Con motores pequeños de hasta dos HP y 300 Volts máximos, puede usarse un switch de cuchillas con capacidad igual al doble de la corriente nominal del motor, en lugar de un arrancador a tensión plena.

5.5.- Ejemplo.- Supongamos que queremos los cálculos para un motor y la alimentación al centro de control de motores desde la subestación, con 440 volts, 3 fases 60 Hertz. La distancia del motor al CCM es de 60 m y la distancia de la S E al CCM es de 76 m.



Solución

Cálculo de los conductores alimentadores para el motor: Motor de 150 HP, 440 Volts, 60 Hz, De datos del fabricante, obtenemos  $FP = \cos \phi = 0.9$  a una temperatura ambiente de 25° C, 8 polos, eficiencia de 0.9 Calculando la corriente nominal

\_\_\_\_\_

Corriente permisible en el conductor  $I_c = 1.25 \text{ IN} / F_a * F_t$

$I_c = 1.25 * 181.27 \text{ A} = 226.59 \text{ Amperes}$

Factor de corrección por agrupamiento = 1.0 por ser solo tres conductores

Factor de corrección por temperatura = 1.0 por trabajar a menos de 30° C.

De la tabla de conductores eléctricos por capacidad de conducción de corriente, para aislamiento THW 75°C LS en tubería. Se toma un conductor calibre 4/0 AWG que puede transportar hasta 230 Amperes

Revisión del conductor por caída de tensión

$E\% = (1732 * 100) / (076 * 181.27 * 0.0262467 / 440) = 1.4234$   
 $1.4234 < 3\%$

L= en metros

S= en mm<sup>2</sup>

El calibre del conductor 4/0 para alimentar el motor con 3 conductores, es el adecuado.

Selección de las protecciones del motor.

- Interruptor del motor  $I_m$

$I_m = 1.40 * 181.27 = 253.78$

$I_m = 1.25 * 181.27 = 226.59 \text{ Amperes}$

De las tablas del fabricante seleccionamos un interruptor de 250 Amperes para 480 Volts con capacidad interruptiva de 35 000 Amperes simétricos RMS, esto depende del valor de corto circuito.

- Arrancador del Motor.

De la tabla de capacidades eléctricas para arrancadores de motores de corriente alterna, de inducción "jaula de ardilla", tamaño NEMA, se selecciona un NEMA 5 para motores entre 100 y 200 HP a voltajes de 208 – 220 y 440 V.

Si la carga acoplada a este motor es de normal a pesada, entonces el arranque a tensión plena del motor puede producir efectos indeseables, se propone un arrancador a tensión reducida para hacerlo mas suave; con características de corriente de arranque limitada y un buen par de arranque, por lo que usaremos un arrancador tipo autotransformador de transición cerrada, con estación de botones, clase 4246 FPE

Cálculo del Interruptor General  $I_g$

Suponiendo que las corrientes de varios motores que están en el mismo Centro de Control de Motores = CCM, junto con este mismo motor, sumen las corrientes = 890.8 Amperes.

$I_1 + I_2 + I_3 \dots + I_n = I_g$

$890.8 + 1.25 * 181.27 = 1117.39 \text{ Amperes}$

De tablas seleccionamos un interruptor general de 1200 Amperes, con capacidad interruptiva de 100 000 Amperes simétricos RMC

Cálculo del alimentador general

Corriente permisible en el alimentador general.

Como la corriente a plena carga es elevada tendríamos que alimentar con un calibre de sección transversal grande, (demasiado grueso) que resulta mas costoso y difícil de manejar, dividimos el mismo conductor en tres conductores por fase, aplicando lo anterior:

$I_a = 1117.39 / 3 = 372.46 \text{ Amperes}$

En este caso particular, se trata de una fábrica de jabón, donde todos los motores no trabajan a la vez, así que su factor de demanda o simultaneidad es de 0.7 recomendado por las NTIE y por fábricas similares

Revisando la tabla de conductores con aislamiento THW – LS 75°C de las NTIE, nos da un calibre de 300 KCMill, que puede llevar hasta 285 Amperes

Revisión por agrupamiento y temperatura.

El factor de agrupamiento es = 0.72 por se nueve conductores.

El factor de corrección por temperatura es = 1.0 por trabajar a menos de 30° C.

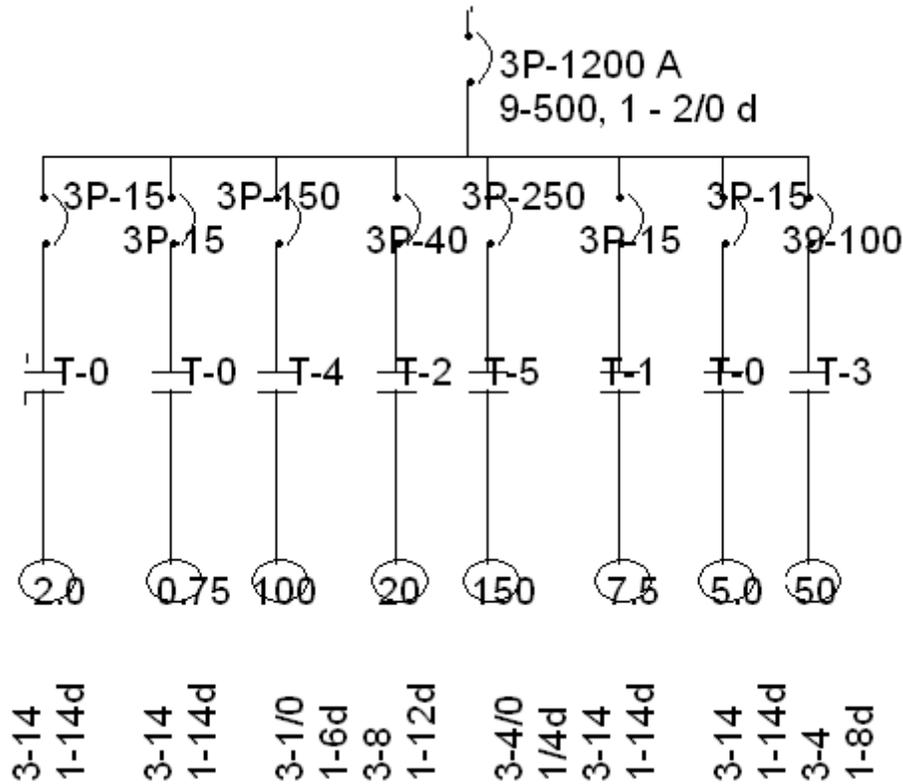
$I_a = 260.72 / (1.0 * 0.72) = 362.11 \text{ Amperes}$

De la tabla de conductores, nos da un calibre de 500 Kcmmil que puede transportar hasta 380 Amperes, con un área de sección de 253.35 mm<sup>2</sup> y una longitud L=76 m. la impedancia de este conductor es Z= 0.164042  
 Revisando por caída de tensión, e% = 3

e= 1.778 <3 %

Por lo que el alimentador con 9 conductores de 500 Kcmmil es el adecuado.  
 Finalmente para aterrizar los motores poner a tierra se uso cable de cobre desnudo calibre #2/0 (dos ceros) de acuerdo con las NTIE sede 1999.  
 Interruptor general Termomagnético 3P x 1200 A  
 Alimentador general cond's (3 x fase), 9 – 500 Kcmmil  
 Conexión a tierra 1- 2/0 D  
 Haciendo un resumen del área de estudio CCM y su nomenclatura queda:  
 HP = Caballos de potencia EFICI = Eficiencia  
 FP= Factor de potencia = Cos RPM= Velocidad  
 In= Corriente nominal en Amperes  
 d= Conductor de cobre desnudo para tierra.  
 Cond= Calibre del conductor Im= Interruptor del motor  
 3 polos y su marco Arranc= Tamaño y conexión del arrancador

MOTORES DE ESTUDIO DEL CCM A 440 VOLTS								
DESCRIPCION DEL EQUIPO	HP	EFIC	FP	RPM	In	COND	Im	Arranc
9 Motores de Inducción	2.0	0.83	0.81	1750	2.9	14	15HEF	T-0
4 Motores de Inducción	0.75	0.80	0.90	1750	1.5	14	15HEF	T-0
4 Motores de Inducción	100.0	0.90	0.88	1160	124.0	1/0	150HEF	T-4 auto
2 Motores de Inducción	20.0	0.87	0.88	1750	25.5	8	40HEF	T-2 auto
2 Motores de Inducción	150.0	0.90	0.90	810	181.3	4/0	250HEF	T-5 Auto
1 Motores de Inducción	7.5	0.85	0.80	1160	10.8	14	15HEF	T-1
1 Motores de Inducción	5.0	0.85	0.77	1160	7.5	14	15HEF	T-0
1 Motores de Inducción	50.0	0.89	0.88	1160	63.0	4	1HEF	T-3 auto
Misceláneo					48.4			



El ejemplo siguiente es de aplicación inmediata para una máquina para hacer hielo en un Hotel.

Calcular los conductores y equipo de protección de una máquina para hacer hielo de 5.0 HP con los datos que se indican

Potencia  $5 \times 0.746 = 3.73$  KW

Tensión entre fases  $E = 0.22$  Kv 220 Volts

Fases = 3 Hilos=3 Frecuencia= 60 Hertz

Factor de potencia= 0.9 Eficiencia= 0.80

Longitud = 6.00 m

Límite de caída de tensión  $e\% = 2.0\%$

Temperatura ambiente= 30°C a 50° C

Aislamiento del conductor THW – LS – XXI 75° C

Factor de corrección por temperatura  $FT = 0.75$  (310 -16)

Factor de corrección por agrupamiento  $FA = 1.0$  (310 – 168°)

Factor de seguridad de sobrecarga  $FS = 1.25\%$  (430.24)

Los conductores en tubería conduit

Solución: La corriente nominal  $I_n$

Calculando la corriente máxima en el conductor

$$I_c = I_n \cdot F_s / F_A \cdot F_T = 13.60 \cdot 1.25 / 1.0 \cdot 0.75 = 22.67 \text{ Amperes}$$

Por ampicidad tabla 310 – 16 seleccionamos calibre #10 AWG, THW-LS –XXI-75°C

Revisando por caída de tensión, la impedancia del conductor Calibre #10, tabla 9 del NEC

$$Z = 3.608923 \Omega/\text{Km}$$

---

$$e = 0.2318\% < 2\%$$

El resultado es menor del 2% por lo que se usarán tres conductores THW-LS-XXI- 75°C Calibre #10 AWG

Cálculo de la canalización

Area de un conductor #10 AWG c/aislan 16 mm<sup>2</sup>

Area de Tres conductores #10 c/aislam 48 mm<sup>2</sup>

Area de un conduc. Desnudo #10 16 mm<sup>2</sup>

64.0 mm<sup>2</sup>-----30%

A mm<sup>2</sup>--- 100%

$$A = 2/3.32 \text{ mm}^2$$

---

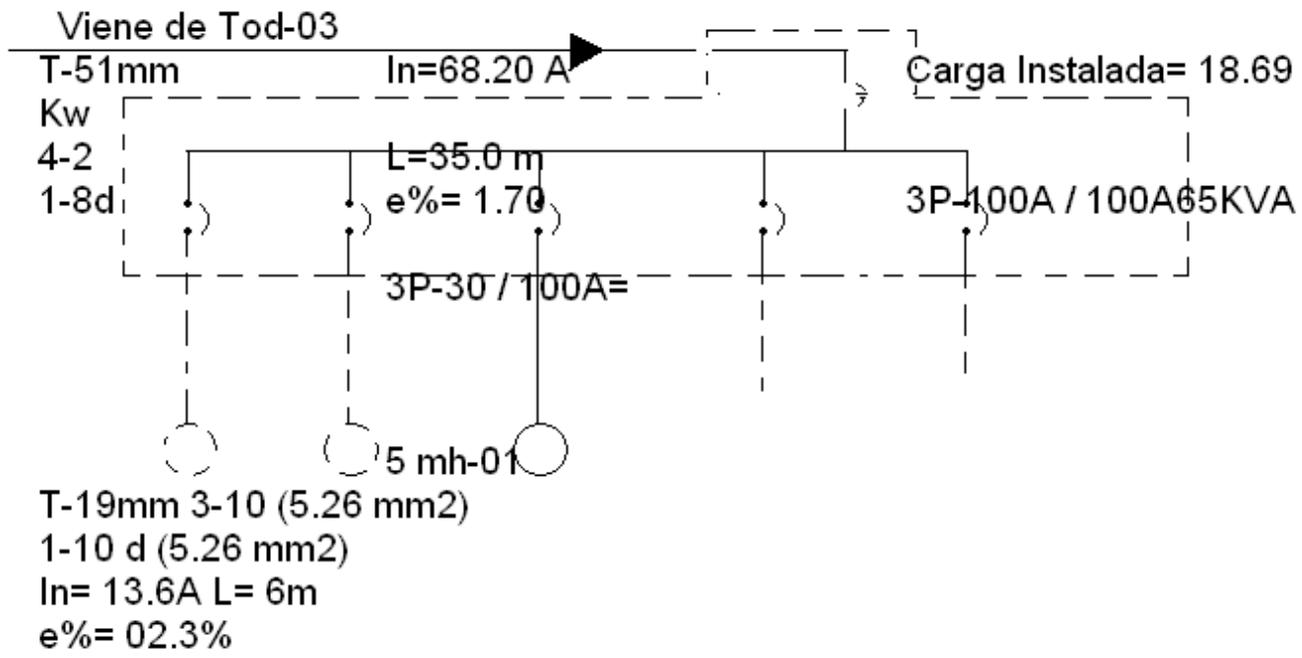
\*Se usará tubo conduit pared gruesa de 19 mm

Cálculo de interruptor Termomagnético

Capacidad de interrupción =  $I_{ncx} \cdot F_S$

$$22.67 \times 1.25 = 28.34 \text{ Amperes}$$

Se usara un interruptor Termomagnético de 3 polos 30 Amperes, con marco de 100 Amperes y capacidad interruptiva normal de 25 KA.



1.- Transformadores.- Dos Transformadores 1 y 2 son operados en paralelo entre las barras de 11 Kv de un generador, y las de 60 kv de una subestación, que alimenta a su vez a una carga de  $S = 80 \text{ MW} + 60 \text{ MVAR}$ , para esto se hace necesario conservar las barras de la subestación a la tensión de 60 kv (al ICO%) Los transformadores son estrella de 50 MVA C/U, 11/60 KV pero con diferentes impedancias de 6% y 8% respectivamente, la carga se puede alimentar con los transformadores es  $100 \text{ MVA} = 80 + j60$

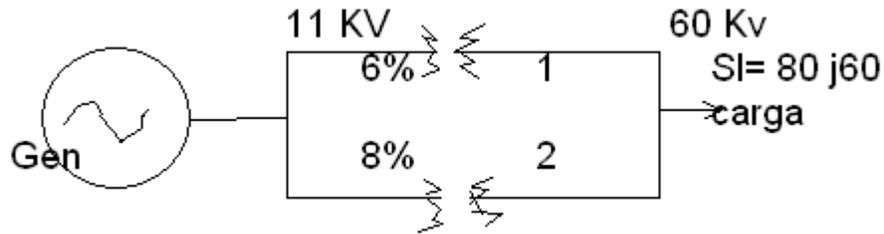
La diferencia en impedancias de los transformadores causara que el 1 se sobrecarga y el 2 quede con baja carga. Para mejorar esta situación se pretende corregir la división de carga, manipulando las relaciones de transformación. Cada relación puede ser variada desde 95% hasta 105% de valor nominal en pasos de 0.5%

Determinar la división de carga en los transformadores antes de aplicar la acción correctiva.

Hacer los cambios de derivaciones apropiadas, dentro de los límites dados e investigar los efectos en la división de carga.

1= 3.5% +

2= 1.5% -



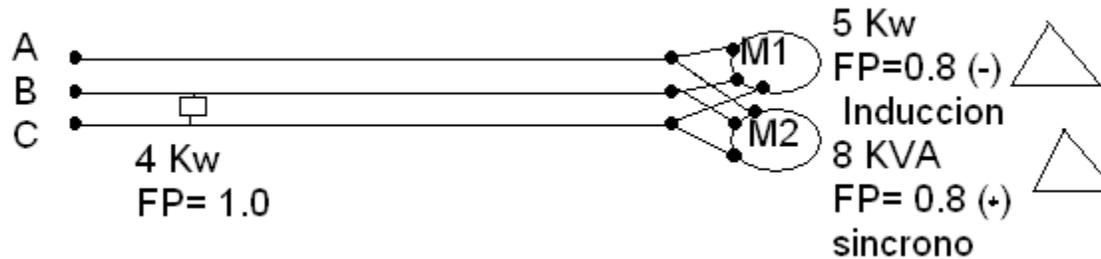
2.- En una subestación Industrial se desea instalar dos transformadores trifásicos en paralelo con las pruebas siguientes

T-1	Capacidad	10 000 KVA	
	Tensión	110/13.2 KV	
	Prueba de corto circuito:	Pérdidas	35 800 watts
		Tensión	5 800 watts
	Prueba en vacío	Pérdidas	17 900 watts
	Corriente		1.12 Amperes
T-2	Capacidad	10 000 KVA	
	Tensión	desconocida	
	Prueba de corto circuito:	Pérdidas	35 800 watts
		Tensión	5 800 watts
	Prueba en vacío:	Pérdidas	17 900 watts
	Corriente		1.12 Amperes

- Calcular la relación de transformación del transformador 2 y dibujar sus diagramas vectoriales
- Calcular los parámetros del circuito equivalente
- Para una carga de 15 MVA conectada a los devanados de baja tensión y con un factor de potencia atrasado de 0.8, calcular las pérdidas y regulación de ambos transformadores

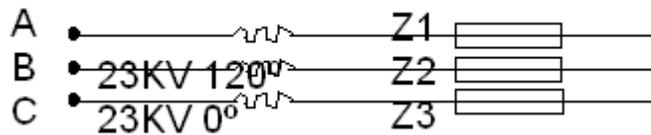
Medición 3.- En la siguiente figura, indicar las lecturas que darían:

- a) Watt metros                      VAB= 300 Volts
- b) VARmetros                        VBC= 290 Volts
- c) FP por fase                        VCA= 310 Volts
- d) FP medio
- e) FP Vectorial



4.- Una carga industrial tiene el siguiente sistema:

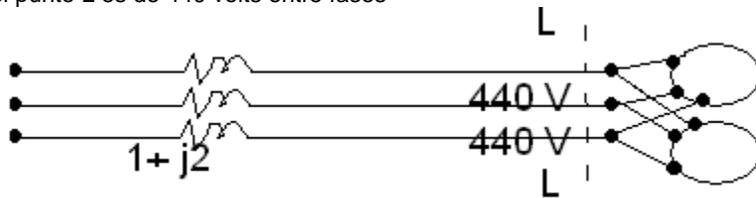
Datos:



Z=15  
 Z1= 20 +j30  
 Z2= 30-j40  
 Z3= 25+j15

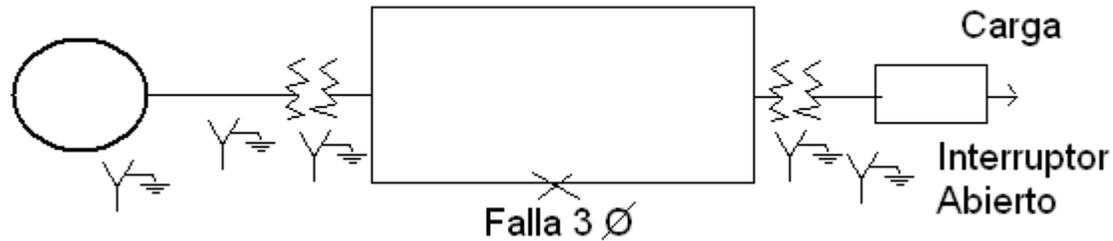
- a) Determinar la potencia real, potencia reactiva y potencia aparente del circuito mostrado en la carga.
- b) Seleccionar los rangos y escalas de los instrumentos de medición de los transformadores de instrumento que se requerirán para efectuar las mediciones del punto a)
- c) Dibuje el diagrama de conexiones

5.- Se tiene el siguiente circuito con dos cargas en paralelo = motores de inducción, alimentados con una línea trifásica balanceada de  $1 + j2 \ \Omega$  la tensión medida en el punto L es de 440 volts entre fases



- Encontrar  $I_{\text{line}}$  e  $I_{\text{L}}$  y el factor de potencia, dibujar el triángulo de potencias para el sistema dado.
- Se propone conectar un banco de capacitores en delta para corrección del factor de potencia. Calcule los valores de la capacitancia por fase de la delta, necesarios para obtener un factor de potencia de 0.9 atrasado.  
Encuentre el nuevo valor de la corriente, considere que el valor de la tensión se mantiene constante.

6.- Corto Circuito



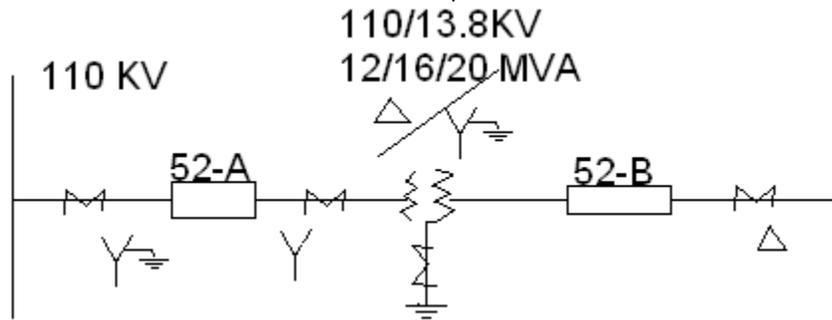
Datos del sistema					
Elemento	MVA	KV	X1	X2	X0
Generador	100	11	115%	20%	10%
Transformador del Generador	90	12/345	15%	15%	15%
Transformador de la carga	110	345/169	16%	16%	16%
Línea de Transmisión			$C+j0.25^*$	$O+j0.25^*$	$O+j0.25^*$

\*En base de 100 MVA Y 345 KV

Utilizar 100 MVA y 11 KV como bases considerando que la tensión del generador es 12.1 KV

- a) Calcular la falta trifásica en la línea, dado el valor de la corriente de falla en amperes.
- b) Cerrando el interruptor de la carga, se conectan 80 MW de carga balanceada si la tensión es de 169 KV calcular la corriente en Amperes de la falla en a) considerando que la carga equivale a una resistencia constante.

7.- Protección.- Se tiene un transformador que se alimenta desde un bus de 110 kv El transformador es como se muestra



Se desea proteger el transformador y solo contamos con el siguiente equipo de protección.

3.- Relevadores de sobre corriente de fase de tiempo inverso con tapas de ajuste de 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12,14 y 16 Amp

1.- Relevador de sobre corriente de tierra de tiempo inverso con tapas de ajuste de 0.5, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.5, y 2.0 Amps

3.- relevadores monofásicos para protección diferencial con tapas de ajuste en alta y baja tensión de 2.9, 3.2, 3.5, 3.8, 4.2, 4.6, 5.0, y 8.7

Se pregunta 1.- En un diagrama marque la zona de protección de la protección diferencial del transformador

2.- Se desea que los relevadores de sobre corriente de fase 51 disparen únicamente el interruptor 52-A y el relevador de sobre corriente de tierra 51N dispare solamente el interruptor de baja 52-B haga un diagrama esquemático de protección marcando señales de corriente y de disparo.

3.- Respecto a la protección diferencial

3.1.- Determine las corrientes de transformador de potencia y sus diferentes valores en AT y BT etc.

3.2.- Seleccione la relación de transformación de corriente RTC en alta y baja tensión, para máxima corriente de carga (2C MVA)

3.3.- Determine las corrientes secundarias

3.4.- Selecciones los taps de ajuste

3.5.- Verifique el porcentaje de error. Este deberá ser 5%

4.- Respecto a la protección de sobre corriente por fase

4.1.- Determine la corriente primaria de "Pick-up" si se desea que se ajuste al 200% de la corriente nominal 12 MVA

4.2.- Seleccione la RTC

4.3.- Seleccione el Tap del relevador

4.4.- Determine la palanca – dial, si se desea que opere en 0.6 segundos, para una falla  $3^{\circ} = 384952$  Amperes, en la barra de 13.8 KV

4.5.- Haga un diagrama trefilar de esta protección

5.- Respecto a la protección de sobre corriente de tierra

5.1- Determine la corriente primaria de Pick – up, si se desea que opere al 40% de la corriente nominal del transformador a 12 MVA

5.2.- Seleccione el Tap del relevador

5.3.- Determine la palanca, si se desea que opere en 0.555 para una falla de fase a tierra de 4423.92 Amps en la barra de 13.8 kv

## **LABORATORIO DE ELECTRICIDAD**

OBJETIVO.- Dar al alumno las técnicas de campo para conocer las características de los dispositivos eléctricos, complementando el curso de teoría.

PRACTICAS:

TEORIA.- Antes de la práctica, se dará una explicación mediante apuntes y libros de consulta en orden de importancia.

DESARROLLO.- En el laboratorio. El desarrollo será de igual forma para todo el grupo.

- a) De cada práctica, se presentará un reporte en hoja de papel tamaño carta, blancas y escritas por una sola cara.
- b) En folder tipo económico - se regresaran
- c) La calificación será de acuerdo a la presentación limpieza y redacción
- d) La entrega de la práctica será a la siguiente semana inmediata, no se admiten retrasos
- e) Los reportes serán individuales, se toman en cuenta para la asistencia
- f) Retardos máximos de 10 minutos tanto para los alumnos como para el Profesor
- g) La calificación mínima para aprobar será de 6 en escala de 0 a 10
- h) Curso se desarrollará en prácticas
- i) Disciplina respecto y seguridad tanto para las personas como para el equipo
- j) Redacción breve, precisa, y completa con letra clara o a máquina

PRESENTACION.- Cuadro de datos en la parte superior derecha, recuadro de 7 cm x 5 cm aproximadamente

Nombre, Apellido Paterno, Materno, Nombre

Materia

Grupo NO NECESARIO

Fecha de entrega dd, mes, aa

- 1.- Practica No.
- 2.- Nombre de la práctica
- 3.- Objetivo de la práctica
- 4.- Conceptos teóricos previos
- 5.- Equipo utilizado anotar que son, que escalas tiene, etc. en máquinas anotar los datos de placa
- 6.- Desarrollo.- Se debe anotar la secuencia de pasos y operaciones seguidas en la práctica
- 7.- Dibujos.- Serán los circuitos o diagramas eléctricos además de esquemas de tal manera que se entiendan.
- 8.- Lecturas.- presentadas en forma de tabla, también las calculadas.
- 9.- Gráficas.- en papel milimétrico, elegir correctamente las escalas.
- 10.- Resumen de conclusiones, indispensable, personales.
- 11.- Problema de aplicación o cuestionario.

## **ORGANIZACIÓN**

- a) En brigadas de 3 a 5 personas de acuerdo con el grupo.
- b) Los alumnos investigarán con la recomendación de la bibliografía la teoría de las prácticas
- c) Se tomará en cuenta para la calificación la participación en clase y la iniciativa.

## 10.- CALCULO DE UN SISTEMA DE TIERRAS

10.1.- En las instalaciones eléctricas en baja tensión con frecuencia se presentan fallas tales como sobretensiones por rayos, por corto circuito de líneas, perforación de aislamiento, de máquinas y otros que producen corrientes peligrosas capaces de dañar al personal o al equipo.

Para evitarlo es necesario conducir estas corrientes a donde no hagan daño, seleccionando para ello un lugar de menor voltaje que la línea, y un conductor de muy poca resistencia.

La razón de escoger un punto de menor voltaje, es para obligar a la sobre corriente a dirigirse hacia ese lugar, y la razón de usar un conductor de poca resistencia, es para que la corriente circule preferentemente por ahí a la tierra.

La tierra física se considera con un voltaje cero y en ese lugar es ideal para dirigir las sobre corrientes. Una conexión a tierra, es realmente un contacto físico con el suelo.

Estando ya el sobre corriente en el piso, hay que dispersarla eficientemente con ayuda de elementos conductores auxiliares. Esto es lo que se conoce como sistema de tierras.

Que quede claro que el sistema de tierras NO debe conducir corriente en condiciones normales, sino solo en caso de falla.

Las NTIE exige conectar al sistema de tierra los siguientes elementos: Armazones de motores, de generadores, gabinetes metálicos de subestaciones, de operación y control gabinetes y cercas metálicas de subestaciones, tableros metálicos de medición, de interruptores, luminarios, contactos, soportes o contenedores metálicos que pudieran quedar energizado bajo condición anormal de corriente.

También deben conectarse a tierra los neutros de sistemas trifásicos previo estudio y tener la seguridad de que no conduce corrientes, y por supuesto los pararrayos y Apartarrayos aunque a un sistema de tierras distinto, por operar a tensiones de falla muy elevadas.

Un terreno idóneo para dispersar la corriente eléctrica debe tener materia orgánica y estar húmedo. Entre más roca y tierra seca contenga un terreno, mas dificultad tendrá en dispersar la corriente. Los elementos auxiliares de dispersión llamadas "electrodos" deben tener suficiente área de contacto con el terreno para facilitar su función.

Las NTIE sugieren usar los siguientes sistemas de tierras.

- 1.- Electroodos artificiales, varillas "Cooper Weld" con una superficie en contacto con la tierra de al menos 2000 cm y enterradas al menos 2.4 m de largo, o placas metálicas de igual superficie
- 2.- Estructuras metálicas de los edificios con zapatas enterradas
- 3.- Tuberías metálicas, como revestimiento de pozos profundos.
- 4.- Tuberías metálicas de agua fría que esté enterrada a los menos 3 metros
- 5.- Tanques metálicos subterráneos que no contengan combustibles.

El valor de la resistencia a tierra de los electroodos artificiales no deben ser superior a 25  $\Omega$  en las condiciones mas desfavorables.

Es recomendable tener de 2 a 5

Si no se logra la condición de baja resistencia, se anexan mas electroodos interconectados en paralelo o se adiciona sal y carbón en las inmediaciones de las existentes. Entre más varillas, menor resistencia a tierra. Para mas de 7 varillas, la disminución del % R no es significativa. Antes de usar sal y carbón, se prefiere aumentar el uso de varillas.

Diferentes tipos de placas para los sistemas de tierra.

### 10.2 Sistema de tierras en subestaciones.

Las subestaciones eléctricas en Baja Tensión deben contar con un adecuado sistema de tierras. Se debe de disponer de una red de tierras, a la cual se conectan todos los elementos de la instalación.

El diseño del sistema de tierras, toma en cuenta los siguientes factores.

- a) Seguridad al personal.- El sistema debe proporcionar un circuito de muy baja impedancia (resistencia) y una capacidad de corriente adecuada para la circulación de las corrientes de tierra, ya sean debidas a falla a tierra del sistema o a la operación de Apartarrayos.

Se debe evitar que durante la circulación de estas corrientes se produzcan diferencias de potencial entre distintos puntos de la subestación, ya sea del equipo con respecto a tierra fundamentalmente la diferencia de potencial entre cualquiera de dos puntos que pudieran ser tocados simultáneamente por el personal.

- b) Prevención de daño al equipo.

Se requiere que bajo condiciones de falla, sea limitado el voltaje que aparece entre las carcasas del equipo y la red de tierras cuando circula una corriente de falla.

- c) Mayor confiabilidad y continuidad del servicio eléctrico.- Facilitar, mediante la operación de equipos de protección que utilicen la corriente de falla a tierra para su operación, la eliminación de las fallas a tierra en los sistemas eléctricos, obteniendo una mejor calidad en el servicio.

#### 10.3.- Elementos Componentes de la red de tierras.

a) Conductores Red o malla de conductores de cable de cobre desnudo de calibre calculada y enterrados a una profundidad que usualmente varia entre 0.5 y 1 metro. Se utiliza el cobre por su excelente conductividad eléctrica, térmica y por su resistencia a la corrosión. En el cálculo del sistema pueden resultar calibres de conductor número 2 ó 4 AWG, pero por razones mecánicas se tiene que instalar como mínimo el calibre 2/0 AWG (4/0 AWG)

B) Electrodo.- Son varillas que se clavan en el terreno y que proporcionan a la malla contacto con zonas mas húmedas del subsuelo que tienen menor resistividad eléctrica.

Se ha utilizado comúnmente varillas de cooper Weld que consiste en una varilla de acero con recubrimiento de cobre.

Este tipo de varilla combina las ventajas del cobre con la alta resistencia mecánica del fierro para poder ser clavada en el terreno.

#### C) Conectores y Accesorios

Son los elementos que sirven para unir los conductores de la red de tierras, además de conectar las varillas o electrodos y los conductores derivados de equipos y estructuras a la red.

Los conectores utilizados en el sistema de tierras pueden ser mecánicos soldables o a presión.

Todos los tipos de conectores deben poder soportar la corriente de la red de tierras en forma continua.

Es posible utilizar cualquier tipo de conector, evaluando sus ventajas y desventajas o combinarlos, dependiendo del lugar o partes que vayan a conectar.

10.4 Configuraciones básicas de la red de tierras básicamente son tres sistemas.

#### 1.- Sistema Radial

Es mas económico y consiste en uno o varios electrodos a los cuales se conectan las derivaciones a cada aparato.

Tiene la gran desventaja de producir elevadas diferencias de potencial debidas a las grandes distancias de descarga a tierra.

#### 2.- Sistema en anillo.

Consiste en un cable de cobre de suficiente sección colocado en forma de anillo alrededor de la superficie del equipo de la subestación, al cual se conectan las derivaciones de aparatos, usando cable de menor calibre.

Es económico y elimina las desventajas del sistema radial ya que disipa la corriente de falla por varios caminos en paralelo.

#### 3.- Sistema en Malla

Consiste en una malla formada por cable de cobre y conectada a través de electrodos a partes mas profundas con zonas de menor resistividad.

Es el sistema mas usado, por su alta eficiencia, a pesar de ser menos económico.

#### 10.5.- Límites de corriente y diferencias de potencial tolerables por el cuerpo humano.

El umbral de percepción en el cuerpo humano se acepta generalmente de 1 mili ampere.

Sin embargo es posible tolerar intensidades de corriente superiores dependiendo de la duración del contacto.

La ecuación que liga los parámetros de la intensidad de corriente y el tiempo que puede tolerarla un organismo es:

—

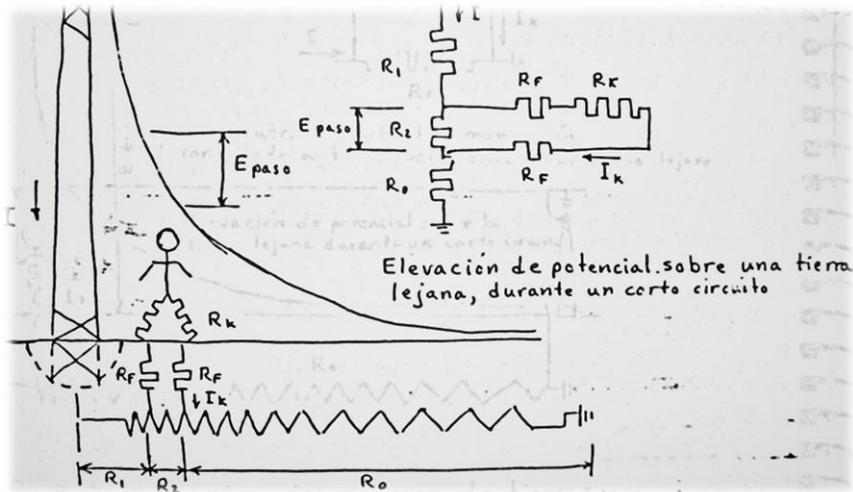
Donde: 0.0135 = Constante de energía, derivada empíricamente.

$I_k$ = Corriente RMS que circula por el cuerpo

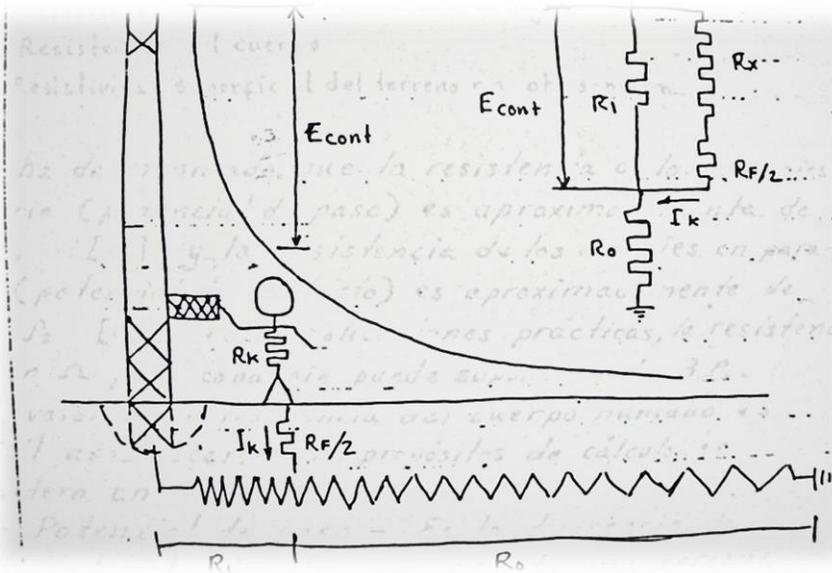
T= Tiempo de duración del choque eléctrico en segundos.

En lo que se refiere a diferencias de potencial se pueden definir tres tipos:

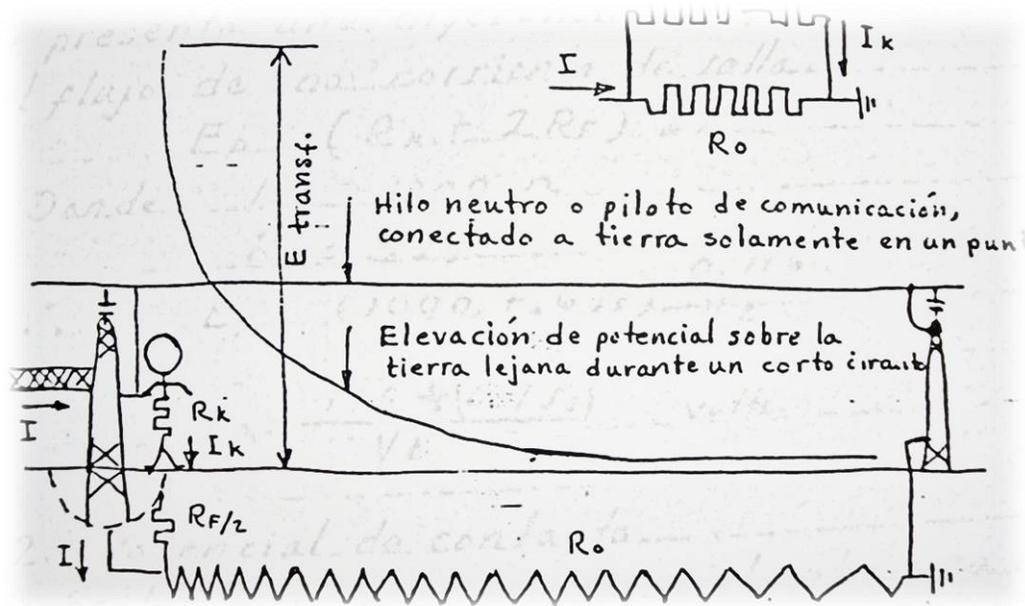
Tensiones de paso, cerca de una estructura conectada a Tierra



Potencial o tensión de contacto



Potencial de transferencia



Donde:

$R_1, R_2$  y  $R_0$ = Resistencias del sistema de tierras

$R_m$ = Resistencia de contacto de la mano o cero

$R_z$ = Resistencia de los zapatos o cero

$R_f$ = Resistencia del terreno inmediato debajo de cada pie

$R_k$ = Resistencia del cuerpo

$P_s$ = Resistencia superficial del terreno en ohms - metro

Se ha determinado que la resistencia de los dos pies en serie (potencial de paso) es aproximadamente de  $6 P_s \Omega$  y la resistencia de los dos pies en paralelo (potencial de contacto) es aproximadamente de  $1.5 P_s \Omega$ . Para aplicaciones prácticas, la resistencia  $R_f$  en  $\Omega$  para cada pie puede suponerse de  $3P_s$ .

El valor de la resistencia del cuerpo humano es difícil establecer. Para propósitos de cálculo se considera un valor de  $1000\Omega$ .

1.- Potencial de paso.- Es la diferencia de potencial entre los dos pies, cuando una persona está parada en la superficie del terreno y en el cual se presenta una diferencia de potencial causado por el flujo de una corriente de falla.

$E_p = (R_x + 2 R_f) I_k$

Donde  $R_k = 1000 \Omega$

$R_f = 3 P_s$

$E_p = (1000 + 6P_s) \frac{I_k}{2}$

2.- Potencial de contacto

Es la diferencia de potencial entre una mano y los dos pies cuando se está tocando un equipo aterrizado. Está diferencia de potencial depende de la distancia y el punto en el cual la persona esta parada. El potencial será mas grande cuando las persona esta parada en el centro de la malla.

$$E_c = (R_x + R_f/2) I_x$$

$$E_c = (1000 + 1.5 P_s) \frac{I_x}{\dots}$$

3.- Potencial de transferencia

Es un caso especial de potencial de contacto, cuando el contacto se da en puntos remotos, y en donde la tensión del choque eléctrico puede ser igual a la elevación total de potencial de la malla de tierra. Sin embargo este potencial puede ser eliminado con aparatos de protección como pueden ser transformadores de aislamiento y de neutralización, o conexiones especiales de los elementos de la subestación.

Por ejemplo se recomienda que el perímetro de la malla de tierra se extienda mas allá de la reja de protección de 1.0 a 1.5 metros fuera de ella para evitar tensiones de contacto peligrosas a personas ajenas a la subestación.

10.6.- Procedimiento de cálculo del Sistema de Tierras.

10.6.1.- Calcular los potenciales tolerables por el cuerpo humano.

10.6.2.- Investigar las características del terreno. Normalmente se obtienen muestras del terreno que pueda permitir juzgar su homogeneidad y condiciones de humedad del mismo.

Para determinar la resistividad eléctrica es conveniente hacer mediciones. Las mediciones deben incluir datos sobre temperatura y condiciones de humedad en el momento de efectuarlas, tipo de terreno, profundidad de la medición y concentraciones de sales en el suelo, que afectan la resistividad.

Algunos valores de diferentes tipos de terreno

TIPO DE TERRENO	RESISTIVIDAD EN OHMS – METRO
Tierra organica húmeda	10
Tierra húmeda	10
Tierra seca	10
Roca sólida	10

10.6.3.- Determinación de la corriente máxima de falla a tierra. Aquí se hace el cálculo de la corriente de corto – circuito.

10.6.4.- Diseño preliminar del sistema de tierras. Se propone un diseño práctico del sistema de tierras basado en establecer límites seguros de diferencias de potencial que pueden existir en la subestación, bajo condiciones de falla, entre puntos que pueden ser tocados por el personal.

Una malla deberá ser bordeada en su perímetro para evitar concentraciones de corriente y por lo tanto diferencias de potencial altos en los extremos de los cables.

a) Cálculo del calibre del conductor de la red. Además de los conductores, las conexiones y los electrodos deberán ser diseñados para:

a.1) Que no se fundan o deterioren en las condiciones mas desfavorables de magnitud y duración de la corriente de falla.

a.2) Tener alta resistencia mecánica

a.3) Tener suficiente conductividad para que no contribuyan apreciablemente a producir diferencias de potencial locales.

La siguiente ecuación permite seleccionar el conductor y las uniones adecuadas.

Donde: I= Corriente en Amperes

A= Sección del cobre en Circular Mills

T= Tiempo durante el cual circula la corriente de falla, en segundos.

Tm= Temperatura máxima permisible en °C = 450°

Ta= Temperatura ambiente °C

La siguiente tabla nos indica el calibre del conductor de cobre mínimo para prevenir la fusión en circular Mills.

TIEMPO DE DURACION DE LA FALLA	CIRCULAR MILS POR AMPER		
	CABLE SOLO	CON UNIONES DE SOLDADURA DE LATON	CON UNIONES DE CONECTORES
30 Segundos	40	50	65
4 Segundos	14	20	24
1 Segundo	7	10	12
0.5 Segundos	5	6.5	8.5

Tm= 1083°C Temperatura de fusión del cobre

Tm= 450°C temperatura para soldadura de latón

Tm= 250°C temperatura para uniones con conectores

2.- Cálculo de la longitud mínima requerida de la red.

Previamente al cálculo de la longitud mínima se hace uso de la ecuación que limita la tensión de contacto ya que las tensiones de paso que se obtienen en instalaciones apropiadas son generalmente menores y además las resistencias en serie con los pies limitan la corriente a través del cuerpo y éste tolera corrientes de magnitud superior a través de las extremidades inferiores.

Se escogen las tensiones de contacto de estructuras conectadas a tierra; ya que existen muchas posibilidades de que el objeto tocado a distancias superiores a un metro, esté conectado directa o indirectamente a la malla.

Este caso especial de tensión de contacto se llama "Tensión de malla", y en general tiene un valor mayor que la tensión de contacto.

Los valores de las diferentes tensiones tienen las siguientes magnitudes:

E paso= 0.1 A 0.15pi

E contacto= 0.6 A 0.8 pi

E malla=Pi

Donde: E paso = Tensión de paso sobre una distancia horizontal de un metro, en Volts.

E contacto = Tensión de contacto a una distancia horizontal de un metro del conductor de la malla. Ahora una ecuación que toma en cuenta:

- Profundidad de enterramiento
- Irregularidad en el flujo de la corriente en diferentes partes de la red
- Diámetro de los conductores
- Espaciamiento de los conductores

Amalla= Km Ki P I/L

Donde Emalla= Diferencia de potencial en volts, del conductor de la malla y la superficie del terreno al centro de la malla.

Km= Coeficiente que toma en cuenta el efecto del número de conductores paralelos "h", en la red; el espaciamento "D" de los mismos, el diámetro de los conductores de la red y la profundidad de enterramiento "h" de los mismos.

El número de factores dentro del paréntesis del segundo término es de 2 menos que el número de conductores paralelos n de la red excluyendo conexiones transversales.

K = Factor de corrección por irregularidades, debido a lo no uniformidad del flujo de corriente en diferentes partes de la red.

$$1.2 \leq k_i \leq$$

Ki depende de la geometría de la red

En general ki puede calcularse por:

$$K_i = 0.65 + 0.172 n$$

Donde n= número de conductores paralelos en la malla en una dirección, excluyendo las conexiones transversales.

P = Resistividad promedio del terreno en

I= Corriente máxima total RMS

L= Longitud total de conductor enterrado, en m.

Una vez calculadas las tensiones de paso, de contacto y de malla y utilizando las longitudes aproximadas del diseño preliminar de la red, se comparan los valores de tensiones con los valores tolerables por el cuerpo humano y en esta forma se sabe si el diseño queda dentro de los límites de seguridad requeridos.

En caso contrario, es necesario calcular la longitud total del conductor necesario para estar dentro de los límites de seguridad lo cual se logra igualando el potencial de malla con el potencial de contacto tolerable por el cuerpo humano.

$$K_m K_i P I/L = 116 + 0.17 P_s / \sqrt{t}$$

Despejando L

$$L = \frac{K_m K_i P I}{116 + 0.17 P_s / \sqrt{t}}$$

Donde L= Longitud aproximada del conductor enterrado, requerido para mantener el potencial de malla dentro de los límites de seguridad

P = Resistividad del terreno inmediato bajo los pies en ohms – metro

3.- Cálculo de la resistencia del sistema de tierras

$$R = P/4r + P/L$$

Donde:

R= Radio en metros de un círculo que tenga la misma área que la que es ocupada por la malla de tierras

L= Longitud total de los conductores enterrados en metros

P= Resistividad del terreno en ohms – metro

4.- Cálculo del máximo aumento del potencial de la red.- El máximo aumento de potencial en la red de tierras sobre un punto remoto, se obtiene de la ecuación

$$E = RI$$

5.- Cálculo de los voltajes de paso en la periferia.

Los sistemas de tierras pueden ser diseñados de tal manera que el potencial de paso en la periferia sea reducido.

Por lo tanto se debe calcular los potenciales de paso en la periferia con la siguiente ecuación:

$$E_{\text{paso}} = K_s K_i P I/L$$

Donde  $K_s$  = Coeficiente que toma en cuenta el efecto del número de conductores paralelos “n”, el espaciamiento “D” y la profundidad de enterramiento “h” de los conductores

El número total de términos dentro del paréntesis será igual al número de conductores paralelos en la red excluyendo las conexiones transversales.

Si el potencial de paso calculado resulta mas elevado que el potencial de paso tolerable por el cuerpo humano, tendrán que hacerse correcciones en el terreno que nos lleven a igualar la resistividad tanto fuera como dentro de la red.

6.- Cálculo del número de varillas de la red.

El número de varillas en la red puede ser calculado con la ecuación

$$N = \frac{R}{A} \left( \frac{L}{b} \right)^2$$

Donde: R= Resistencia del grupo de varillas en la red, puede suponerse R igual a la resistencia de la malla, en ohms.

P= Resistividad del terreno en ohms – metro

N= Número de varillas de la red

L = Longitud de cada varilla en metros

b= Diámetro de la varilla en metros

A= Area donde se encuentra la varilla en metros cuadrados

$K1$  = Coeficiente función de la relación de la longitud y ancho del área

Para varillas de 3 metros (10 ft) de longitud y 19 mm de diámetro, la ecuación se puede escribir

#### 10.6.5. Corrección del diseño preliminar

- Reducir la resistencia total de la red. Hay dos formas de reducirla que son: aumentando el área ocupada por la red, incrementando el número de varillas enterradas.
- Reducir el espaciamiento de los conductores que forman la malla acercándose en los límites a la condición de placa metálica.
- Agregar capas de roca triturada de alta resistividad en la superficie del terreno para aumentar la resistencia en serie con el cuerpo.
- Limitar cuando sea posible las corrientes de falla a tierra.
- Prohibir el paso a ciertas áreas limitadas.

#### 10.7.- Ejemplo de cálculo del sistema de tierras

##### 1.- Cálculo de los potenciales tolerables por el cuerpo humano

$P_s = 1000 \Omega m$   $t = 0.5$  seg

- Potencial de paso tolerable

- Potencial de contacto tolerable

2.- Investigación de las características del terreno. De acuerdo al tipo de terreno y refiriéndonos, utilizaremos una resistencia promedio de:

$P = 10$  ohms – metro tierra orgánica húmeda

Y consideraremos una resistividad superficial de:

$P_s = 1000$  ohms – metro

El área de la red está restringida a  $14 \times 8.5$  m

3.- Determinación de la corriente máxima de falla a tierra.

Del análisis de corto circuito presentando, tenemos una corriente máxima de falla a tierra de:

$I_{cc} = 21402.7$  Amperes – Simétricos

4.- Diseño preliminar del sistema de tierras.

##### 4.1 Determinación de la sección del conductor requerido para la malla de acuerdo con la ecuación de la corriente

Considerando un tiempo de despeje de la falla igual a 0.5 segundos y conexiones tipo soldable. Con estas condiciones requerimos 6.5 Circular Mills (CM) por ampere de falla

La sección requerida será:

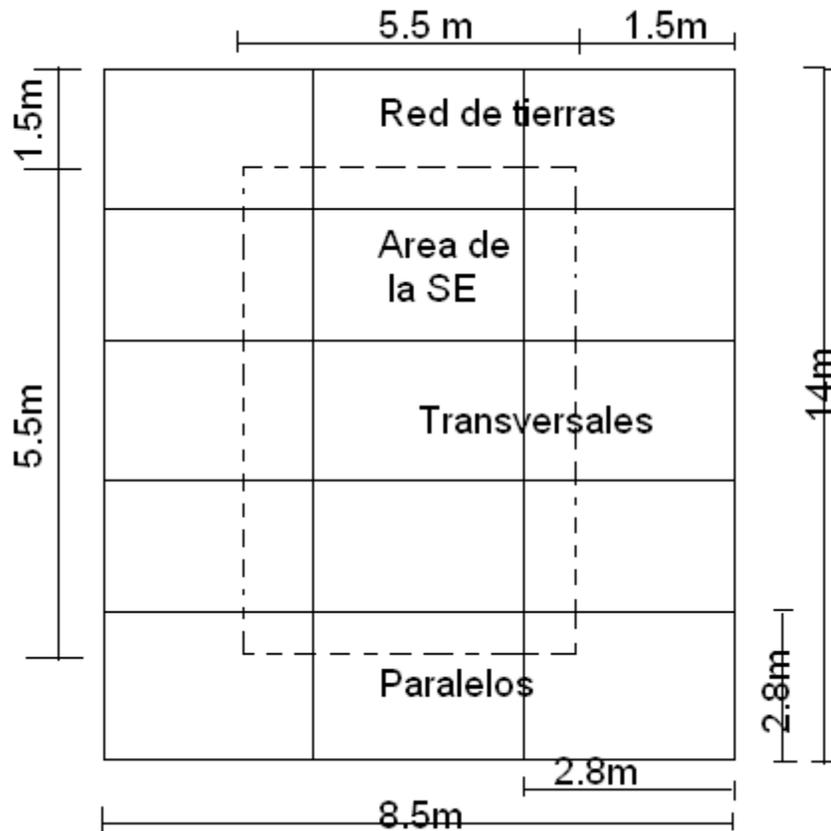
$6.5 \times 21402.7 = 139117.55$  ó  $139.117$  MCM

El calibre 1 nos da 83 600 MCM y su diámetro es de 0.00833 m. Por consideraciones mecánicas usaremos el calibre 1/0 AWG que da 105500 MCM y su diámetro es de 0.009266 m.

Considerando una profundidad de enterramiento de la red de 0.60 metros

4.2 Longitud mínima requerida para la red.

Primeramente haremos un arreglo preliminar de la malla de acuerdo con la localización de equipo en la subestación y de las dimensiones de la misma. Consideraremos 6 conductores transversales y calcularemos para 4 conductores paralelos



Calculo de los coeficientes  $K_m$  y  $K_i$   
La longitud mínima requerida

$$L = \frac{K_m K_i P I \sqrt{t}}{116 + \cos 17 * P_s}$$

Calibre AWG	Circular Mils	Diam Pulg	Diam Mm
1	83600	0.328	8.3312
1/0	105500	0.365	9.268
2/0	133100	0.414	10.5156
3/0	167800	0.464	11.7856
4/0	211600	0.522	13.2588

$K_m = 0.5632$

Ahora  $K_i = 0.65 + (0.172 - 4) = 1.338$

Cálculo de la longitud mínima requerida

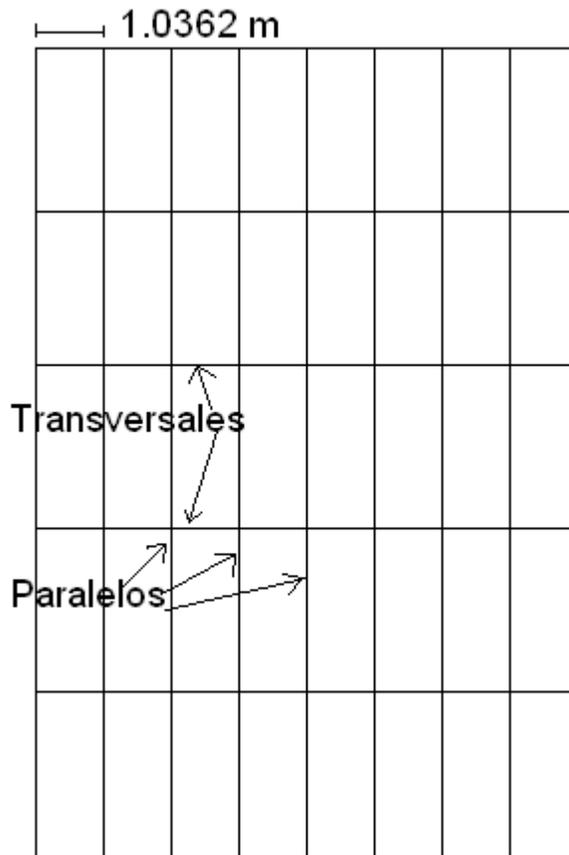
$L = 398.8$  metros

De acuerdo con la figura la longitud total de la red es:

$L_m = (4 \times 14) + (6 \times 8.5) = 107$  metros

De donde vemos que:  
 $L_m < L_{\text{ósea}} < 398.8\text{m}$

Como la longitud actual de la red es menor que la mínima requerida, aumentamos a:



6 conductores transversales y 9 conductores paralelos y recalculando km y ki

-----  
 $K_m = 0.1064$   
 $K_i = 0.65 + (0.172 \cdot 9) = 2.198$   
Recalculando la longitud mínima requerida

-----  
Ahora la longitud real es:

$$L_m = (9 \times 14) + (6 \times 8.5) = 177 \text{ m}$$

De donde observamos:

$$L_m > L_{\text{ósea}} \quad 177 \text{ m} > 123.77 \text{ m}$$

4.3 Cálculo de la resistencia de la red

$$A = 14 \times 8.5 = 119 \text{ m}^2 \text{ área de la red}$$

Entonces:

4.4 Cálculo del máximo aumento de potencial de la malla.  $E = R I$

$$E = 0.4627 \times 21402.7 = 9903 \text{ Volts}$$

4.5 Cálculo de los voltajes de paso en la periferia

Cálculo del potencial de paso en la malla

$$E_{\text{paso}} = K_s K_i P I / L$$

Cálculo del coeficiente  $K_s$

$$K_s = 0.9716$$

$$E_{\text{paso}} = 0.9716 \times 2.198 \times 10^4 \times 2142.7 / 177 = 2582.32 \text{ Volts}$$

Vemos que

$$E_{\text{paso}} > E_s \quad E_s = \text{potencial de paso tolerable}$$

$$2582.32 > 11.54 \text{ Volts.}$$

Lo que representa peligro para las personas en el momento de falla. Por lo que reduciremos el espaciamiento de los conductores transversales, haciendo la siguiente consideración.

Como en la ecuación  $E_{\text{paso}} = K_s K_i P I / L$ ,  $k_s$ ,  $k_i$ ,  $P$  e  $I$  son constantes sin variar los conductores paralelos y  $E_{\text{paso}}$  debe ser menor a  $E_s$  tolerable por el cuerpo humano:  $E_{\text{paso}} = E_s = 1154 \text{ Volts}$ .

Podemos calcular la longitud mínima requerida para estar en el límite de seguridad.

$$1154 = 0.9716 \times 2.198 \times 10^4 \times 21402.7 / L_m$$

Despejando  $L_m$  tenemos

$$L_m = 0.9716 \times 2.198 \times 10^4 \times 21402.7 / 1154 = 396 \text{ m}$$

Ahora calcularemos el número de conductores transversales necesarios para tener  $L_m = 396 \text{ m}$   $L_m = (9 \times 14) + (\text{Cond. Transversales} \times 8.5)$

Despejando:

$$\text{Cond's transversales} = (396 - 126) / 8.5 = 31.76 \sim 32$$

Por lo que tenemos: 32 conductores transversales con espaciamiento de 0.4516 metros

Por geometría consideramos 36 conductores transversales con espaciamiento de 0.40 metros, tenemos los siguientes valores.

$$K_m = 0.1064$$

$$K_i = 2.198$$

$$L = 123.77 \text{ metros}$$

$$L_m = 432 \text{ metros reales}$$

$$R = 0.4293 \text{ ohms}$$

$$E = 9189.4 \text{ Volts}$$

$K_s = 0.9716$

E paso = 1058.176 volts

Comprobación de las condiciones de seguridad

a) El potencial de paso en la malla cumple, ya que:

$E_{\text{paso}} < E_s$  ó sea  $1058.176 < 1154$  Volts

b) El potencia de malla debe ser menor que el potencial de contacto tolerable

$E_{\text{malla}} < E_t$

$E_{\text{malla}} = K_M K_i P I/L$  o lo que es lo mismo

\_\_\_\_\_

Sustituyendo valores:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

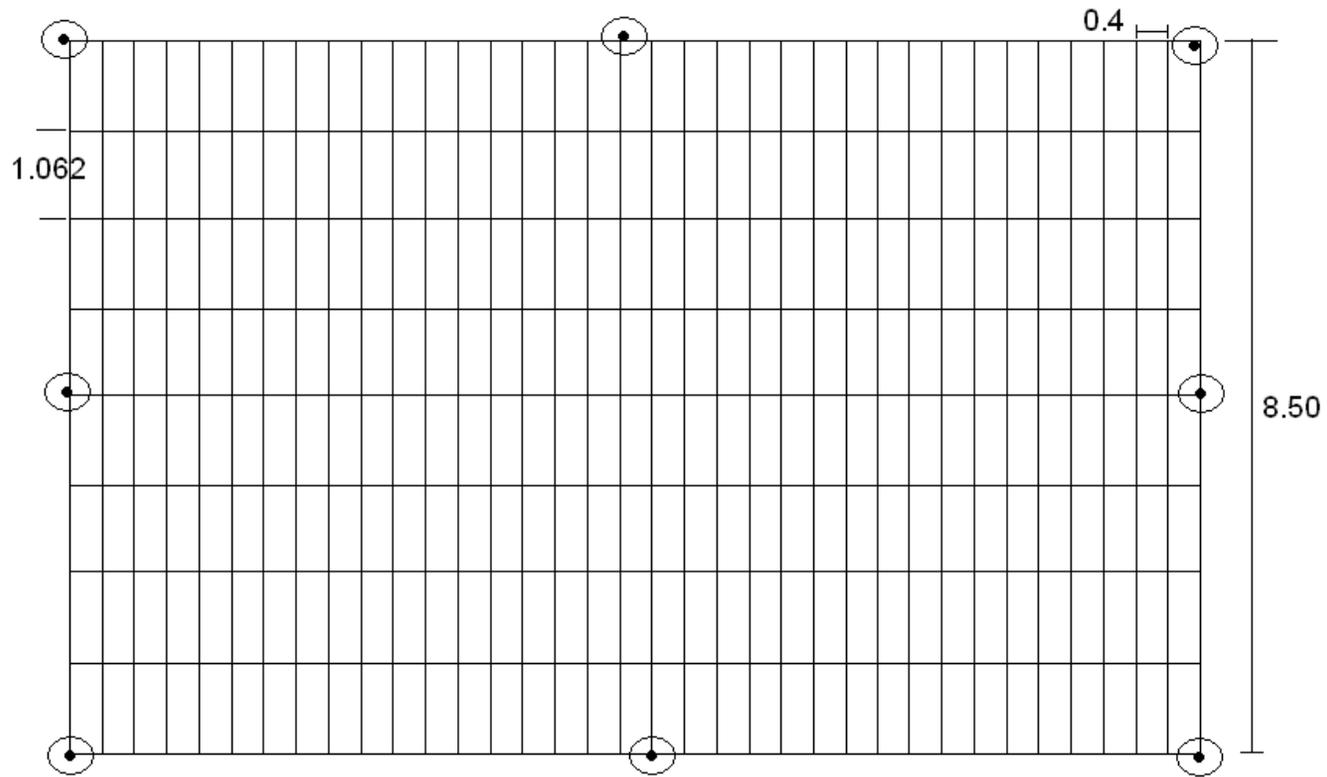
-88 < 116 Por lo tanto cumple con las condiciones de seguridad al personal y al equipo.

4.6 Cálculo del número de varillas de la red.

\_\_\_\_\_

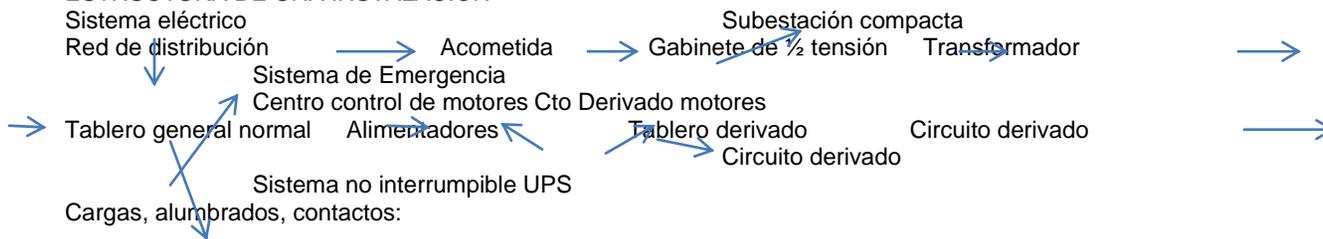
Proponemos  $n = 8$  varillas

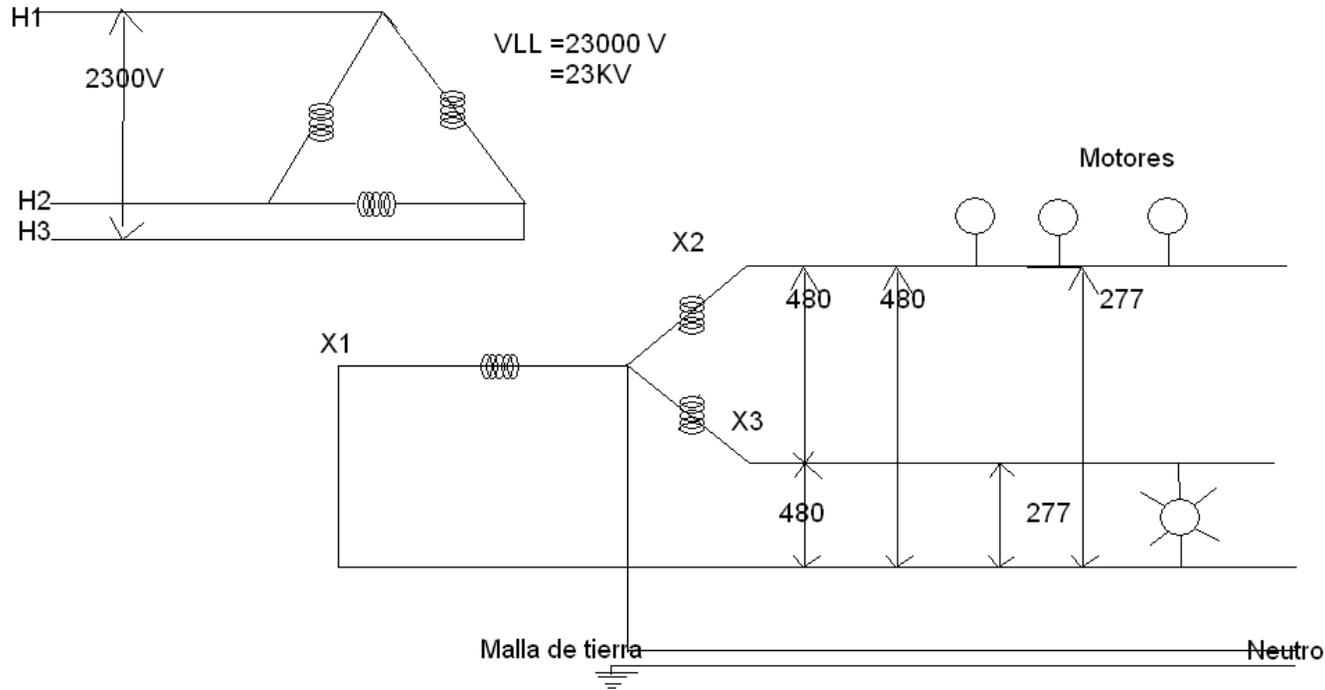
Se emplearán 8 varillas tipo cooperweld de 16 mm de diámetro por 3 metros de longitud



Un alimentador es un circuito trifásico  
 Todo lo que es media tensión es subterráneo

### ESTRUCTURA DE UNA INSTALACIÓN





$480/\sqrt{3}=277$  que es el que realmente se utiliza  
 Cableado polarizado de equipo  
 La conexión estrella siempre debe estar aterrizada.

H.I.D.= High Intensity Discharge  
 Cargas trifásicas son los motores.  
 Cargas monofásicas es la iluminación.  
 Los tipos de luminarias más usadas son:  
 Vapor de sodio (color amarillo)  
 Metales aditivos (los que hay en centros comerciales)  
 Mercurio

La corriente de un motor es:  
 $I = \frac{Hp (746)}{\sqrt{3} (VLL) \cos\theta}$   
 Ejemplo: Baja Tensión  
 20 Hp  
 $N=0.9 \quad I = \frac{20(746)}{\sqrt{3} (220) (0.85) (\cos\theta)} = 51.84 \text{ A}$   
 FP= 0.85

Ejemplo 2.- Media Tensión  
 20 HP  
 $N=0.9 \quad I = \frac{2(746)}{\sqrt{3} (480) (0.85) (0.9)}$   
 FP=0.85

1HP  $\cong$  1KVA

$$I \cong 20 \text{ KVA} / \sqrt{3} (0.22 \text{ KV}) = 52.48 \text{ A}$$

$$I \cong 20 \text{ KVA} / \sqrt{3} (0.48 \text{ Kv}) = 24.05 \text{ A}$$

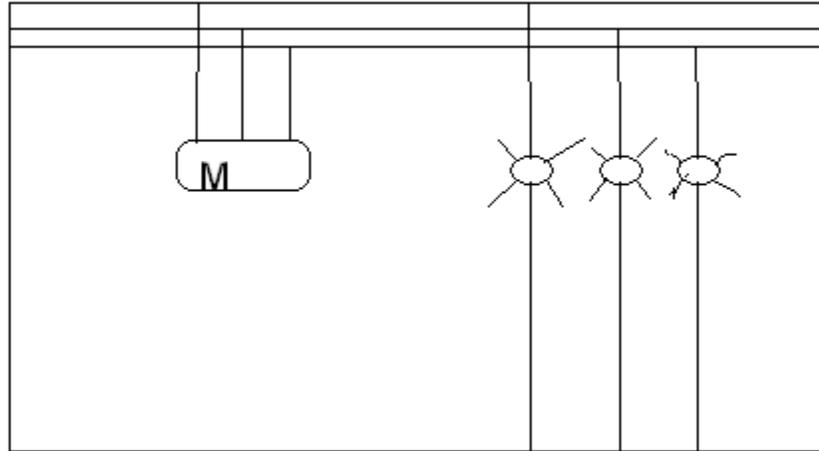
Por norma en un diseño se tiene la tabla de corrientes de motores que aparece en la norma, artículo 430.

Los motores de esta categoría son de 460v porque no existen motores de 480v

Cuando hay desbalanceo de voltajes los motores se queman.

“El sistema estrella es estable”

Una lámpara de Aditivos metálicos es de 250 W.

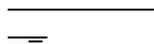


FP= 80%

n= 0.9

I= P/V Monofásico

I= P/ V(n) (FP)



De acuerdo a la norma es un proyecto se debe considerar las corrientes que aparecen en la placa de datos del luminario en cuestión.

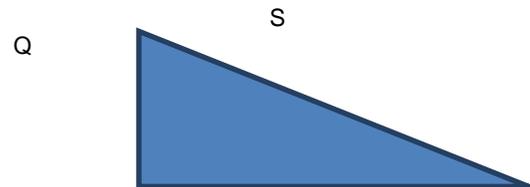
S= VI monofásico

S= $\sqrt{3}$  VI Trifásico

W= $\sqrt{3}$  VIcos $\theta$

Q= $\sqrt{3}$  VI sen $\theta$

FP=cos $\theta$



12/08/03

Para una instalación se usa cable de cobre flexible

En instalaciones eléctricas de baja tensión la tensión es hasta 1000v, a lo que es igual  $V_{LL} \leq 1000V$

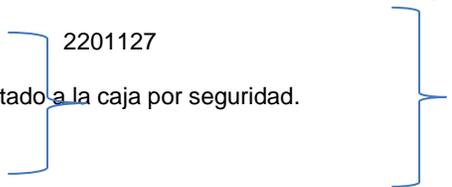
TARIFAS

1 127 0; 220 2 0; 220 3 0 Tensión suministro y hueso

2 220 30

3 220 30 2201127

El neutro esta conectado a la caja por seguridad.



## INSTALACIONES ELECTRICAS II

Baja tensión

Media Tensión (4,160 V      34,500V)

TARIFAS      OM      13,200 CFE= 23,00V (480/277)  
                  OH      23,000 LFC  
                            34,500 CFE  
                            Tensión de Suministro

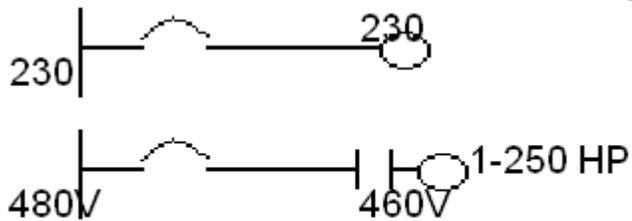
Base mogol = La que esta enroscada

480=Para motores de 460v,      1-250Hp, trifásico  
Motores 3  $\theta$  de 400V = 250 HP    5000HP  
23.00=4160V = Tensión de Uso

Su justifica cuando se tienen mas de 225 KVA de carga demandada o cuando se tienen motores mayores a 50HP. 2 $\theta$

Tension de Uso

Uso: Lampara de gran altura de montaje en 227 V mas de 4 m



Rangos de Voltaje

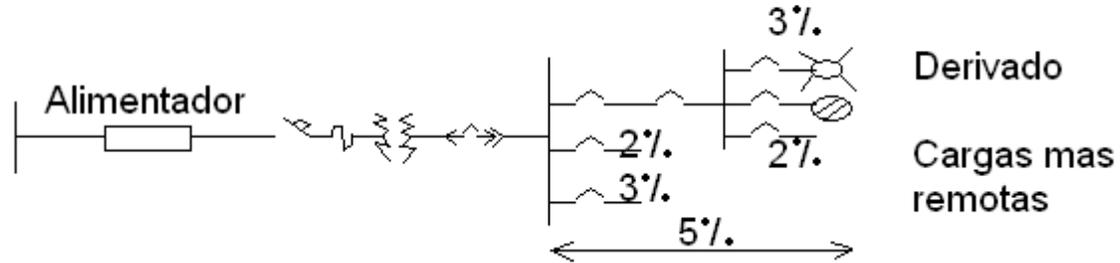
10% Emergencia

5% OK en condiciones nominales

Tensión nominal 460v

5% OK en condiciones nominales

10% Emergencia



Caída de tensión puntual (Por Z del tr  $Z= 2-6\%$ )  
 INSTALACIONES ELECTRICAS III  
 ALTA TENSION  
 $85\ 000v \leq VLL \leq 230000\ V$

#### TARIFAS

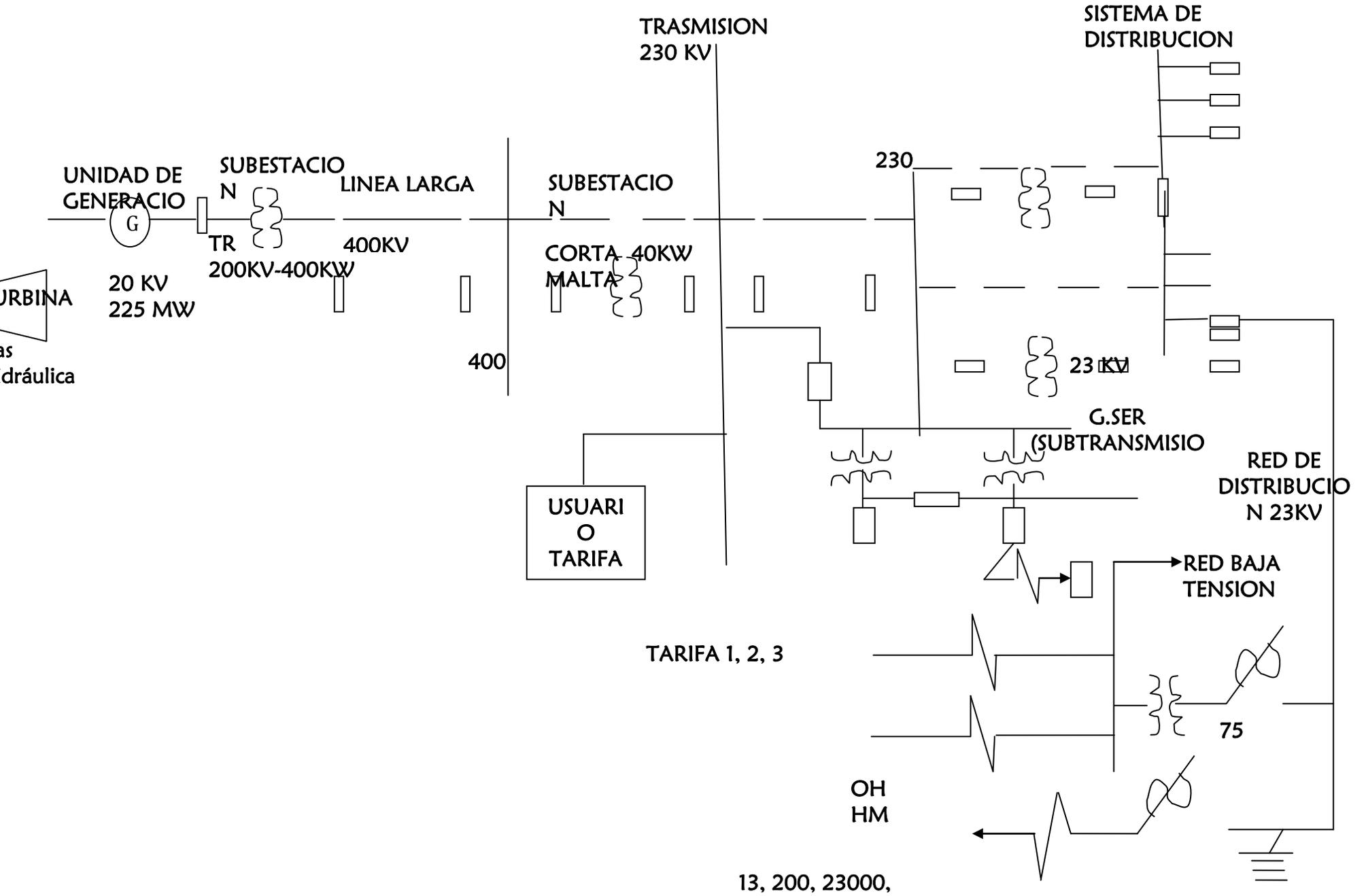
H.S Horaria Subtransmitida  
 H.T Horaria trasmisión  
 H.M Horario Media Tensión 100 KW

Para llevar a cabo una instalación se necesita saber cuál es la demanda de la carga.

En toda instalación eléctrica se puede definir el tamaño en función de la carga

- Instalación: (Instalada) Suma de los KW ó KVA de los equipos instalados (existen)
- Carga Demandada: Depende del perfil de consumo horario y a su vez de la forma en que opere la instalación.

Lay- Out = Como esta distribuida la planta (que secuencia tiene el equipo).



400W                      Oficinas  
 1200HP Proceso 1      Proceso 2  
 500KVA                  Proceso 3  
                                 Bodegas  
 400KW + 896 + 450= 1746 KW

CARGA TOTAL INSTALADA

	Proceso 1	Proceso 2	Proceso 3	Bodegas	Oficinas	Total
INSTALACION	400 KW	200	400	100	100	1200
CONTACTOS	100	50	100	50	50	350
MOTORES	896	400	1000	0	0	2296
OTROS	0	100	50	0	0	150
TOTAL	1396	750	1550	150	150	3996

**ANALISIS DE DEMANDA CORRECTO**

PROCESO 1.- Kilowatts que demanda

DEMANDA MAXIMA: Demanda en KW que se sostiene mas de 15 minutos

Existen cargas por demanda y cargas por energía

Factor de demanda= Demanda Máxima (Kv) / carga instalada (KW)  $\cong$  0.6    0.2     $\rightarrow$

Por ley se mueven 06.

Para hacer el cambio de tarifa se necesita hacer una instalación de 23000 v

Una vez determinada la demanda máxima es posible definir la tarifa a conectarse.

Tarifa hasta 25 KW			
220/127	2		Negociación en la sucursal
220/127	3	De 25 KW en adelante (se recomienda hasta 50 KW)	Cuenta especial (se negocia en el edificio central de CFE)
13200	OM CFE	Hasta 100 KW	Cuenta especial
23000	OM LFC		
13200	HM CFE	100KW < dM 5000KVA	Cuenta especial

Si el cliente pronostico una demanda superior a 100kw, se irá a tarifa HM con la siguiente cuenta:

- 1) Realiza solicitud de servicio en LFC
  - a) Datos de carga
  - b) Ubicación
  - c) Razón social
  - d) Domicilio
  - e) Apoderado Legal
  - f) Etc.
- 2) Se hace por LFC estudio de facilidad. Se determinan las obras necesarias en la red de distribución para poder dar el servicio
- 3) Se elabora el presupuesto al cliente
  - a) Obra especifica                    \$20,000 por KW, línea de transmisión aérea  
     \$10,000 Poste vestido  
     \$60,000 Transformador hasta 112 KW

b) Cargo por capacidad

Aproximadamente \$1,200 KW

### CURVA DEMANDA

Cálculos de acuerdo a la gráfica  
En tarifa 3 (Región Central)

Agosto

Cargo por demanda = \$135.13

Cargo x Kwh = \$0.851

Consumo

0-6hrs	6*20=1200 Kwh	120	
6-7hrs	1*50=50 KWH		50
7-8hrs	1*200=200Kw		200
8-19hrs	11*450=4950KWH	4950	
19-20hrs	1*50=50KWH		50
20-24hrs	4*20=80KWH		80
			5450KWH

Al mes 30\*5450=163500KWH

Costos

Cargos por demanda: \$(135.13) (450) = 60808.5

Cargos por kilowatt hora: \$ (0.851) (165500) = 139138.5

Cargo total Mensual \$ 199 946.5 + IVA

Cargo total Anual = (12) (199,946.5)

\$ 2 399 358.00 15%

AHORA CON TARIFA HM

Cargo por demanda facturable = 84.66

Cargo por Kwh punta =1, 5996

Cargo por Kwh intermedio = 0.5117

Cargo por Kwh base = 0.4274

PERIODO

Lunes-Viernes

BASE

120 Kwh

INTERMEDIO

50 Kwh

200 Kwh

4950 Kwh

50

40

PUNTA

40

0-6

6-7

7-8

8-19

19-20

20-22

22-24

120 Kwh

50 Kwh

200 Kwh

4950 Kwh

50 Kwh

40 Kwh

40 Kwh

120 KwH                      5290 KwH                      40KWH

SABADO

BASE 120 KwH 50 KwH	INTERMEDIO  200 KwH 4950 KwH 50 40 40	PUNTA	0-6 6-7 7-8 8-19 19-20 20-22 22-24	120 KwH 50 KwH 200 KwH 4950 KwH 50 KwH 40 KwH 140 KwH
---------------------------	---	-------	--	---

170 KwH                      5280 KwH                      0

DOMINGO

BASE 120 50 200 4950	INTERMEDIO  50 40 40	PUNTA	0-6 6-7 7-8 8-19 19-20 20-22 22-24	120 KwH 50 KwH 200 KwH 4950 KwH 50 KwH 40 KwH 40 KwH
----------------------------------	----------------------------------	-------	--	--

5320 KwH                      130 KwH                      0

TABLA RESUMEN

	BASE	INERMEDIO	PUNTA
Lunes – Viernes x 5 días	600	26,450	200 KwH
Sábado x 1 día	170	5,280	0
Domingo x 1 día	5 320	130	0
<b>TOTAL</b>	<b>6,090 KwH</b>	<b>3,1860 KwH</b>	<b>200 KwH</b>

CARGO POR ENERGIA SEMANAL

Base (6.090 KwH) (\$0,4274) =	\$ 2,602
Intermedio (3,1860 KwH) (\$0,5117) =	\$16,302
Punta (200 KwH) (\$1,5996) =	\$319,92
<b>TOTAL</b>	<b>\$19,223</b>

**COSTO DE ENERGIA ANUAL**

52 semanas x \$ 19,223 = \$ 999,596

Costo de energía Mensual = 999,596/12 = \$83,299

Con las tablas de la Tarifa HM

Demanda facturable, (lunes – Viernes)

$$DF = DP + FRI * \text{MAX} (DI - DP, 0) + FRB * \text{MX} (DB - DPJ, 0)$$

DP= 20 KW

FRI= 0.3

DI= 450 KW

FRB= 0.150

DG= 20 KW

Cuando la DP es mayor que la DF se vuelve cero

Cargo x demanda facturable= 84,66 kW

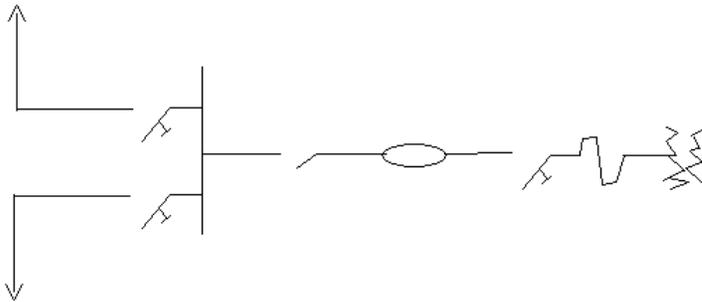
Costo mensual \$DF = (149) (89,66) = \$ 1,261,434

Costo anual =12 (1261434) = \$151, 372.08

**RESUMEN DE COSTO (SIN IVA)**

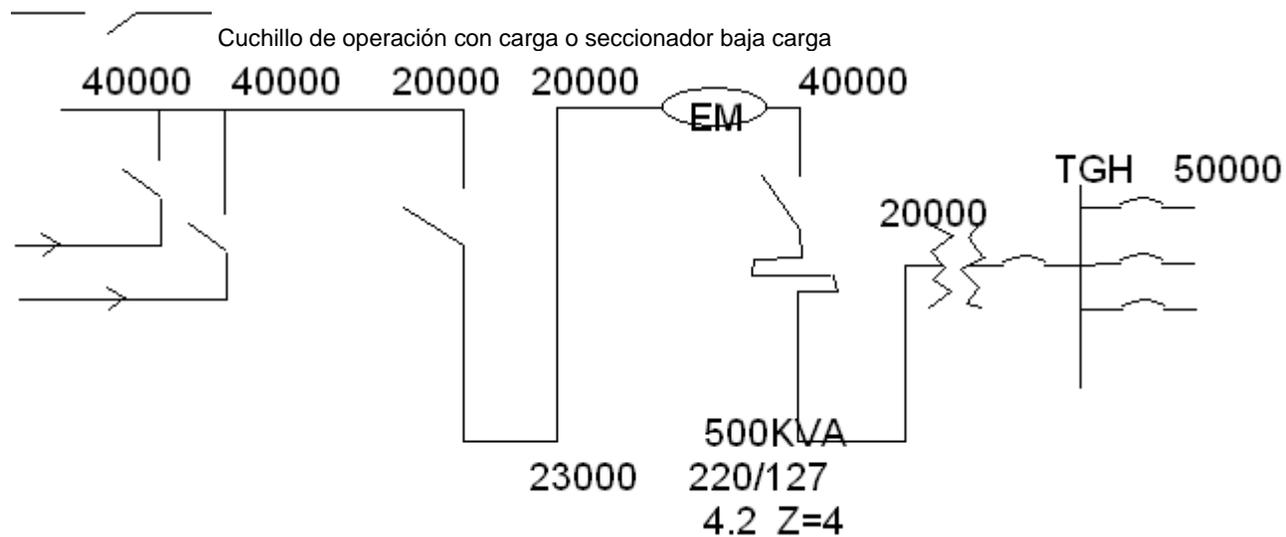
TARIFA	MENSUAL	ANUAL
3	199.946.5	2,399.358
HM Energía	\$83,299.00	
D Facturable	\$12,614.34	\$151,372.08

Para cambiar a tarjeta HM se requiere hacer una instalación en media tensión 23000kw en la zona centro



Sección bajo carga Transformador/500KW 220/127





El gabinete es el que debe estar aterrizado, esto es por seguridad  
 Teóricamente la caja debe estar puesta a tierra  
 VENTONITA = Es como la arcilla para guardar la humedad al conductor.

#### CODIGO DE COLORES DE LOS CIRCUITOS DERIVADOS

- A) Conductor puesta a tierra  
     Conductor aterrizado, neutro color blanco
- B) Conductor de puesta a tierra de los equipos  
     Se identifica si esta desnudo o color verde
- C) Para las fases es color rojo

Un alimentador debe tener tres conductores, fase, neutro, puesto a tierra.  
 En baja tensión no se pone red de tierras, lo que en media y alta es necesario.

#### CARGAS PARA CALCULO DE ALIMENTADORES

	10 lámparas	$7.87 \times 1,25 = 9,83A$
	100 W	
Alumbrado	1,251	
Contactos	120	
	180 VA	$260/127 = 17$
	12 x 180	

2 circuitos para 1500 (2)                      3000/127 = 23,62  
Aparatos pequeños

1 circuito lavadora            1500                      1500/127 =

Por norma Art 200-16

T= Thermoplastic

W= Water

H= heat

L= low

S= Smoke

Si la nominal  $\leq$  100 A se debe usar columna de 60 c porque los fusibles y Termomagnético están hechos para 60c máximo en sus terminales

Factor de corrección por temperatura

31-35°C 0.96

Calibre seleccionado a 60c

# 4 – 70A                      A 30c

(0.96) (70) = 68.2 A    capacidad del conductor de corriente

SALON

3 lámparas arranque instantáneo

39w x tubo

Int Luminario =  $3 \cdot 39 / (0.8)(0.9)(127) = 1.27A$

9 x salón

$9 \times 1.27 = 11.43 A$

I conductor =  $1.25 \times 11.43 = 14.28^a$

2 contactos x salón

$2 \times 180 = 360 VA$

EL PVC se utiliza para 127v y donde este embebido (dentro del concreto)

Cualquier Termomagnético mayores a 100A es de temperatura 60°C

Termomagnético de I                      a su temperatura 60°C

Iluminación

8 cubículos de 2 luminarias

16 luminarias de 3 tubos

7 salones de 9 luminarias

63 luminarias de 3 tubos

Pasillos

27

Baño

4

110

Justificar el F.D. de acuerdo a la norma (Alimentadores)

Iluminario=  $1.25 \times 46.9 = 58.63 \text{ A}$

I contacto=

I Total=  $58.63 + 15.11 = 73.74 \text{ A}$

Contactos

Salones  $7 \times 2 = 14$

Cubículos  $8 \times 2 = 16$

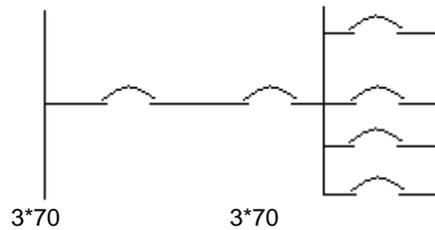
Baño  $2 = 2$

32

CENTRO DE CARGA: Centro de coordenadas con peso de peso de carga.

Es un tablero pequeño que regularmente se incrusta en la cocina.

La charola se utiliza para calibre 4



Salón 1 lámpara

Salón 2 lámparas

Contactos salones 1, 2, 3, 4

3\*70

3\*70

L=70mtr

3c Fase#2

1c Neutro #2

1cTierra #8

Conductor de puesta a tierra de acuerdo a la tabla 250-95

Protector

Calibre cobre

100A

8

AREA DE CONDUCTORES

	3 Conductores calibre #2	Area x Conductor	Area Total
Fase	1	86 mm <sup>2</sup>	258
Neutro	1	86 mm <sup>2</sup>	86mm <sup>2</sup>
Tierra	1	84mm <sup>2</sup>	84mm <sup>2</sup>
			352.4mm

Area interna de tubería

Tubo propuesto

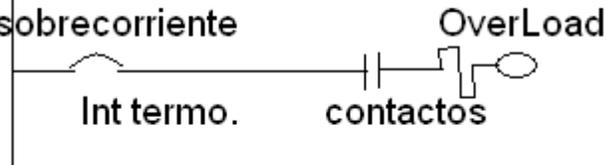
Area interior

En una caja se tiene que cuidar el volumen

Cuando la caja es de fundición se tiene que poner a la vista.

MOTORES

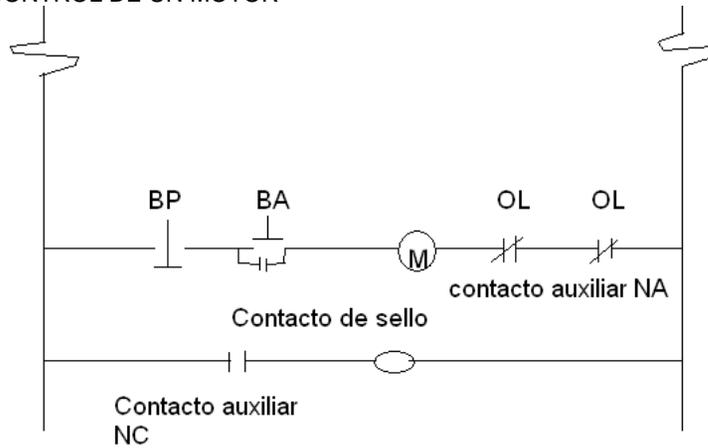
Proteccion contra sobrecorriente



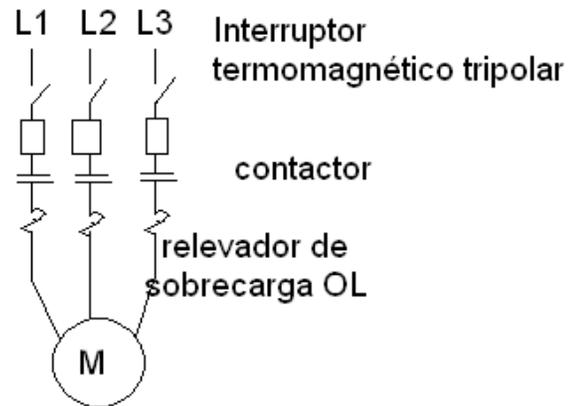
TENSIONES TIPICAS

¼, ½, ¾, HP	127V, 220v, 2Ø
1- 50 Hp	220V 3Ø
100Hp	220V 3Ø poco recomendable
1-250Hp	460V (tensión de utilización) 480V (Tensión del sistema)
250Hp-500Hp	4000V (Tensión de utilización) 4160V (Tensión del sistema)

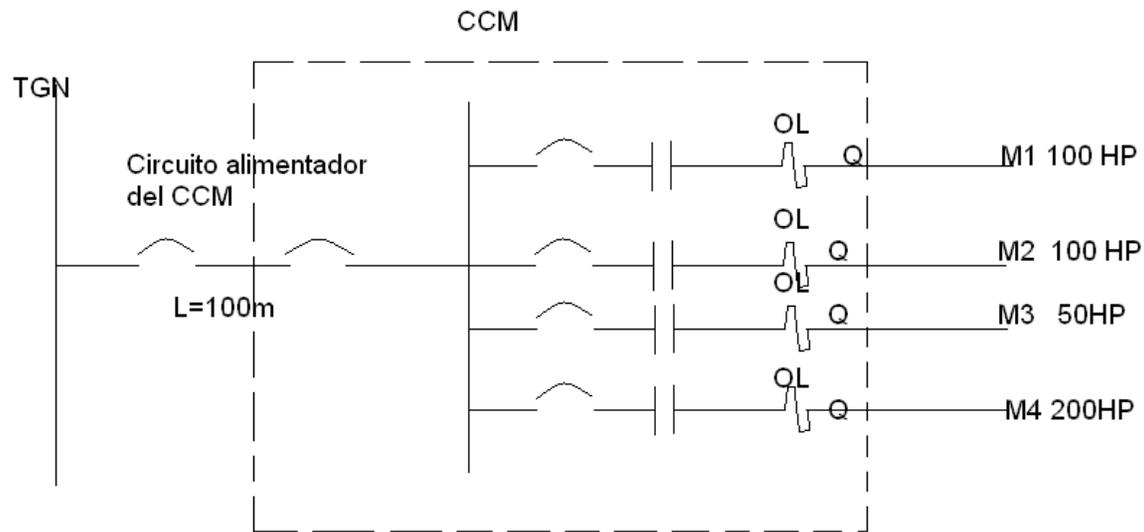
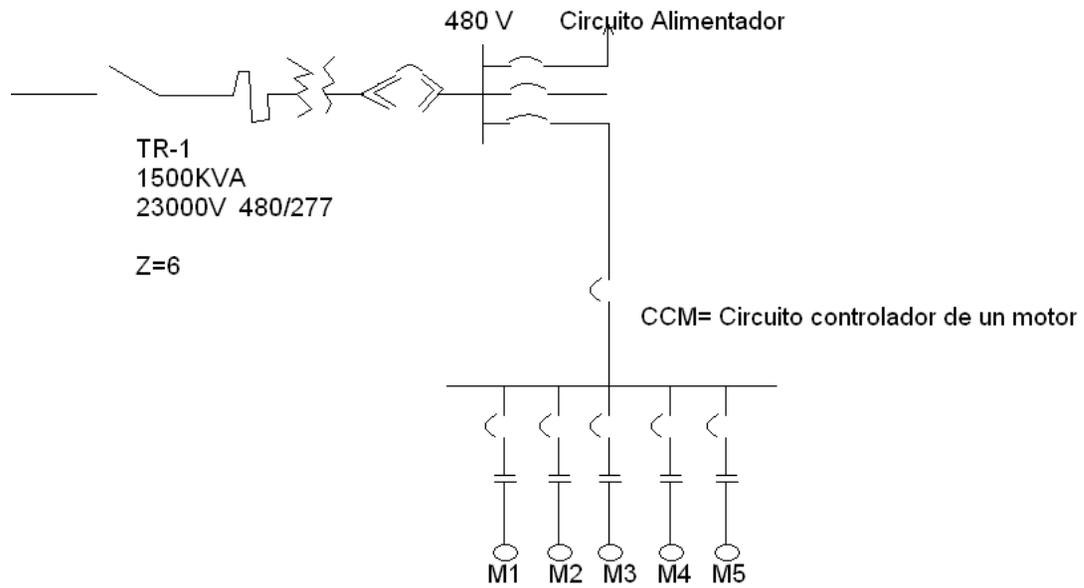
CONTROL DE UN MOTOR



- |—| Normalmente Abierto NA
- /—/ Normalmente cerrado NC



TABLERO GENERAL DE UN MOTOR



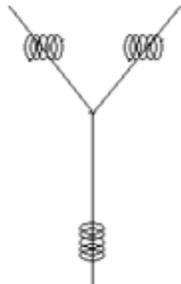
$$I = \frac{(\text{HP}) (746)}{\sqrt{3} (\text{V}) (\text{FP})(n)}$$

Motor dentro lámpara  atención

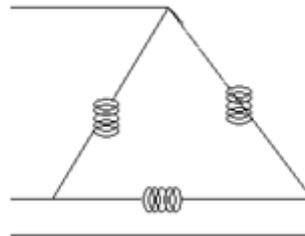


Motor fuera lámpara  
Cuando el motor arranca la I demandada es muy grande  
Estas bobinas están desfasadas  $120^\circ$  cada una  
Balín de acero gira la velocidad  
Jaula de Ardilla a marco

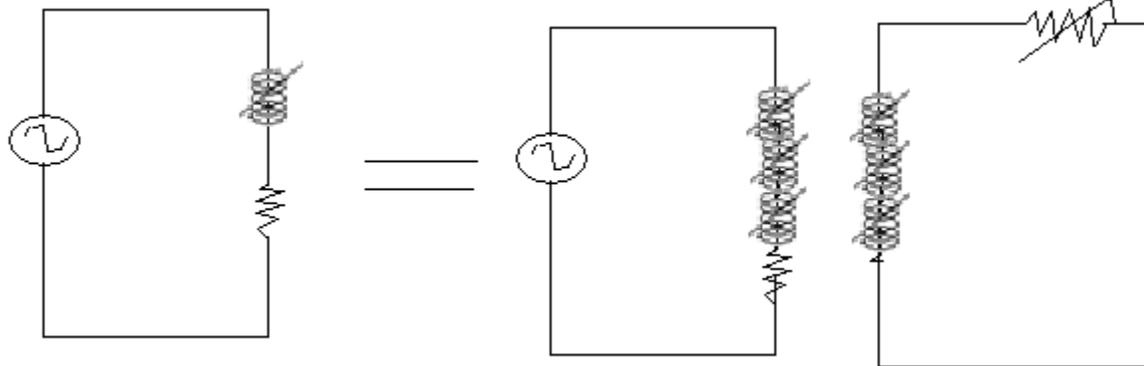
CONEXIÓN DEL ESTATOR  
Práctica Europea



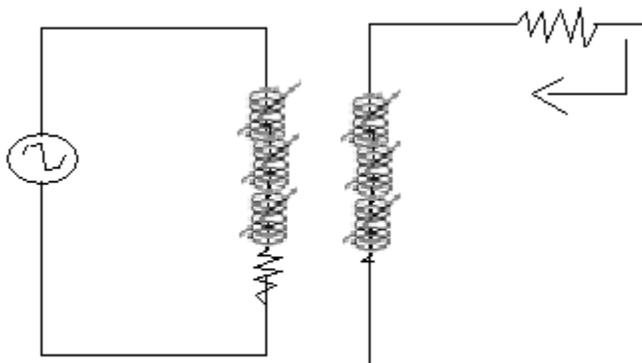
Práctica Americana



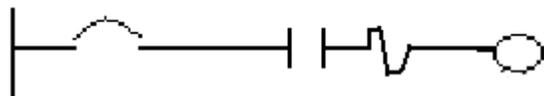
MODELO DE MOTOR AL MOMENTO DE ARRANQUE



Cuando la resistencia variable esta dentro tengo toda la potencia activa.



Protecciones Artículo 430 – 32  
 Capacidad Nominal 430 -52  
 Seleccionar la protección 430 – 152



El relevador de sobrecarga tiene por objeto proteger las devanadas del motor cuando se excede la  $I_{nom}$  por un cierto tiempo, buscando que la temperatura no se eleve.

Artículo 430 – 32

- Motores con factor de servicio no menor a 1.15 – 125%
- Motores con indicación de elevación de temperatura no mayor a 40° 125%
- Todos los demás motores 125%

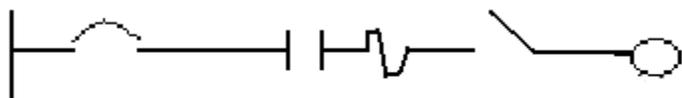
El factor de servicio de 1.15 significa que el motor puede sobrecargarse mecánicamente eléctricamente un 15%

$I_{nom} = 27 \text{ A}$

$I_{oL} = 1.15 \cdot 27 = 31.1 \text{ A}$

La corriente de disparo o de ajuste del relevador de sobrecarga se ubica

$$27 < I_{oL} < 31.1 \text{ A}$$



#### CONDUCTORES DE ALIMENTACION AL MOTOR

Se usa el 1.25% de la INOMINAL

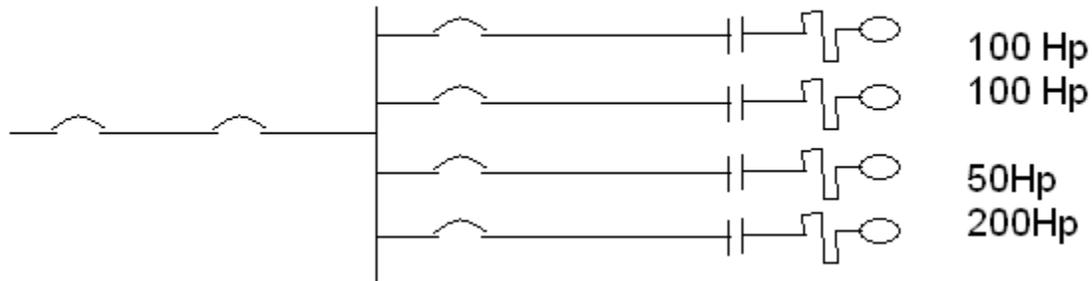
$I_{conductor} = (1.25) (27) = 33 \text{ A}$

#### SELECCIÓN DEL INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO

- A) Regla corta no normalizada

B) De acuerdo a el articulo 430 -52; 430-152

	Instantáneo	Tiempo inverso
Motor Polifásico		
Jaula de Ardilla	800%	250%
Instantáneo	-	Bobina -
Tiempo Inverso	Bimetal- Sobrecarga	corto circuito



Motor 100HD (3 métodos)

$$I_{pc} = \frac{Hp(746)}{\sqrt{3} (Vu)(FP)(n)} = \frac{100(746)}{\sqrt{3} (460)(0.8)(0.9)}$$

Por cálculo rápido

1 Hp 1KVA

$$I_{pc} = \frac{100(KVA)}{\sqrt{3} (460)(0.8)(0.9)} = 130 \text{ A}$$

Por norma tabla 430-150

Para 100 HP I = 124A

Protección contra sobre carga

Art. 430 – 32

-	Con factor de servicio	1.15%	125%
---	------------------------	-------	------

El relevador no debe exceder el valor indicado

Cuando no se especifique nada del motor como en el caso se considera de 115%

Según la tabla 3-16

NOTA: t = 15 seg para acelerar el motor se quema, tardara mucho tiempo con la I. máxima.

Corriente que circula por barras del motor jaula de ardilla.

CONDUCTORES DE ALIMENTACION DEL MOTOR

SECCION 430-22 (a)

No se elevara la temperatura más alla que la de diseño.

$$I \text{ conductor} = 125 \times 124 = 155A$$

Según tabla 310-16

Para  $T = 75^\circ C$

Tipo THW-LS

$$T \text{ cond} = 34^\circ C$$

Para I por norma 115A corresponde un conductor 1/10

Factor de corrección por temperatura

Capacidad de conducción de corriente (2/0)

$$= 175(0.94) = 164.5$$

Según artículo 430 -22

Conductores del circuito derivado para suministrar energía eléctrica a un solo motor, deben tener capacidad de conducción de corriente no menor a 125 de I eléctrica nominal de plena carga.

Capacidad conducción de corriente (2/0)

$$164 \quad 155$$

### SELECCIÓN INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO

Regla no normalizada

$$ITM = 1.25 \times 124 = 155A$$

Interruptor Termomagnético (ITM) de valor nominal 150A

Por norma según Art. 430 – 152 valor nominal máximo o ajuste para el dispositivo de protección contra corto circuito y falla a tierra del circuito derivado del motor.

### MOTOR POLIFÁSICO

“Jaula de Ardilla” Interruptor automatico de disparo instantáneo 800%

Para 100 Hp

$$\text{Tiemp } 25 \times 124 = 310 A$$

Para un motor de cierto voltaje nominal se tolera un 10% arriba o abajo fuera de ese rango, el motor se daña.

Motor	V nominal		+ - 10	Verificar en función del catálogo
ITM				
Marco	250A	Ajuste	Mágnetico	Juego de Zapatas
A	Bajo	Alto	600 V	“Calibre conductor”
150	750	1500	250 V	AL 250 KW
	5 veces	10 veces		1 - #6 -350 KCMIL
	Perilla	Perilla		

Catalogo Com. No. 26

Separe Pag. 43

Dispara por tiempo inverso, se tiene que:

a I + tiempo de disparo

a I - tiempo de disparo

Región que corresponde al Bimetal, también llamada región térmica

El Termomagnético dispara con 180ª en 1000

Se cumple la norma ya que no excede a la 310A de tiempo inverso

$$5 \times 150 = 750A$$

Perilla ajustada a 5 veces que es menor a 992A de interruptor instantaneo

Suponiendo letra de código tipo G se tiene

Letra kva por co a rotor bloqueado

G 560 a 6.29 considerar el mayor

I rotor bloqueado  $6.29 \times 100 \text{ HP} = 629 \text{ kva}$

$$I_{rb} = 629 \text{ KVA} / \sqrt{3} (0.46)$$

Se propone ajustar 6 veces la perilla

$$6 \times 150 = 900 \text{ A}$$

789 900A

El interruptor no dispara

Resolviendo para motor de 200HP

Norma tabla 430-150

460V -200HP Jaula Ardilla

$$I_{pc} = 240^a$$

Protección contra sobre carga

$$I_a = (1.15) (240) = 276A$$

Selección de conductores

$$I_{cond} = (1.25) (240) = 300A$$

Tabla 310 – 16; se propone 3 conductores THW – LS 75° c

Calibre 400 CML

Factor de corrección por temperatura

I tabla= 335

Capacidad de conducción de corriente

$$(335) (0.94) = 315A \quad 300A$$

Selección del ITM

$$\text{Se propone } I = 1.25 = (1.25) (240) = 300^a$$

HP	I	DISP INSTANTANEO	DISPARO TERMOMAGNETICO
200	240	800%	250%

200	240	1920	600
	300	5 x 300 10 x 300	1.2 x 300
		1500 – 3000	360 A
		1800 – 1920	350 600

Se propone ajustar 6

Selección del cable de puesta a tierra

Tabla 250-95

Se propone calibre 4 desnudo

Cálculo de la corriente del alimentador en varios motores

Cálculo del motor por corriente

Tabla 310 – 16

Según tabla 1500 kcm es un conductor impráctico

I alimentador = 613A

Dividiendo la corriente en 3 conductores por fase

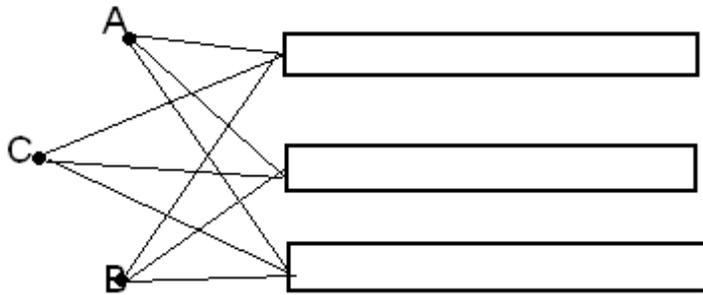
I carga=  $613/3= 204.3$  A

I Tabla = 230A

TA = 34°C (Maxima)

F.T. = 0.99

I Corregida=  $0.94 \times 230 = 216.2$



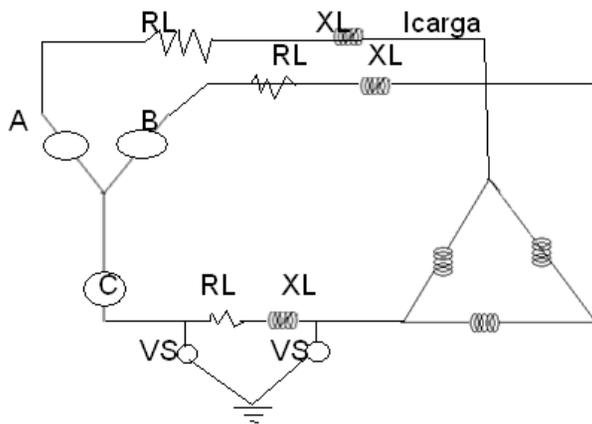
NOTA: Los cables no van volando siempre van de T.M. a T.M.

No se usan contactos mecánicos el conductor de T depende del conductor.

Para una protección de 3 x 600 el hilo de tierra será de acuerdo a la tabla 250 – 95

Conductor de tierra # 1/0

La caída de tensión se hace para cada hilo se toman como circuito diferente



La  $R = 0.0193 / 100 \text{ mt}$  ,  $60^\circ\text{c}$  de acuerdo a la tabla

$X_L = 0.0150 / 100 \text{ MT}$

Circuito equivalente para una fase

Vista desde la línea de transmisión

Dado que:

$L = 100 \text{ mt}$

$I = 204.3 \text{ A}$

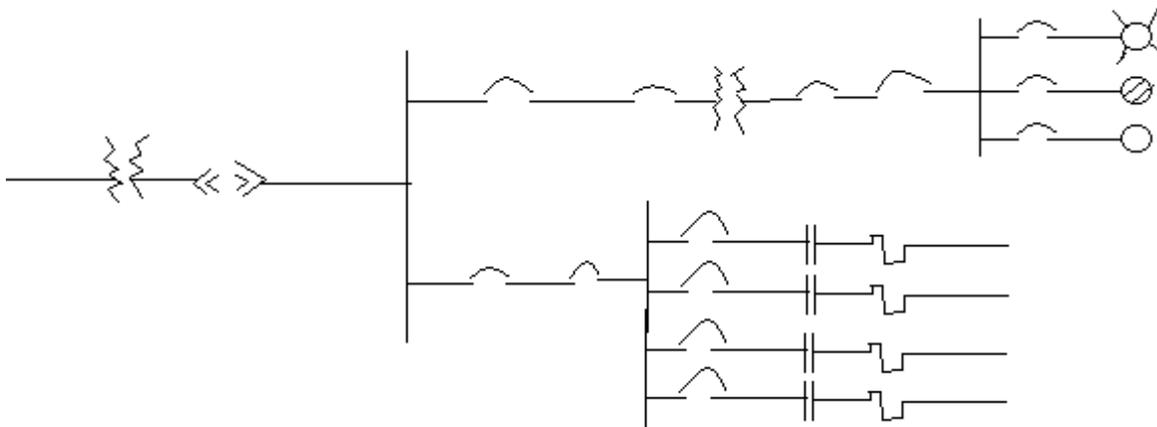
Ampar – metro =  $(204.3) (100) = 20430 \text{ Ampa –mtr}$

Ampar – pie  $(204.3) / 0.3046 = 67.027 \text{ r}$

Caída en volt línea – línea =

Caída línea – neutro

TABLERO GENERAL MOTOR



TRANSFORMADORES DE POTENCIA

Capacidad típicas:

15 Kva

30

45

75

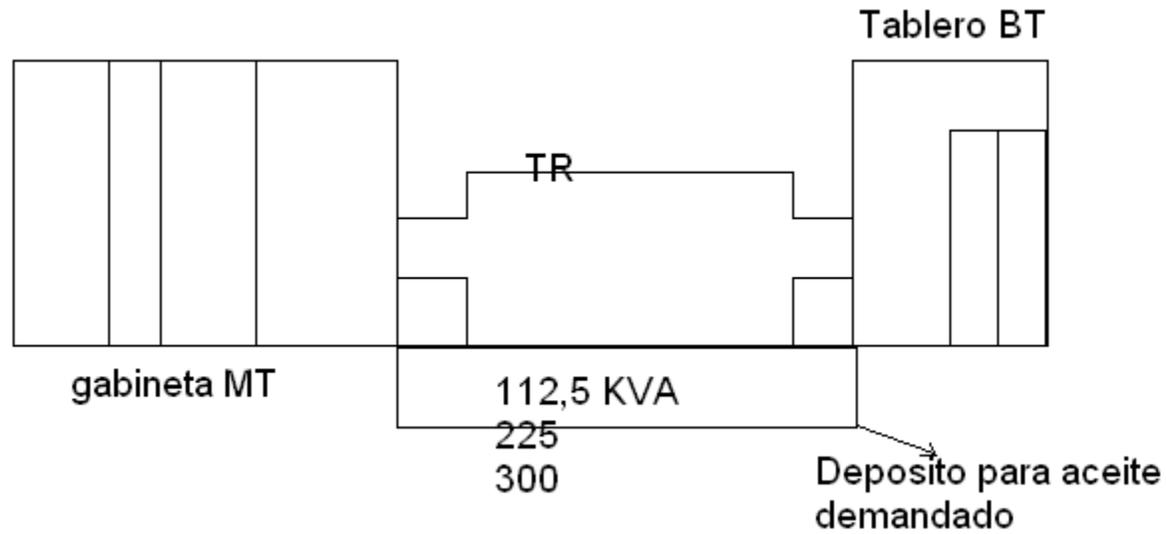
Se instalan en los postes de las calles

112.5 Kva

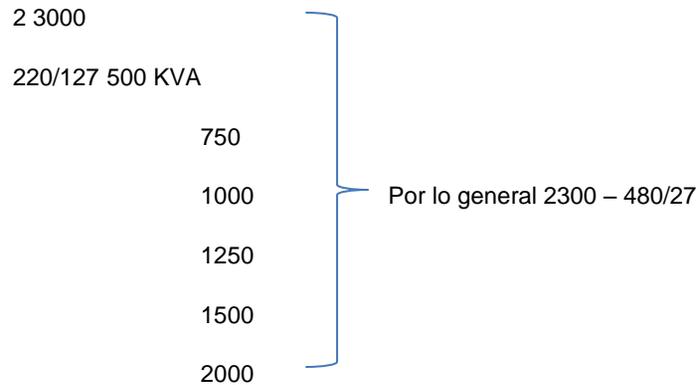
225

Pueden ser del tipo de subestacion

300



## TRANSFORMADORES DE MEDIANA POTENCIA



### Art. 450 Transformadores

Hoy en día los transformadores a usar son de tipo interior

### TIPO DE AISLAMIENTO EN TRANSFORMADORES

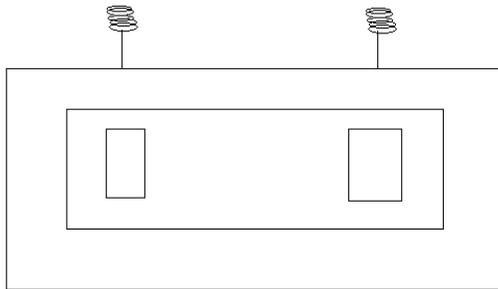
- Aceite dieléctrico 150°C de punto de ignición. Se requiere bóveda especial que soporte 3hrs, de fuego, este es muy engorroso no requiere mantenimiento.
- Líquido Silicón 300°C  
Uso interior aprobado, tamaño compacto, requiere mantenimiento.
- R – temp 280°C  
Uso interior acostumbrado
- Seco  
Uso interior, distancias al aire y aislamiento cartón, papel, madera, plástico 105°C temp. Interna, devanados, dentro de gabinetes metálicos.
- Resina Epóxica  
Uso interior, son 3 barras rellenas de resina Epóxica, 105°C temp, interna devanados, dentro de gabinetes metálicos.

NOTA: Para instalar un transformador se permite un aislamiento de silicón

Distancias al aire, significa que hay 25m de fase a fase.

### DATOS DE PLACA DE UN TRANSFORMADOR

Relación de tensiones 23000 – 480/277  
Capacidad 1500 KVA  
Enfriamiento



10,000 VA	OA	
12,500 KVA	OFA	1er. Paso Ventilación
15,000 KVA	OFA	2do. Paso Ventilación

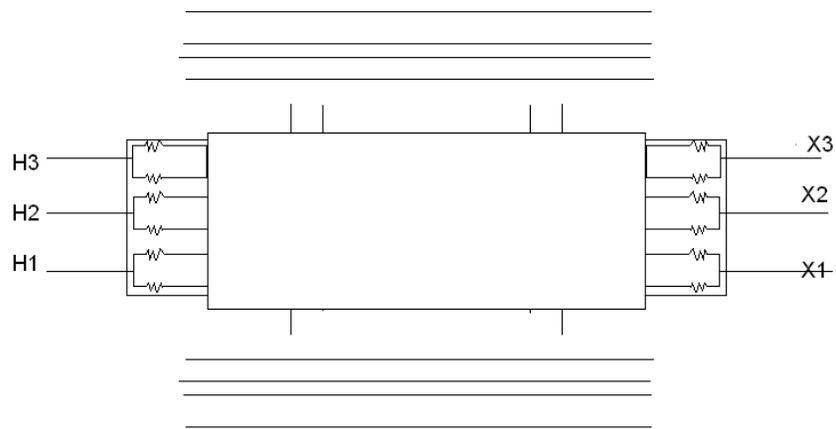
#### NIVEL DE AISLAMIENTO

- Tensión de aguante a frecuencia nominal 50kv
- Tensión de aguante a descargas atmosféricas a nivel básico de aislamiento al impulso 150 KV
- Cambiador de derivaciones +5% + 251

Tensión nominal 23.000 v - 2.5% - 5%

Frecuencia 60hz

Altitud 2300 msh



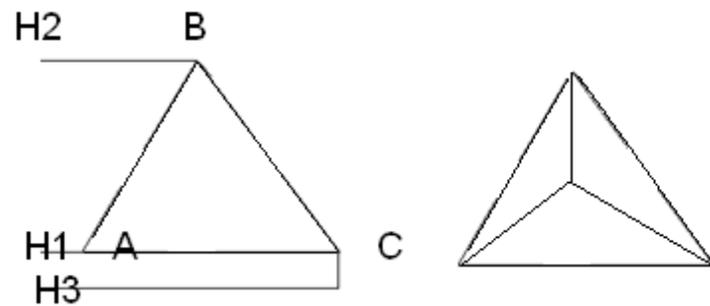
Vista de frente

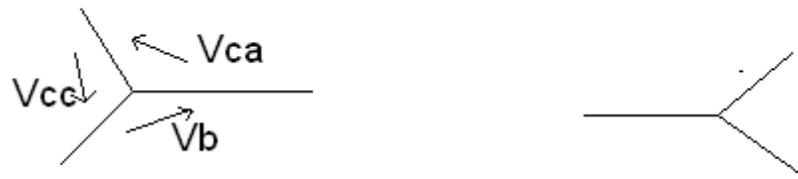
Fases 1,2,3

Frente hacia atrás

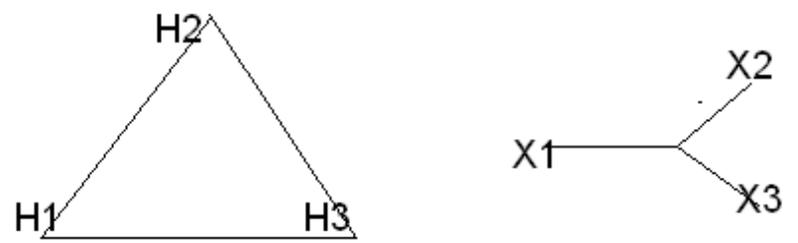
Izquierda a derecha

Arriba hacia abajo

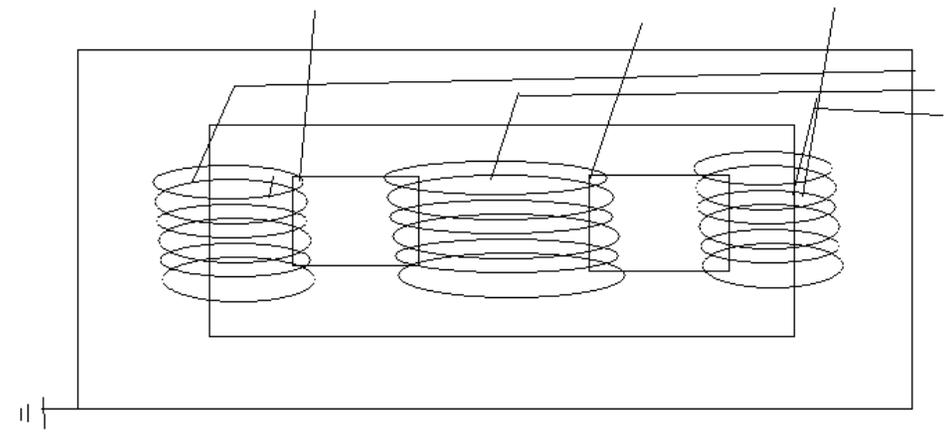


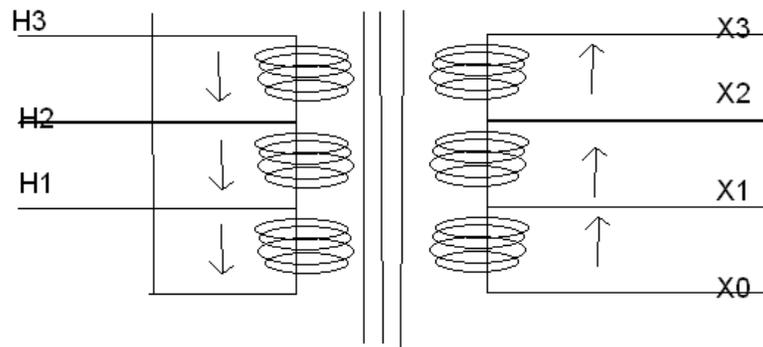


CONEXIÓN



Núcleo de un transformador





Capacidad

$$I_p = 1500 \text{KVA} / \sqrt{3} (23 \text{Kv}) = 37,64 \text{ A}$$

$$I_s = 1500 / \sqrt{3} (0,48) = 1,804.2 \text{ A}$$

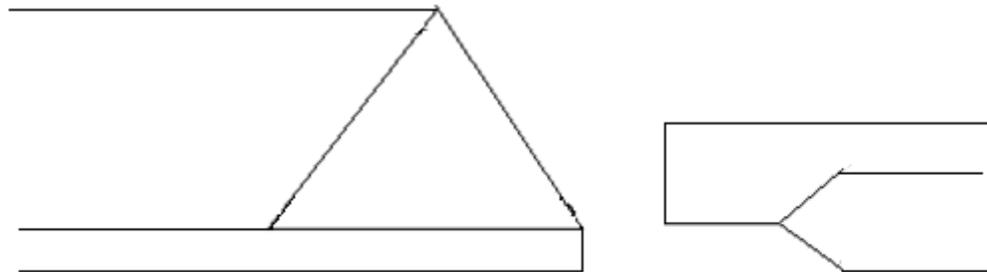
$$N_1 / N_2 = V_p / V_s = I_p / I_s$$

$$23000 \text{V} \quad 480/277$$

$$a = N_1 / N_2 = V_p / V_s = 23000/480\sqrt{3} = 83$$

$$N_1 = 830$$

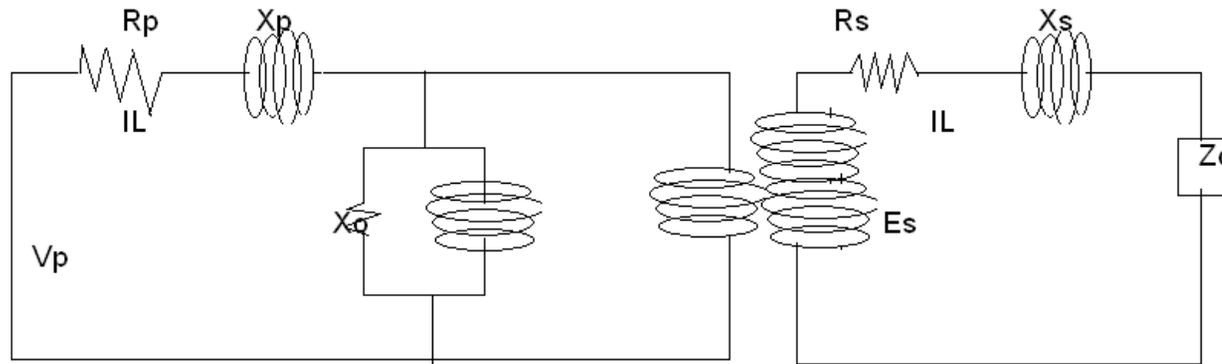
$$N_2 = 10 \quad 220/127$$



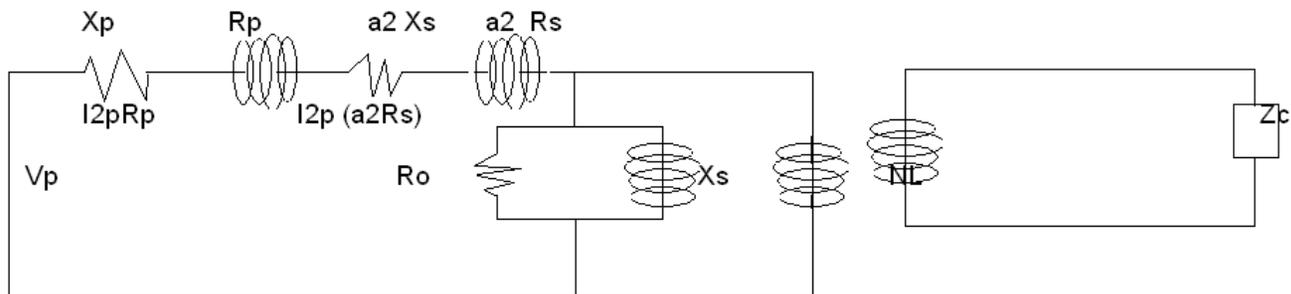
$$A = N_1 / N_2 = I_s / I_p = I_s / I_p * a$$

$$I_s = (I_q) X_L = 21.73 \cdot 83 = 1806.6$$

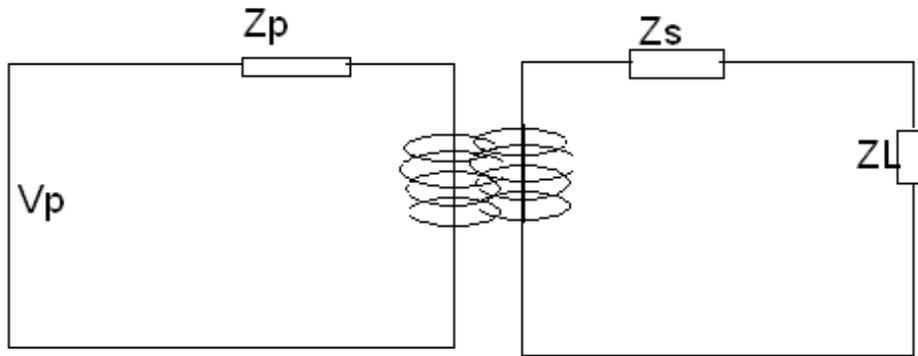
MODELO ELECTRICO DE UN TRANSFORMADOR



Visto desde el primario o con valores referidos al primario



MODELO SIMPLIFICADO



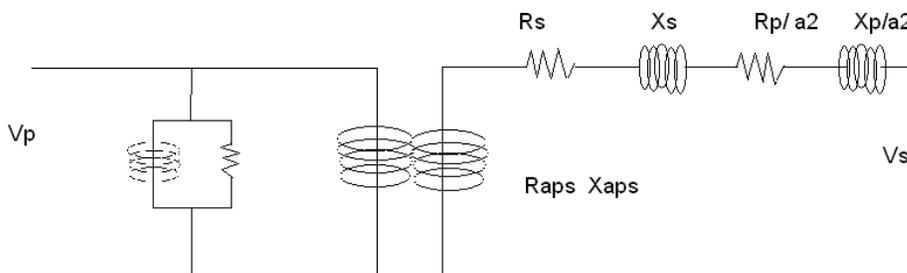
NOTA: Un TR, trifásico siempre hay que analizarlo como TR Monofásico.

Tengo 4 terminales por fase independientemente de la conexión A - Y ; A - A; Y-A; Y-Y

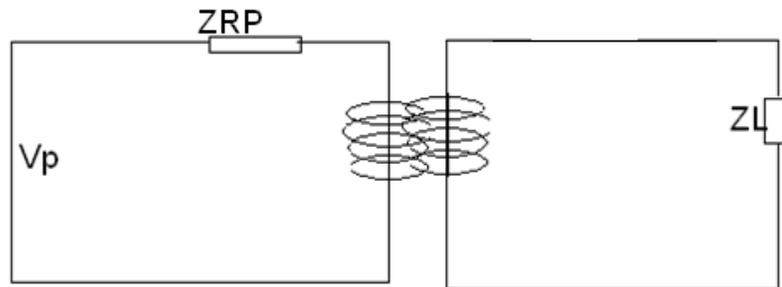
$X_{app} = X_p + a^2 X_s$  Reactancia y

$R_{app} = R_p + a^2 R_s$  Resistencias referidas al primario

IMPEDANCIAS REFERIDAS A EL SECUNDARIO



## MODELO SIMPLIFICADO



Sea un transformador de 1000kva, relación 23000r – 480/277 %2=6 conexión      Calcular

- I carga en primario y secundario
- Relación de transformación
- Z aparentes en primario y secundario a plena carga
- Z en  $\Omega$  referido al primario y secundario

Solución:

$$I_p = 1000\text{KVA} / \sqrt{3} (23\text{Kv}) = 25.1 \text{ A}$$
$$I_s = 1000 \text{ KVA} / \sqrt{3} (0.78) = 1202.81 \text{ A}$$

Como circuito monofásico

Regresando al modelo del Tr

Nota: Si elimino la  $Z_c$  la  $I_{cc}$ , crece a un valor muy alto al igual que la  $I_{sp}$

$$I_{ccp} = \frac{2300}{95.83} = 240\text{A}$$

Por cálculo directo

#### PROBLEMA

Se tiene un transformador de distribución aérea de 75KVA relación 23000 – 220/127 con %Z =3 Calcule el valor de la  $I_{ccs}$ .

$$I_{cs} = 75 \text{ KVA} / \sqrt{3}(220) = 196,82^a$$

$$I_{ccs} = I_p / \%Z = 196.82 / 3/100 = 6560 \text{ A}$$

$$I_p = 75 \text{ KVA} / \sqrt{3} (23000) = 1.8826 \text{ A}$$

$$I_{ccp} = I_p / \%Z = 18826/3/100 = 62.75 \text{ A}$$

PARA UN TRS DE 112.5 KVA

$$I_p = 112.5 \text{ KVA} / \sqrt{3} (23000) = 2.82 \text{ A}$$

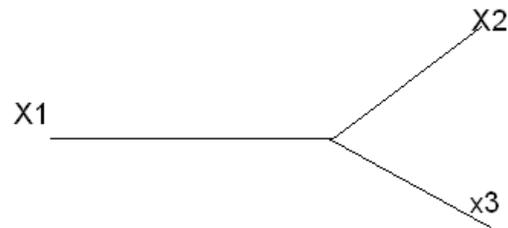
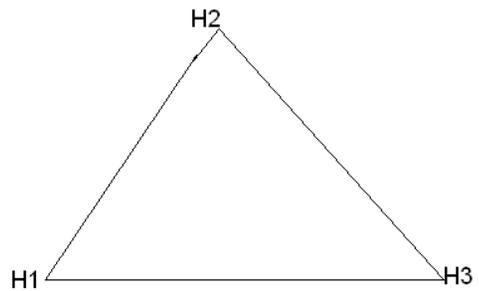
$$I_{ccp} = I_p / \%Z = 2.82 / 0.003 = 94.13 \text{ A}$$

$$I_s = 112.5 \text{ KVA} / \sqrt{3} (220) = 295.23 \text{ A}$$

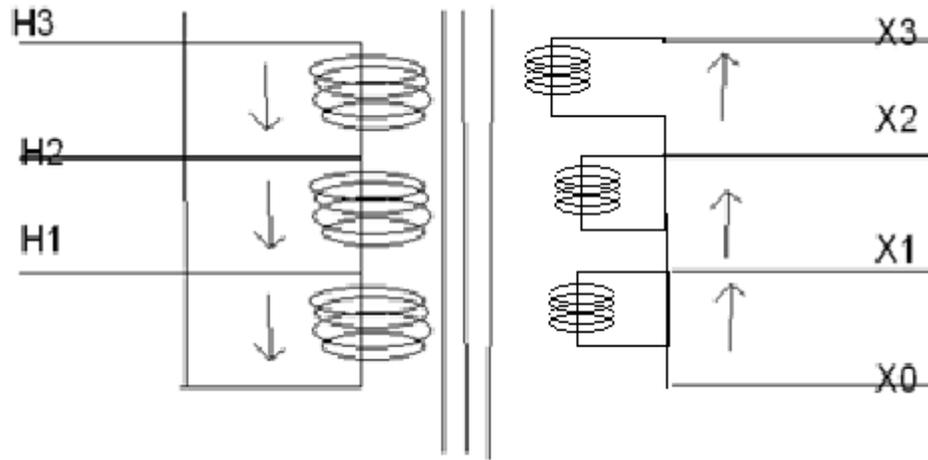
$$I_{ccs} = I_s / \%Z = 295.23 / 0.03 = 9841.19 \text{ A}$$

Nota: en el lado secundario deben usarse fusibles o interruptores Termomagnético de 10,000 Amper de capacidad interruptiva.

En la placa de un transformador aparece un dibujo vectorial



Físicamente esta así



El cambiador de derivaciones nunca se opera estando el transformador energizado

TENSION PRIMARIA	POSICION	CONECTA EN CADA FASE
24000	1	5 -6
23000	2	6-4
22000	3	4-7
21000	4	7-3
20000	5	3-8
19000	6	8-2

$$a1 = 24000 / 480 \sqrt{3} = 86.64$$

$$a2 = 23000 / 480 \sqrt{3} = 82.99$$

$$a3 = 22000 / 480 \sqrt{3} = 79.42$$

$$a4 = 21000 / 480 \sqrt{3} = 75.81$$

$$a5 = 20000 / 480 \sqrt{3} = 72.20$$

$$a6 = 19000 / 480 \sqrt{3} = 68.59$$

En que posición se conectara el transformador 23000- 480/277v la carga es 440v

TENSION PRIMARIA	POSICION	CONECTADA EN CADA FASE
23000	2	6-4

$$a2 = 23000 / 480 \sqrt{3} = 82.99$$

$$a = V_p / V_s = 23000 / 440 / \sqrt{3} = 90.53$$

a1 = 86.64      La que mas se aproxima de las relaciones del valor es 90.53

$$V_s = V_p / a_1 = 23000 / 86.64 = 265.46 \text{ V}$$

$$VSL = (265.46)(\sqrt{3}) = 459.80$$

$$459.8 / 440 = 1.045 \quad (1 - 1.045) * 100 = 4.5\%$$

#### NORMA DE CAMBIADORES DE POSICION

+5%  
 + 2.5%  
 CENTRAL  
 -2.5%  
 -5%

#### PROBLEMA

Se tiene un transformador de relación nominal 23000 – 480/277 está en la posición nominal, nuestro Voltmetro nos muestra una lectura de 495v

Para iluminación

$$\frac{495}{480} = 1.03 \quad (1 - 1.03) \times 100 = 3\%$$

Para el motor

$$\frac{495}{460} = 1.07 \quad (1 - 1.07) \times 100 = 7\%$$

$$A = \frac{V_p}{V_s} = \frac{2300}{86.64} = 265.46$$

$$V_s = \frac{V_p}{A_1} = \frac{23717.58}{86.64} = 273.74$$

Iluminación

$$\% = \frac{273.74}{277.12} = 0.987$$

#### PROBLEMA

Por mediciones se sabe que se tiene una tensión de línea de 22000v y el TR tiene una relación nominal de 23000 -48/277, los motores tienen una tensión nominal de 440v y el alumbrado de 480/3 en que TAP debe conectarse al TR

Solución

	Posición
24000	1
23000	2
22000	3
21000	4

Para el motor  
 $480 = 1.09 \quad (1 - 1.09) \times 100 = 9\%$

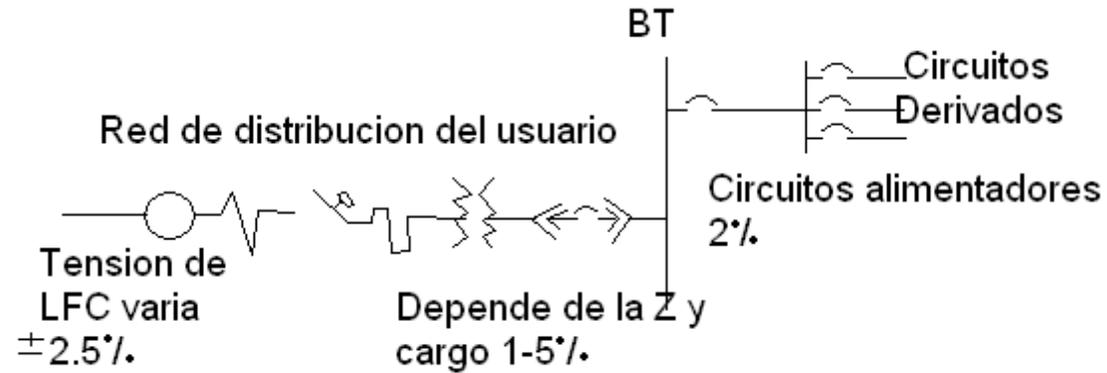
El valor de  $a_3$  se aproxima a el de  $a_2 = 82.99$   
 $V_s = \frac{V_p}{a_2} = \frac{22000}{82.99} = 265.09$

Iluminación  
 $\% = \frac{265.09}{277} = 0.956 \quad (1 - 0.956) \times 100 = 4.2\%$

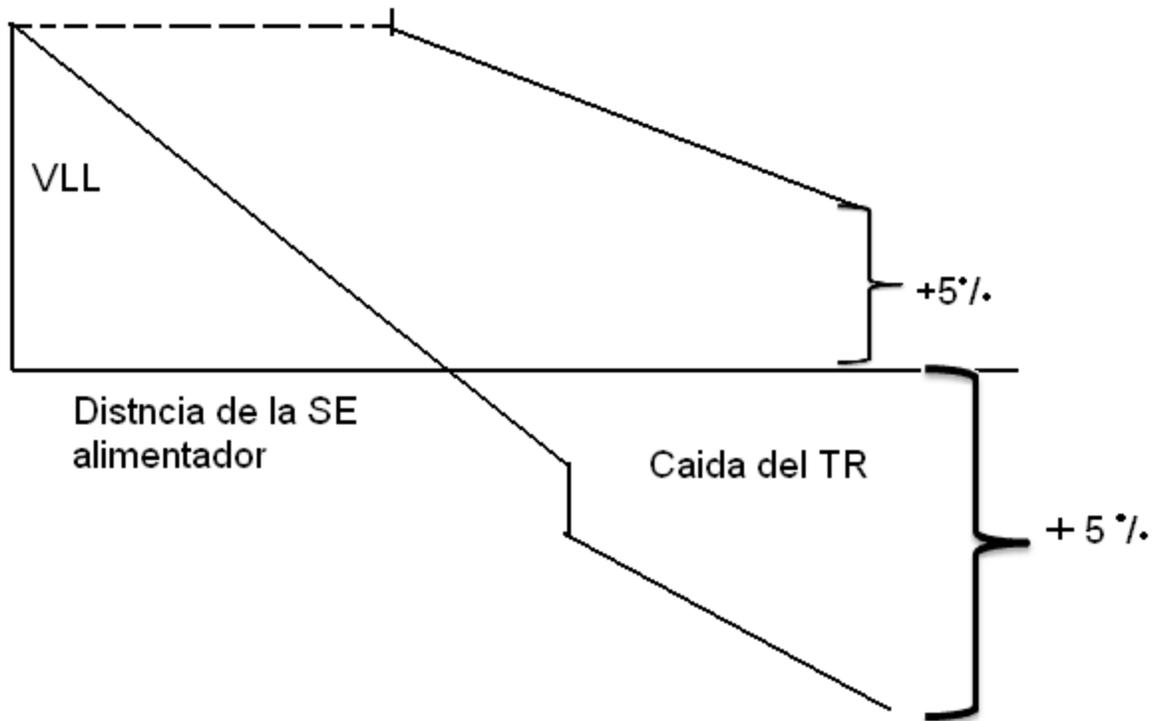
Motores  
 $\% = \frac{265.09}{440 \sqrt{3}} = 1.04$

Por lo que se conectará en el TAP 2

CAIDAS DE TENSION ACEPTABLES EN EL TRS



Se debe construir el perfil de voltaje de la instalación.



Relación V/R  
 Para transformadores de hasta 1500 KVA  $V/R = 5$

**EJEMPLO**

Se tiene un TR'S de 1000 KVA, 23000 V – 480/ 277) ¿ cuál será la caída de tensión para una carga plena de F.P.= 0.9 (-) SI  $Z=6$  y  $X/R= 5$ ?

$$I_L = 100 \text{ KVA} / \sqrt{3} (0.48) \text{ Kv} = 1202.81 \text{ A}$$

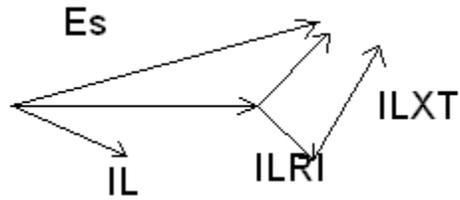
$$Z_{ap} = 480\sqrt{3} / 1202.81 = 0.2304 \Omega$$

$$Z_l = \%Z / 100 * Z_{ap}$$

$$= 6 / 100 * 0.2304 = 0.0138 \Omega$$

Si  $F.P. = 0.9 (-)$

$$O = \text{Arc cos } 0.9 = 25.84^\circ$$



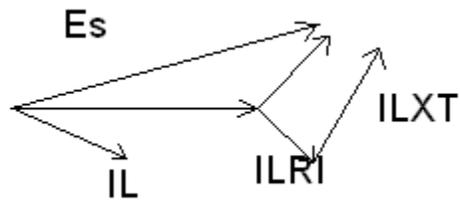
$$V_L - N_s = 48 / \sqrt{3} \ 0^\circ$$

$$E_s = V_L - L_o + I_L Z_t = 480 / \sqrt{3} \ 0^\circ + (1202.81 - 25.4)(0.0027 + j0.0135)$$

$$E_s = 287.33 \ 2.64$$

Si la carga tiene un factor de potencia unitario:

$$F.P. = 1.0 \quad \theta = 0$$



$$E_s = V_C - L_o + I_L Z_t = 480 / \sqrt{3} \ L_o + (1202.814 - 36.86)(0.027 + j0.0135)$$

$$\% \text{Reg} = 289.68 - 277.12 / 277.12$$

% Regulación a F.P. (1.0) = 1.34%  
 Regulación a F.P. (0.9) = 3.68%  
 Regulación a F.P. (0.8) = 4.53%

### NECESIDAD DE VERIFICACION

- 1.- Instalaciones KW Demanda > 25 KW
- 2.- Lugares de concentración pública ( Escuelas, iglesias, teatro, cine, etc).
- 3.- Tensión de suministro > 1000 volts

B.T.  
13.8 2.3 34.5

A.T.  
85, 115, 230

Se requiere la participación de una unidad de verificación de instalaciones eléctricas

U.	V.	I.	E.
Persona Fisica			Persona Moral (Empresa)
			Tiene que acreditar a personas físicas

#### REQUISITOS PARA SER U.V.I.E.

-Titulo

Ingeniero Electricista

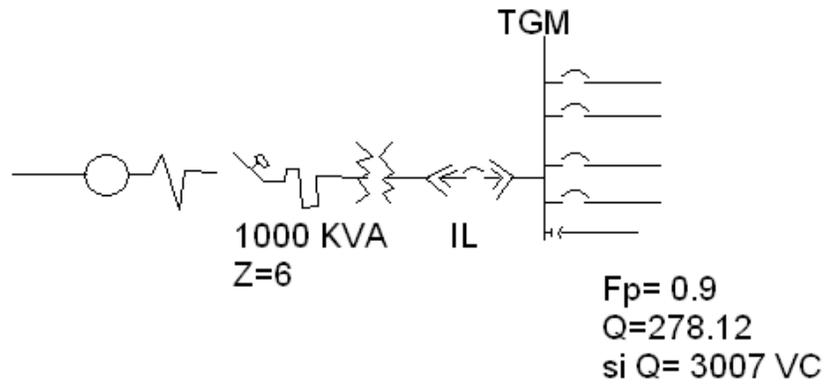
Mecanico Electricista

- 5 Años de experiencia
- Manual de calidad
- Fax, teléfono, P.C.
- Pago derecho \$24,000

El U.V.I.E. lo que hace es verificar que la instalación cumpla con la norma.

#### PROBLEMA:

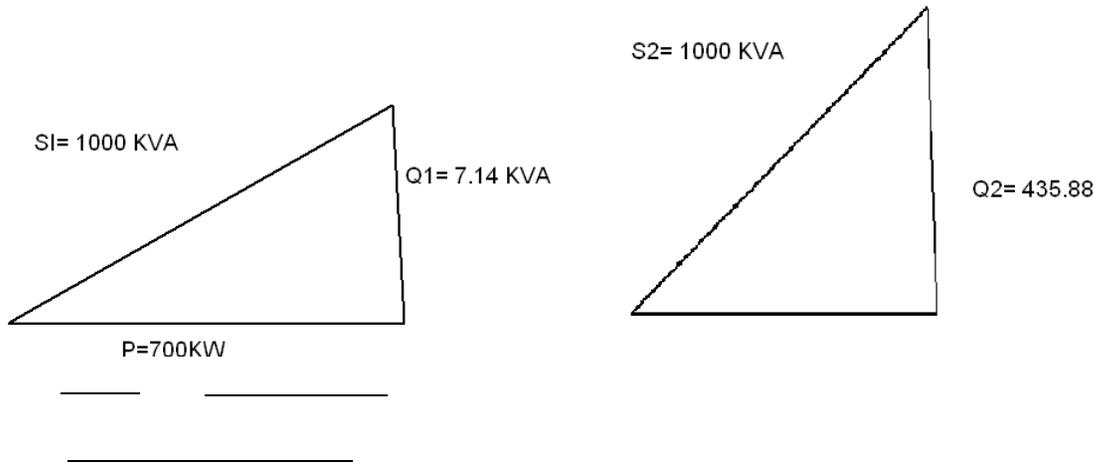
Se tiene una instalación alimentada por un TR'S de 1000 KVA, 23000 – 180/277V, y la carga tienen un F.P.= 0.7 (-) se desea corregir a F.P.= 0.9 (-)



0.7 (-) multa

0.9 (-) No multa

0.95 (-) Bonificación



## SELECCIÓN DE LOS TRANSFORMADORES

- 1) Determinar carga instalada
  - Alumbrado
  - Contactos
  - Motores
  - Máquinas
  - Aire acondicionado
- 2) Determinar el perfil de demanda y la demanda máxima

Demanda máxima

Factor de demanda = Demanda máxima = 20 – 40%

Carga instalada 60% máximo

Factor de demanda que aplican FFC Y CFE

Carga instalada = 1500 KW

Carga demandada =  $(0.4) (1,500) = 600$  KW

Crecimiento futuro

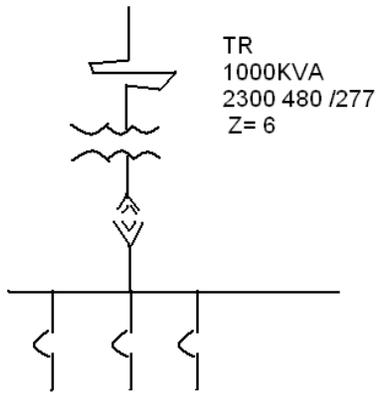
Tasa anual del 1%

$KVA \text{ futuros} = (KVA)(1+L)^n = (666)(1.0.01)^{20} = 812.6$  KVA

n= 20 años

i= 1% anual

Para 812 KVA tendrá un transformador de 1000 KVA



$$I_s = 1000 \text{ KVA} / \sqrt{3} (0.48) = 1202 \text{ Amp}$$

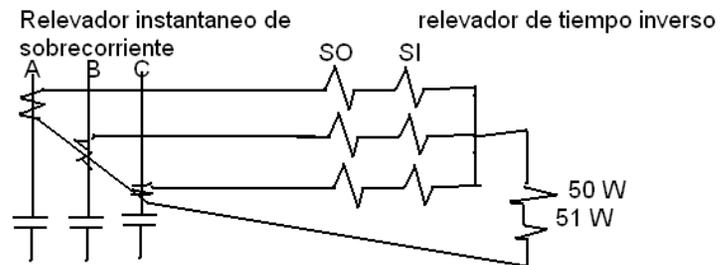
Sensor:

Transformadores de corriente que van dentro del aparato

Interruptor electromagnético

Marco	800	}	Sensores ó TC'S	
Tamaño	1600			
Capacidad	2000			
Normal				
Máxima		}	V.g.	
Capacidad	3200			
Interruptiva		}	Marco	1600 A
			Sensores	1200 A

## Interruptor Electromagnético



## Funciones de los relevadores

- Long time                    L
- Short time                    S
- Instantaneous                I
- Ground                    G

0.8, 0.9, 1.0, 1.1 Veces la corriente del sensor

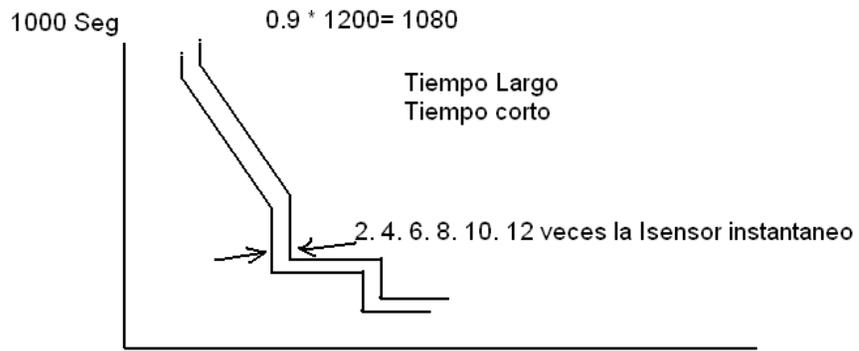
Curva de disparo

Protección sobrecarga

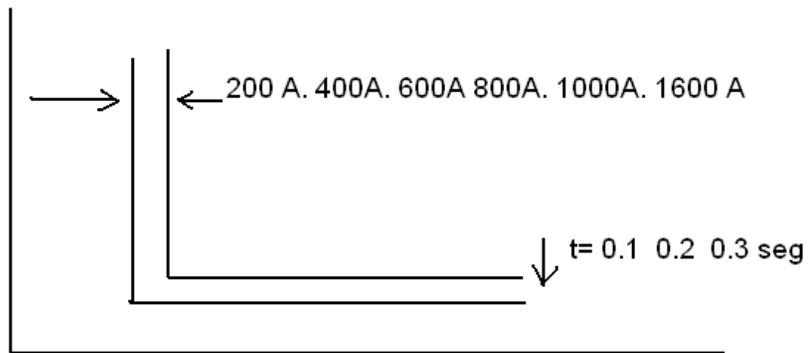
Protección contra fallas

Trifásicas y bifásicas

t= 0.1, 0.2, 0.3. Seg

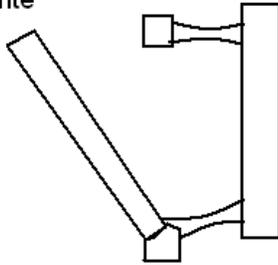


Tiempo de disparo es de 0.6 – 1.8 ciclos



Protección de falla a tierra PFAT

Navaja de  
Corriente



Cuchilla seccionadora sin carga tripolar

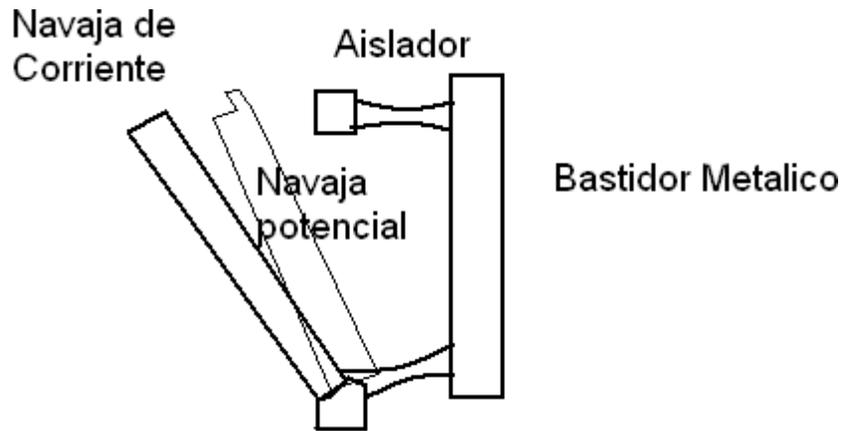
Existen dos navajas (- cobre )

- Aluminio
- La potencial (poco conductora)
- La de corriente

El objetivo de estas es operar con carga, el primer paso que se hace para la desconexión es:

1.- Se abre cuchilla de corriente y permanece conectada, cuchilla de potencial que esta se vuelve un alta resistencia.

Si se tiene diferencia de potencial igual no pasa nada.



El 2do. Paso Se abre navaja de Potencial la corriente ya había sido abatida por lo que el arco es solo causado por el potencial pero sin corriente, el arco se extingue.

3ero. Por lo anterior esas cuchillas con carga pueden abrir 620A en 23KV

4to. Al operar un fusible se sale un perno percutor (parte de él) y este libera a su vez el mecanismo de operación tripolar para desconectar las 30 (un motor trifásico operando con 20 se puede quemar en corto tiempo).

#### CRITERIOS DE PROTECCION DE TRANSFORMADOR

Tablas 450- 3 (z) (1)

450-3 (a) (2) (b)

IMPEDANCIA DEL TRANSFORMADOR	PRIMARIO MAS DE 600 V	CAPACIDAD FUSIBLE	SECUNDARIO VLL MENOR A 600 V
	Ajuste del Int automatico		Ajuste del int automatico o del fusible
No mas del 6%	600% IN	300%	125% 250%
Mas del 6% y no mas del 10%	400%	300%	125% 250%
			Lugares no supervisados

Ifusion <3 In

(Región de 1000 seg)

I dispara < 1.25 In (lugar no supervisado)

I dispara < 2.5 In (lugar supervisado)

EJEMPLO:

Seleccione los fusibles de MT. y los Interruptores de baja tensión para los siguientes casos:

- 1) TR 500 KVA, 23000 – 480/277, %Z=5, CONEXIÓN
- 2) TR 1000 KVA, 23000 – 180/277, %Z = 5.75 CONEXIÓN

SOLUCION

- 1) TR 500 KVA  
PRIMARIO

CRITERIO DE PROTECCIÓN:

$I_n < \text{Fusible} < 3 I_n$

$$3 \times 12.55 = 37.65$$

$12.55 < \text{FUSIBLE} < 37.65$

FUSIBLE DE 16A

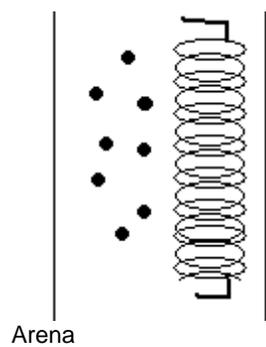
$$I_P = 500\text{KVA} / \sqrt{3} (23) \text{KV} = 112.55 \text{ A}$$

- Si se aplica el criterio de protección, debería de usarse un fusible de 16ª, 23 KV.
- Pero los fabricantes recomiendan usar el fusible inmediatamente superior para evitar fusiones con operación normal

FUSIBLES RECOMENDADOR POR FABRICANTES				
Capacidad de los TR'S	AISTOM	SIEMENS	ALSTOM	SIEMENS
112.5	10	10	6	6

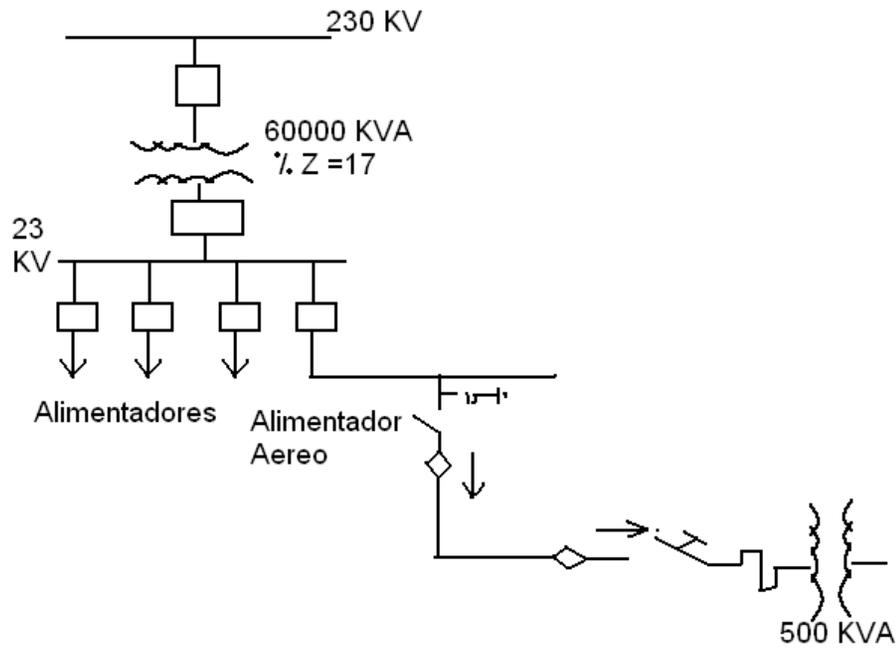
225	25	25	16	16
300	25	25	16	16
500	40	25	40	25
750	63	40	63	40
1000	100	63	100	63
1250				
1500	125	100	125	100
2000	160		160	125

FUIBLE LIMITARDO DE CORRIENTE  
TECNOLOGIA PLATA – ARENA



térmica  
absorbe  
el calor  
de la fusión  
de 200 arcos

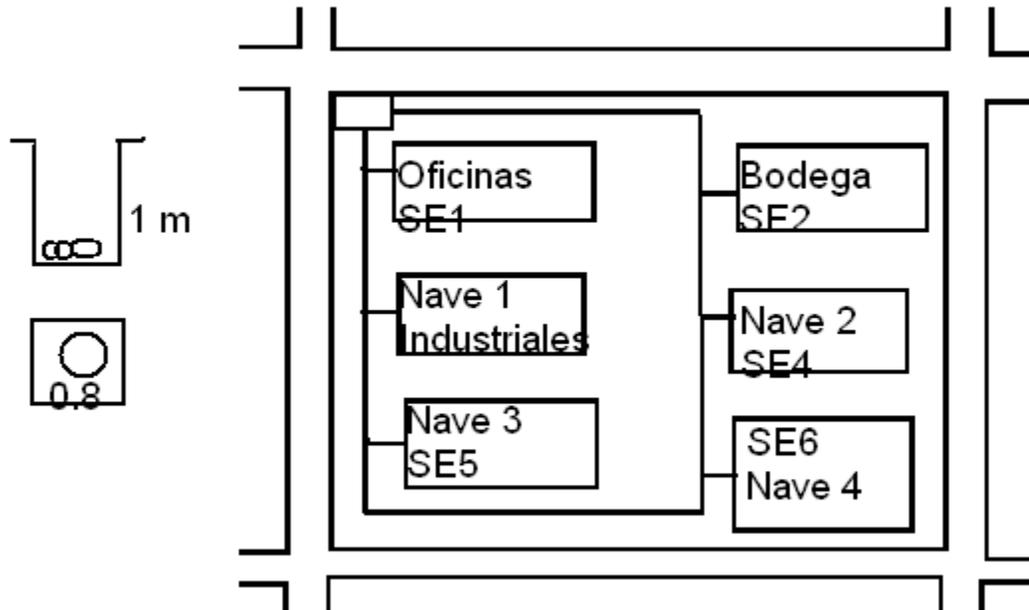
Los 1600 MVA de capacidad interrupt se refieren a una falla de 23K las subestaciones de LFC  
Mas grandes tienen transformadores de potencia de 60 000 KVA



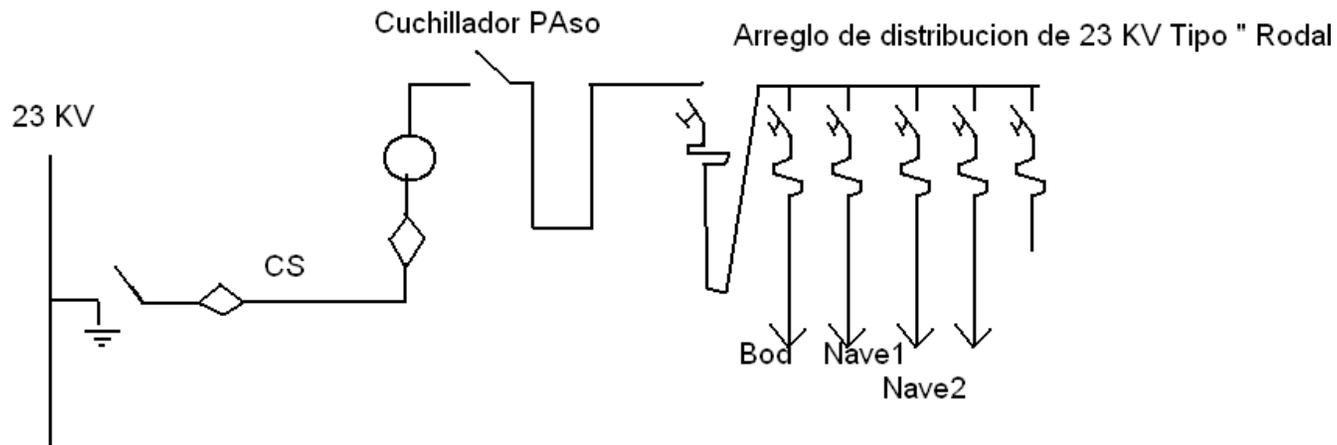
$MVA_{acc} = 60000 / 0.17 = 352.941 \text{ KVA}$   
Factor de Asimetría 1.6 =  $MVA_{acc \text{ asimétrico}} = 1.6 * 353 = 564$   
 $MVA_{acc \text{ asim}} = 564 < 1600 \text{ MVA}$

Factor de Asimetría 1.6

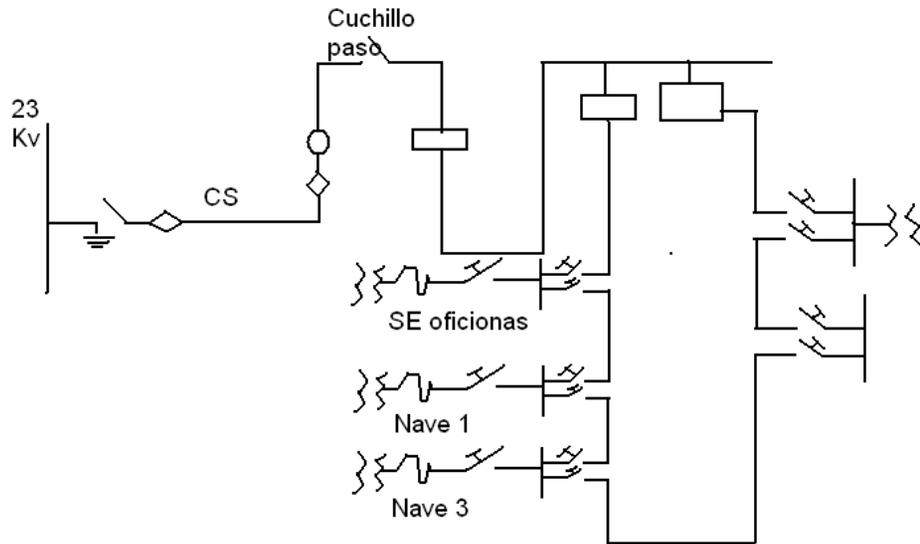
MVA



Los cambios de dirección se dan en registros



ARREGLO EN ANILLO



Cable de potencia  
Cable de energía

Con aislamiento tipo seco, polímero.

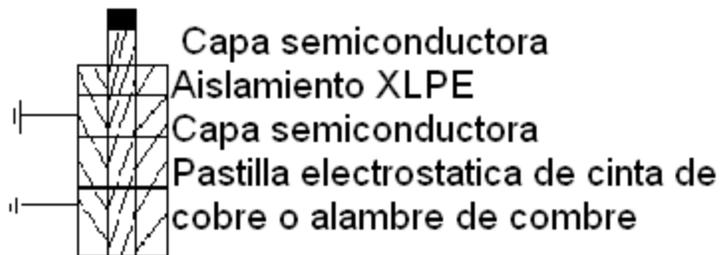
Clase	}	35 kv	Sistema	34.5 Kv
		25 kv		23 kv
		15 kv		13.8 kv
		7 kv		6 kv

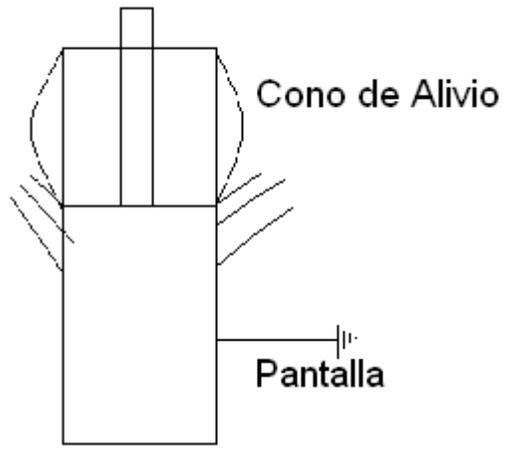
Aislamiento Polimérico

XLPE: Polietileno de cadena cruzada a 90° c

EPR: Etileno propileno ruber 90°c

- Se compra mejor para condiciones de humedad





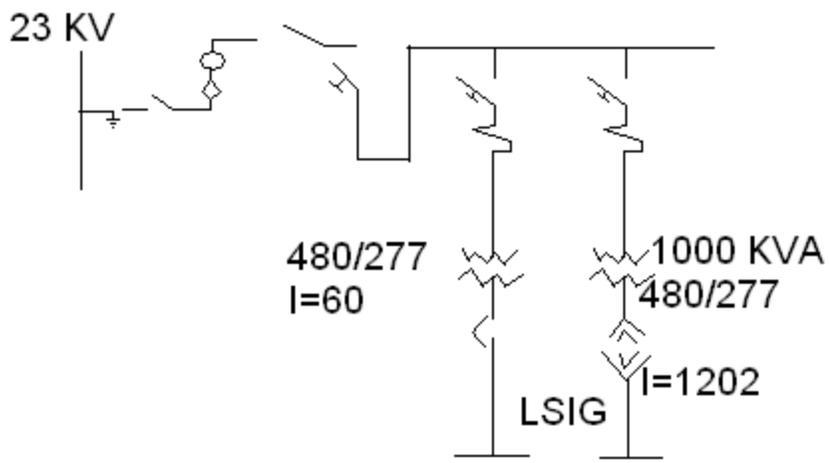
Una terminal sin cono de alivio no puede ser

TERMINALES

Bayoneta

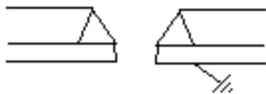
Premoldeada

Termocontráctiles

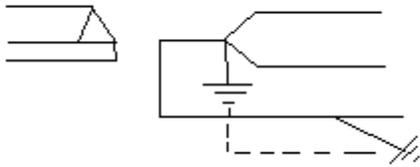


La falla a tierra se da en condiciones de que la conexión es Y en el lado secundario

CONEXIONES



Conexión en desuso



Si la acometida es para 8.T solo se requiere una barrilla

Si la acometida es A.T. se requiere red de tierras.

RESISTIVIDAD	P < 100	terreno bueno (agrícola ejidal)
	P = 1000	tepetate; arena
	P = 2000, 3000	roca

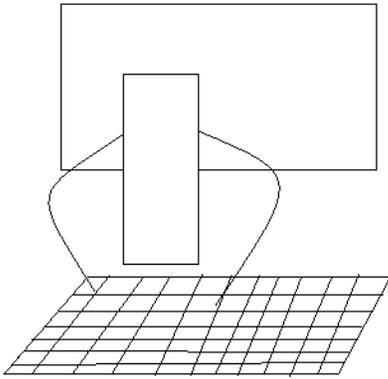
LEER EL INDICE DE LA NORMA

Artículo 100

Capítulo 110

Capítulo 200

Acometida MED. TENS.



### Mallas de tierra en sistemas de media y alta tensión

Solo en B.I. hay electrodo de tierra

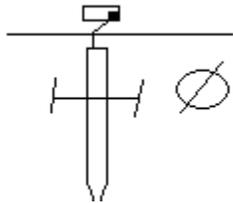
Resistividad  $P \leq 100 \Omega/m$  Terreno bueno

$P = 100 \Omega \cdot m$  Tepetate; arena

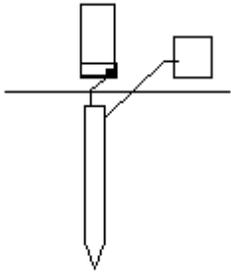
$P = 2000; 3000 \Omega \cdot m$  Roca

### EJEMPLO BOOK

Características de los aislamientos 310 -13



electrodo puesto a tierra; Varilla copper-Weld



$R < 25\Omega$  termómetro

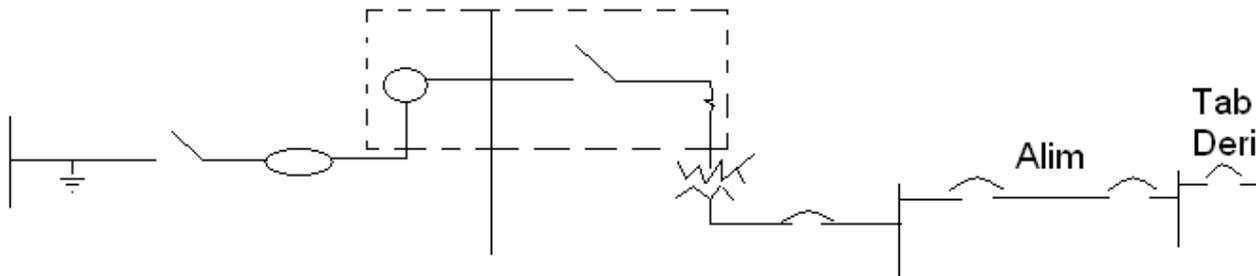
Leer el índice de la Norma

Artículo 100

Capítulo 110

Capítulo 200

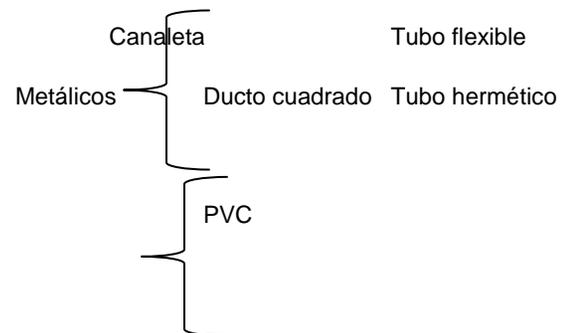
Acometida Med Tens



Mallas de tierra en sistemas de media y alta tensión. Solo en BI hay electrodo de tierra

$E = i2t$

Canalizaciones



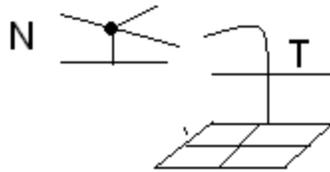
No metálicos Polietileno

Alta densidad Canaletas

Circuito Interruptor Falla a tierra

Normalmente los medios de conexión son tripolar

Puente de unión principal



OBJETIVO DEL CONDUCTOR PUESTA A TIERRA

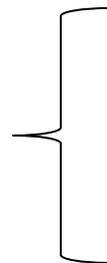
NOTA:

- 1.- Que la corriente de falla se define para que opere las protecciones.
- 2.- al ofrecer una 2 a Tierra del personal al tocar una parte expuesta y con falla no corra riesgo.

Los conectores de tornillos no sirven usar conectores de presión

Expuesto

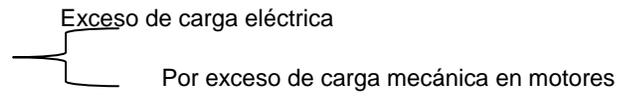
Interruptor automático



Termomagnético o de caja moldeable

Electromagnéticos o interruptores de potencia en aire y en B.T.

Sobre carga en el salón

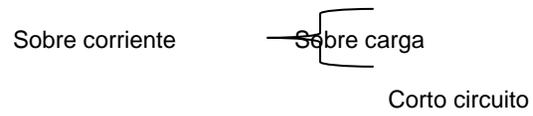


$$I = 1000 / 127(0.9) = 8.78$$

Corriente para calcular

$$EI \quad ITM = 8.79 = 1097 \text{ A}$$

### CURVA TIEMPO CORRIENTE



Región térmica o sobre cargas

Región Magnética corto

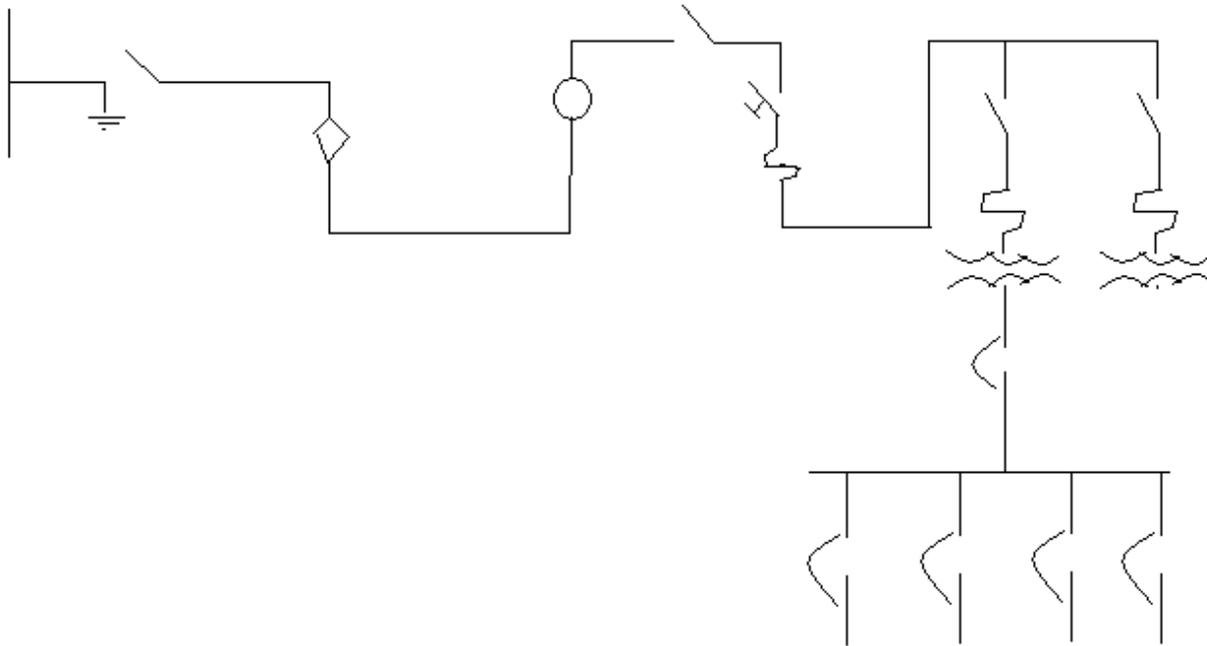
Corto CTO

Magnetico (I.T.M)

Fusibles

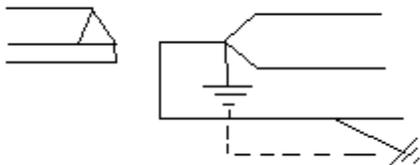
Inst. de relevadores

### TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN

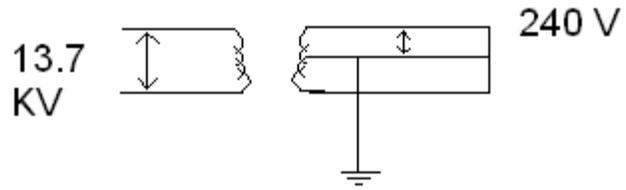


EN BAJA DENSIDAD DE CARGA SE OCUPA EL SISTEMA EDISON.

LFC, CFE en zonas de mayor densidad de carga



SISTEMA EDISON DE DISTRIBUCION C.F.E.

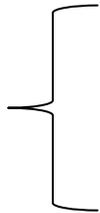


FUSIBLES

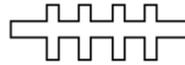
B.T. Y M.T.

(10,000A)

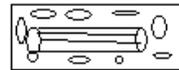
B.T



Tipo eslabon sin capacidad interruptiva



Tipo eslabon con capacidad interruptiva 10,000 – 50,000A

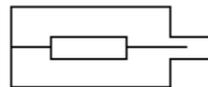


Limitador de corriente (plata, arena)

MARCA BUS – MAN

M.T.

Expulsión tienen un material fenulico que produce gases que al ser expulsados



Apagan el areo

Fusibles de

Media tensión

Uso exterior

Limitador de corriente

Uso interior

Eslabon

Uso exterior

**UNIDAD 2 DEL PROGRAMA**

Competencia particular 2 Instala los Controladores en los Sistemas Eléctricos Industriales conforme a los lineamientos establecidos.

RAP 1: Selecciona los tipos de control y su aplicación de acuerdo con las condiciones de operación del sistema o equipo a controlar.

RAP 2: Determina la ubicación de los Centro de Control de Motores a partir de sus características y parámetros de funcionamiento.

U.L. ( UNDER WRITERS LABORATORIO)

Once Organismo Certificador de equipo y Materiales

Materiales y Equipos deben haber sido Certificador por ONCE

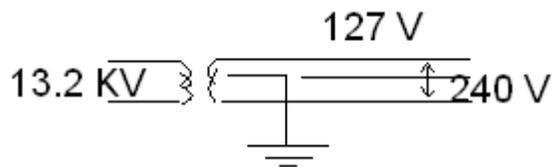
220/127 B.T.

120- 240 EDISON

480/277

2400

4,160



120/240

UNIDAD DE CICLO CONBINADO

120/240

13.215

1127  
1127

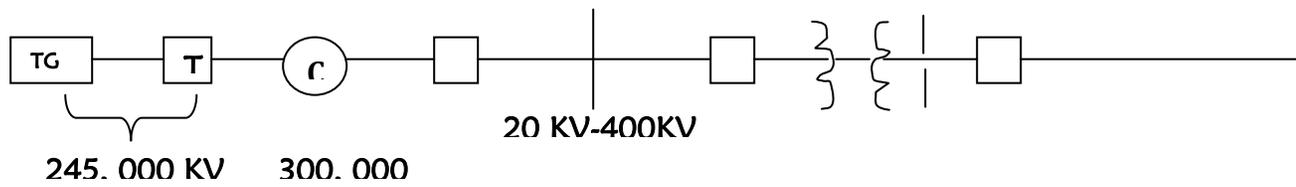
240

UNIDAD DE CICLO CONVINADO

SISTEMA DE GENERACION

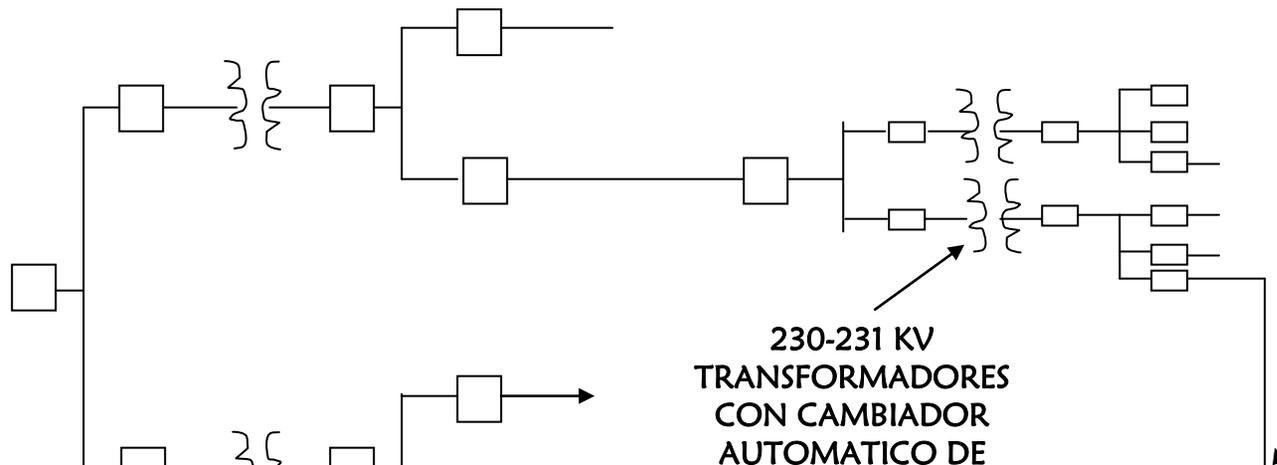
20KN

LINEA



S.E. ELEVADORA

SISTEMA DE



Conductores de Cobre Al 99.9% conduct

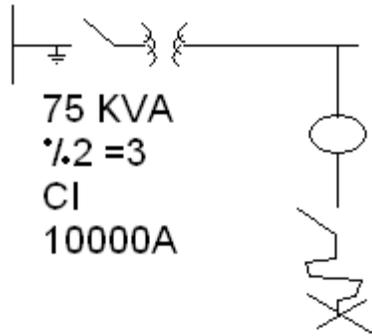
Al 70%

El aluminio puede ser mas económico que el cobre en virtud de que se puede obtener mayor cantidad de conductores por el mismo peso de material.

El aluminio requiere mucho cuidado:

- No conectar directamente con el cobre (conectores especiales)
- Se oxida con mucha facilidad
- Tiene un coeficiente de dilatación diferente en cobre

Corriente de Interrupción



$$I_s = 75 \text{ KVA} / \sqrt{3} \cdot 0.22 = 147 \text{ A}$$

$$I_c = I_s / \%Z / 100 = 147 \text{ A} / 3 / 100 = 6.566 \text{ A}$$

$$I_s = 112.5 \text{ KVA} / \sqrt{3} \cdot (0.22) = 295$$

$$I_{cc} = 295 / 0.03 = 9.842$$

Capacidad interruptiva = Es la cantidad de corriente eléctrica que puede interrumpir un equipo eléctrico sin sufrir daño alguno.

INTERRUPTORES O TIENEN CAMARAS DE INT. O DE ARQUEO

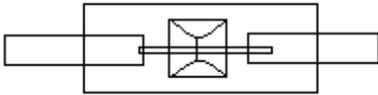
Coordinaciones de Protecciones:

Significa que el elemento de protección mas cercano a la falla sea el que tenga que operar el primer lugar y en caso de no operar deberá de operar el siguiente equipo en dirección hacia la fuente.

En consecuencia de lo anterior se deben hacer los estudios de corto y coordinación de protecciones.

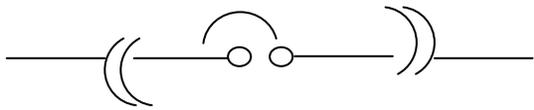
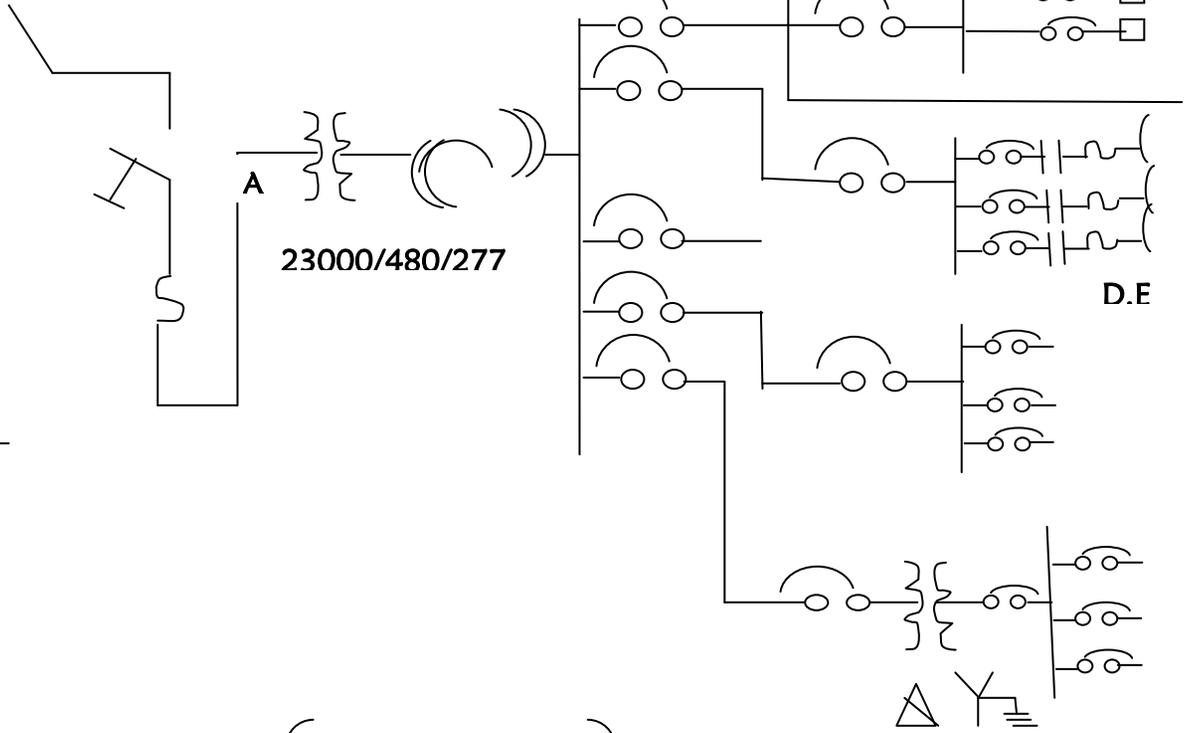
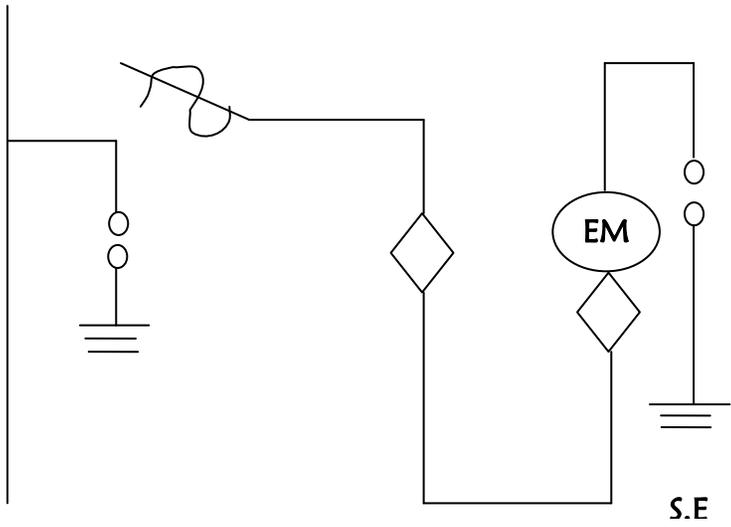
AISLAMIENTO

TERMOCONTRACTIL CONTRACTIL preformado



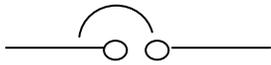
Cinta aislante epuxico

ALIMEN



INTERRUPTOR ELECTROMAGNETIC

INT. DE POTENCIA EN BI



INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO

INTERRUPTOR EN CAJA MOLDEADA

480-225/127

CIRCUITO DERIVADO

ART.210

Son circuitos clasificados de acuerdo a la protección contra  
sobre corriente

15A Múltiplos equipos

20A de utilización

30A alimentación

40A Especifico a los  
demás aparatos

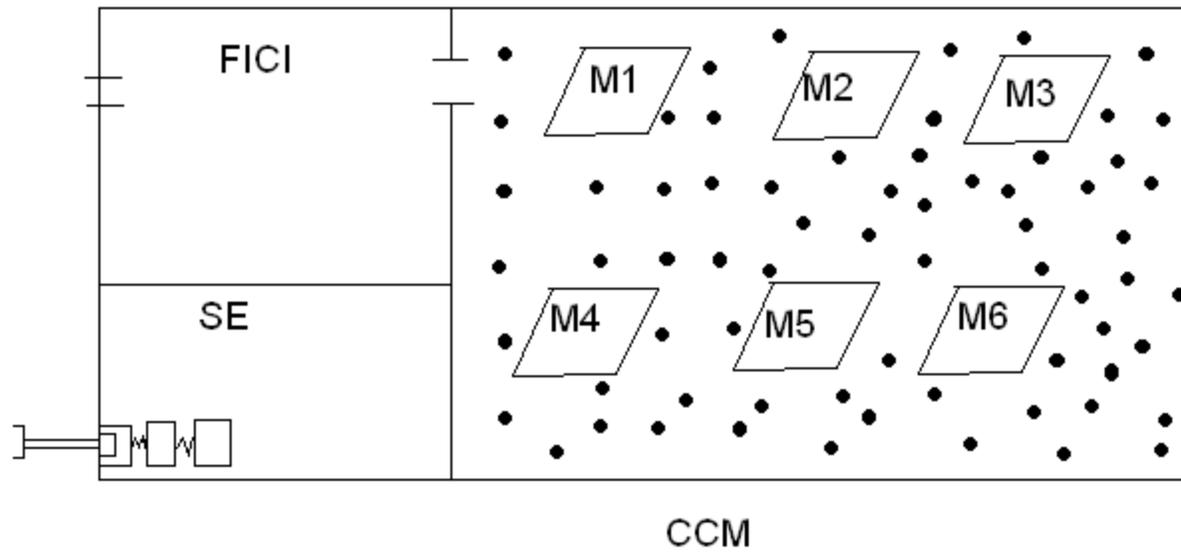
50A Aparatos

Luminarias

Contactor

máximo 50 mt de distancia

LISTA DE NECESIDADES



1.- Oficinas 200m2 planos arquitecto

2.- Zona proceso industrial

M1= 30 Hp

M2= 100 Hp

M3= 75 Hp

M4= 100 Hp

Diagrama unifilar

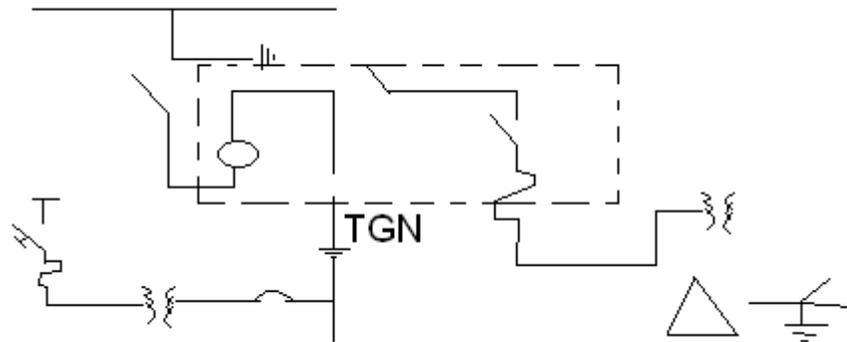


Tabla 710-33 capítulo 7

$$I_p = 3000 \text{ VA} / \sqrt{3} \cdot 23 \text{ KV} = 7.53$$

$$I_s = 300 \text{ KVA} / \sqrt{3} \cdot 220 = 787$$

### 3.- Servicio Gen.

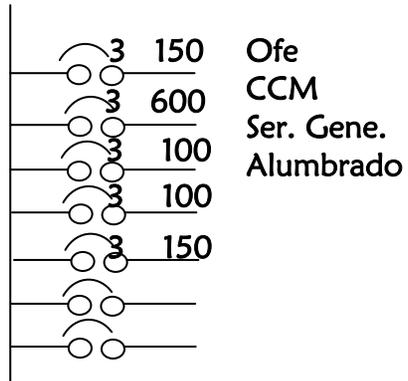
- bombas agua potable 10Hp c/u
- 2 carcamos – 2 hp
- Ext. 10 ext. 5 hp c/u

### 4.- Alumbrado nave Industrial

24 luminario Adt. Metálicos 250

RADIO DE CURVATORIA  
10 VECES EL DIAMETRO

T6N

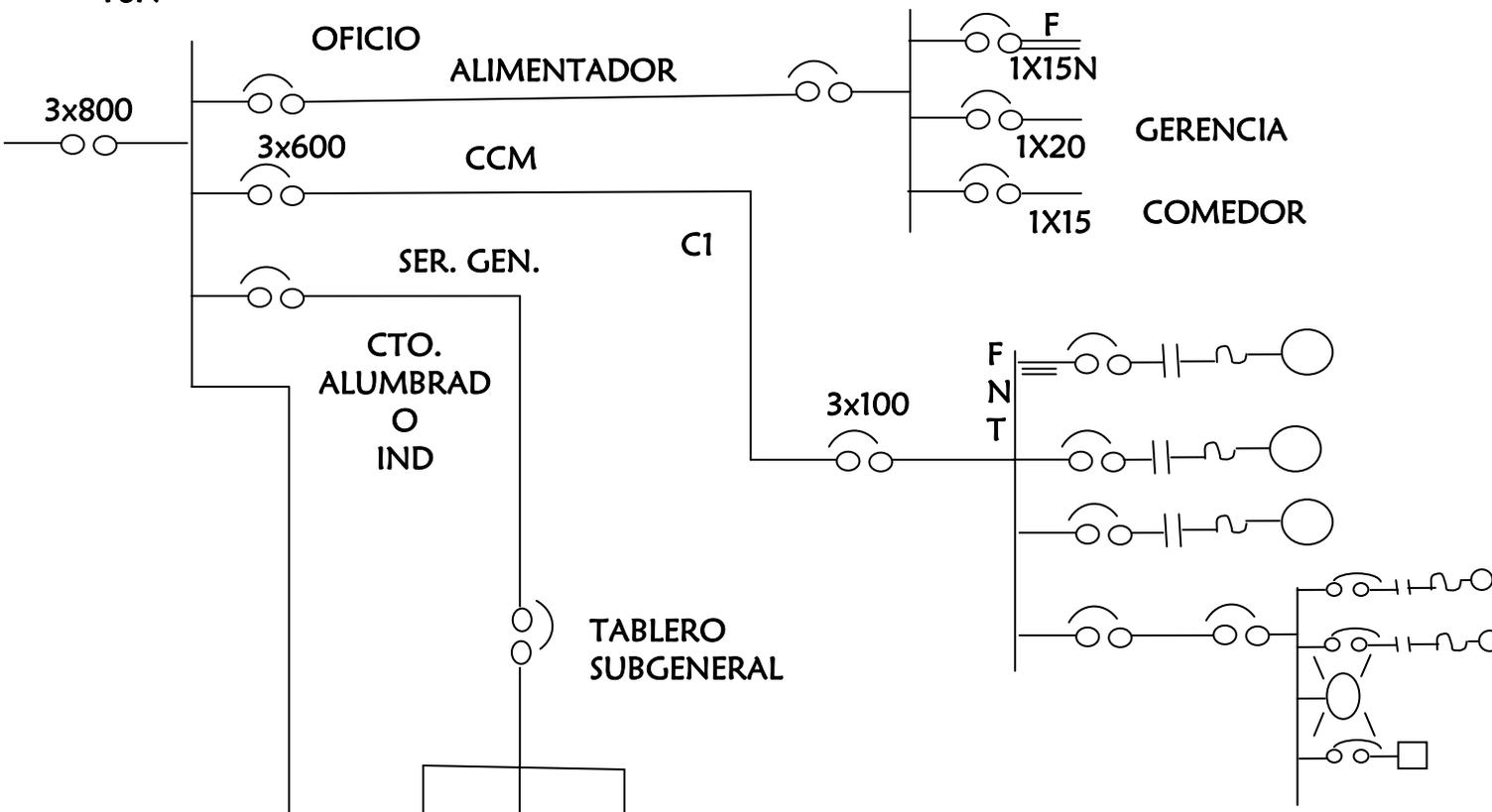


COLORE

→  
NEUTRO → BLANCO, GRIS  
Conductor puesto a tierra  
TIERRA → VERDE O DESNUDO  
Conductor de puesto a tierra o  
De retorno de tierra.

T6N

TABLERO DE ALUMBRADO Y



RADIO DE CURVATURA 10 VECES EL DIAMETRO

COLORES

NEUTRO      BLANCO    GRIS

Conductor puesto a tierra

TIERRA VERDE O DESNUDO

Conductor de puesta a tierra de retorno de tierra

REGLAS PARA CALCULAR EL CIRCUITO DERIVADO:

- 1.- Carga de alumbrado ó encendida mas 3 horas se considera carga continua.
- 2.- Los conductores se calcularan al 100% de la corriente corregida.
- 3.-  $I_{\text{Circuito}} = I_{\text{carga continua}} * 1.25 + \text{carga no continua por contacto, motores, aparatos.}$

Carga de ½ piso en el piso No.2, Edificio No.2.

LOCALIDAD	CANTIDAD	EQUIPO LOCALIDAD	TOTAL		
		LUMINARIOS	CONTACTO	LUM.	COR.
Cubiculo8		2	2	16	
Salón	7	9	4	63	28
Pasillo	1	27		27	
Baño	1	4	4	<u>4</u>	<u>4</u>
				110	48

1) Calculo de carga

Lamp. 3 tubos 3x39w

25% pérdidas en los balastos

Carga x luminario

$$3 \times 39 \times 1.25 = 146.25 \text{ w/lum}$$

Se asume un F.P. = 0.85

Calculo I 3Ø

$$I = p / \sqrt{3} \text{ VLL FP} = 110 \times 146.25 / \sqrt{3} (220)(0.85) = 49.67 \text{ Amperes Carga continua}$$

$$I_{cc} = 1.25 \text{ TA}$$

$$I_{CC} = 62.08 \text{ A}$$

$$\text{No. Ctos. Derivados} = 62.08 \text{ A} / \sqrt{5} \text{ A} = 4.14$$

CUBICULOS

Cub 8 x 2 = 16 luminarios

Baño 4 x 1 = 4 luminarios

10 luminarios x cto.

$$I \text{ x circuito} = \frac{10 \times 146.25}{0.85} = 1355 \text{ amp}$$

$$(127) 0.85$$

$$I \text{ x circuito} = 13.55 \text{ A}$$

2 circuito de 15A

1 circuito por cada 3 lamparas del pasillo

1 circuito por salón = 9 luminarias

## CONTACTO

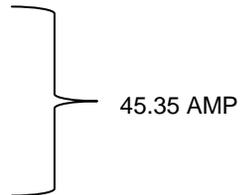
180v por contacto

	Salon	4	x	7 =	28
48	Baño	4	x	1 =	4
	Cubiculo2	x	8 =	<u>16</u>	
					48

$$28 \times 180\text{VA}/127\text{V} = 39.68 \text{ AMP}$$

$$4 \times 150\text{VA}/127\text{V} = 5.67 \text{ AMP}$$

$$10 \times 180\text{VA}/127\text{V} = 22.68 \text{ AMP}$$



Para salón y baño 3 ctos derivado.

2 ctos. Derivados para cubículos

## ALUMBRADO

### RESUMEN DE CTOS.

Salones 7 ctos. carga 12.19 am/cto

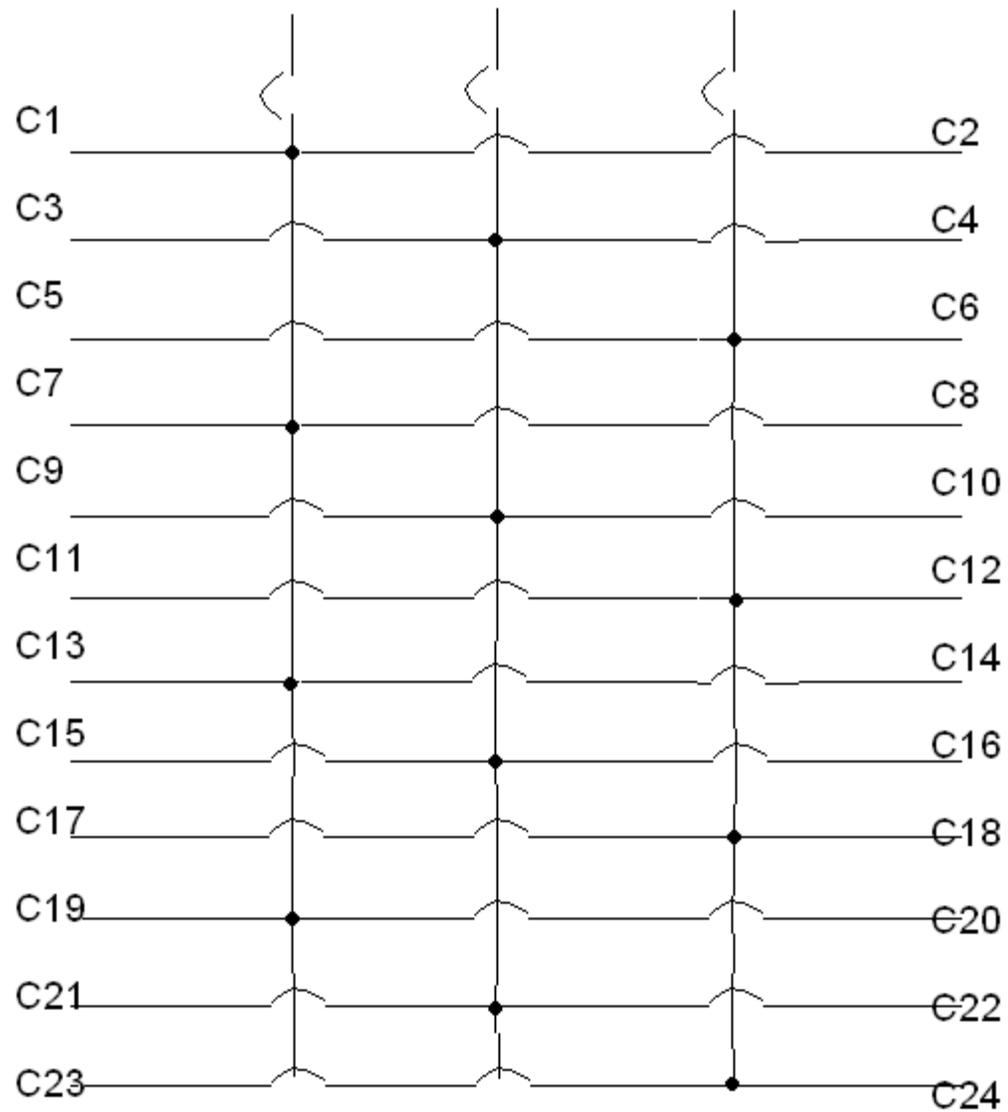
Pasillos 3 ctos carga 1219 am/cto

Cubiculos 2ctos carga 1085 am/cto

$$I_{cab} = 16 \times 146.25w/127 \times 0.85 = 21.67$$

Contactos {  
Salones y baños 3 ctos de 15.01 amp/cto  
Cubiculos 2 ctos de 11.34 amp/cto.

Seleccionamos un tablero de (24 – POLOS)



Zapatos principales o interruptor principal

A

B

C

C-1

12.19

C-2 12.19

C-3 12.19

C-4 12.19

C-5

C-6 12.19

C-7 12.19

FASE A

12.19 x 2

12.19 x 2

15.01 x 2

11.34 x 2

Et 101.46 amp

FASE A

FASE B

12.19 x 2

12.19 x 2

15.01 x 2

11.34 x 2

E 101.46 AMP

FASE

12.19 x 2

10.85 x 2

15.61 x 2

E 76.1 AMP

48 Contactos

110 LUM

P/LUM =  $3 \times 38 \text{w} \times 1.25 = 146.25$

25% factor de perdida de balastro

PTLUM =  $146.25 (110 \text{ lum}) = 16.087.50 \text{w}$

Icontacto – 180VA

180VA (48 Contactos) – 8 640 VA

IALIM =  $16.057.50 \text{W} / \sqrt{3} (220) (0.85) = 49.67 \text{A}$

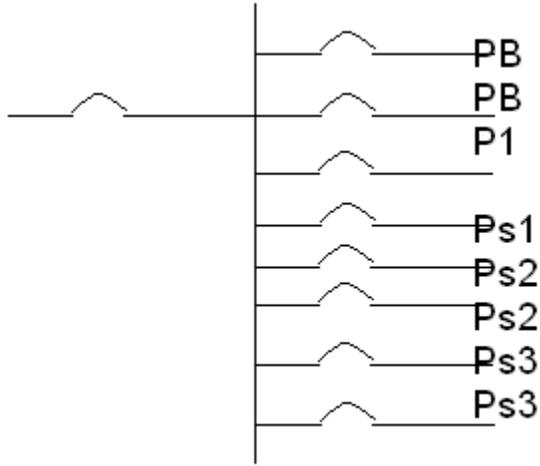
ICond =  $8640 \text{VA} / \sqrt{3} (220 \text{V}) (0.85) = 26.67 \text{A}$

Ialim =  $1.25 (49.67) + 26.67 \text{A} = 88 - 757 \text{A}$

Tablero General Normal

Edificio No. 2

(TAB DE DISTRIBUCION)



Tablero de alumbrado a la "B" 24 polo

Según Artículo 240-6 de la nom. Se emplea el interruptor inmediato superior que existe en el mercado.

La corriente para calcular el alimentador son de 100 amp x fase

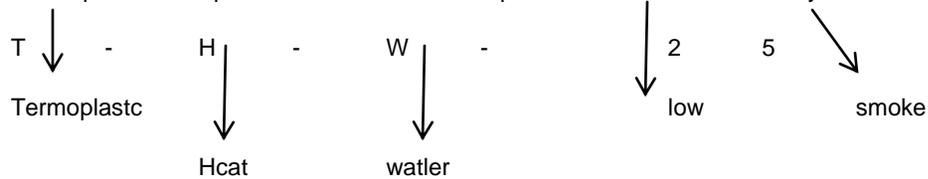
- Se usara tubería de pared inmediata
- Utilizando la tabla 310 -16 se usaran columnas de 75°

Como se utilizaran 100 amp el calibre del conductor será 26.67mm<sup>2</sup> o calibre 3AW6

Pero este calibre no es comercial por lo tanto se utiliza 2DW6

Calculo del conductor retorno a tierra el calibre será 8.367 (8)

Dado que el interruptor automático de 100 Amp. De acuerdo con el art 256 y tabla 250-95 nom



Para seleccionar el tubo considerando el forro del cable THW – LS el diámetro de la tubería sería de 41mm

Conduit metálico semipesado u 1 ¾ pulg

El THWLS calibre 2 tiene un área de 3362mm<sup>2</sup> y el conductor desnudo tiene una área 8. 137mm<sup>2</sup>

$$AIOM = 33.62 \times 4 + 8.137 = 142.617 \text{ mm}^2$$

$$ATUB = 142.617 \text{ mm}^2 / 0.4 = 356.54 \text{ mm}^2$$

TABLA 10-4 El diámetro de la tubería 35 ( 1 – ¼)

Carga x piso

$$146.2 \times 110 \text{ c/u} = 16082$$

$$180 \times 48 = 8640$$

Alumbrado

$$\text{Carga x piso} = 2 \times 16.082 = 32164\text{w}$$

$$\text{Carga para 4 pisos} = 32164 (4) = 128656\text{w}$$

$$\text{Contacto x piso} = 8640 \times 2 = 17280 \text{ VA}$$

$$\text{Contacto para 4 pisos} = 17280\text{VA} (4) = 69120\text{VA}$$

$$\text{Tab 220-13} = 0.05 \text{ ó } 50\text{KVA}$$

$$ILUM = 128656 / \sqrt{3} (220) (0.85) = 397.217 \text{ AMP}$$

$$ICON = 69120 / \sqrt{3} (220) = 181 \text{ Amp}$$

Factor de alumbrado

Factor de demanda 0.5 de contactos

I CORRIENTE DEL ALIMENTADOR

$$I \text{ ALIM} = ALUM \times fd \times 1.25 + I_{con} \times fd$$

$$= 397.217 \times 1 \times 1.25 + 181 \times 0.5$$

$$= 587.62 \text{ AMP}$$

DRT 240 – 6

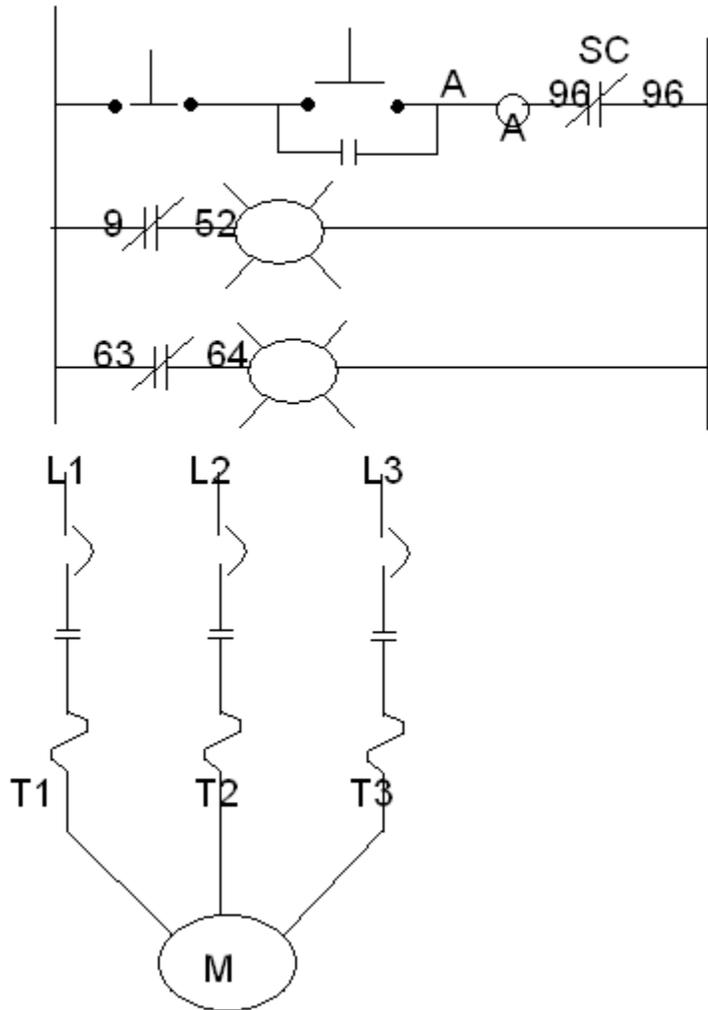
De acuerdo en este artículo se utilizara 600AMP

CONTROL

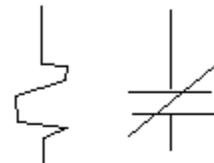
Diagrama de arranque de un motor o arrancador

DIAGRAMA DE CONTROL

# Diagramas de Control



Relevador de



MOTORES 5%

SINCRONO Se usan para tener, además de la fuerza de la fuciza motora, la ventaja de corregir factor de potencia uso limitado.



Rotor devanado 5%

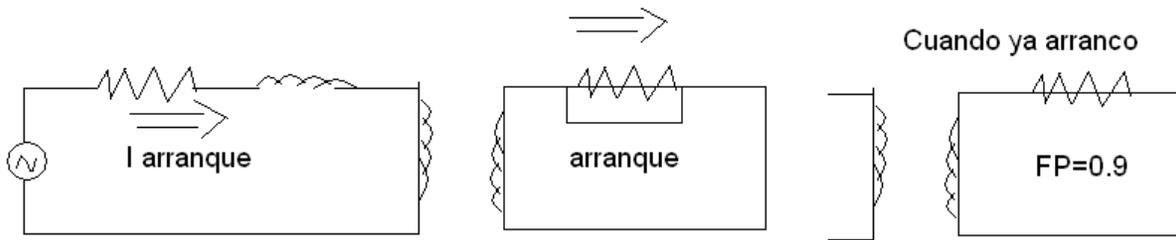
INDUCCION

Se usa para aplicaciones donde se requiere un control muy preciso del motor.

Jaula de ardilla 90%

Uso general

### MODELO ELECTRICO DE UN MOTOR



TAB 430 – 7 (B)

Los motores al arranque tienen un F.P. muy malo y conforme llega a su velocidad de régimen y a la carga mecánica correspondiente el F.P. mejora.

La corriente es alta pero una vez que se llega a la velocidad de régimen (muy cercana a la velocidad síncrona) se produce una fem. causada por el

MAT

### FORMULAS BASICAS

$I \text{ MOTOR} = \frac{HP \times 746}{\sqrt{3} \times ULL \times R \times F.P.}$

R y F.P. = Varian con la carga

R = 0.9 (Aprox)

Velocidad síncrona (rpm) =  $120f / p$

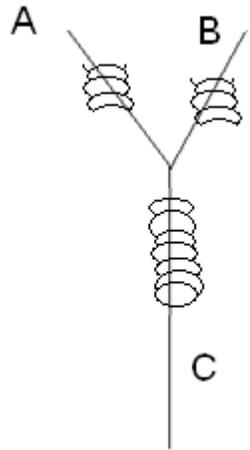
Motor de 4 polos

$N = \frac{120(60)}{4} = 1800 \text{ RPM}$

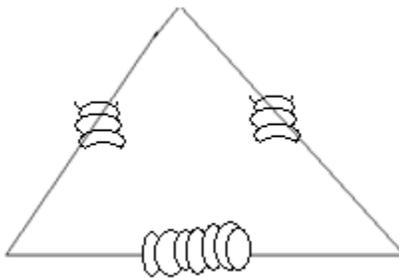
PAR MOTOR

$$T = \frac{h_n \times 5250}{N}$$

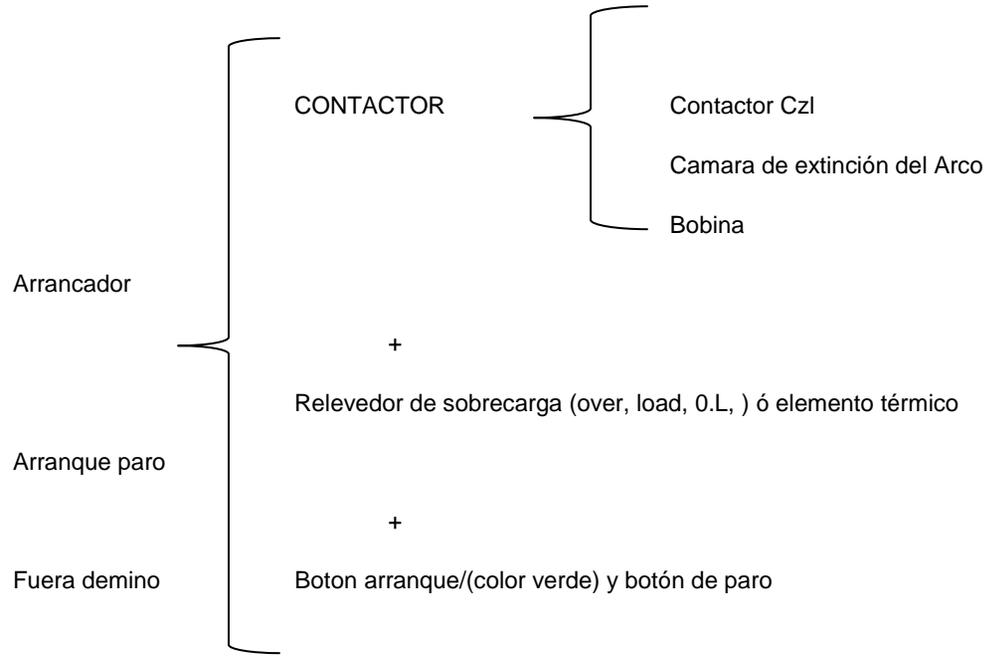
Conexiones del estator motor de 2 polos

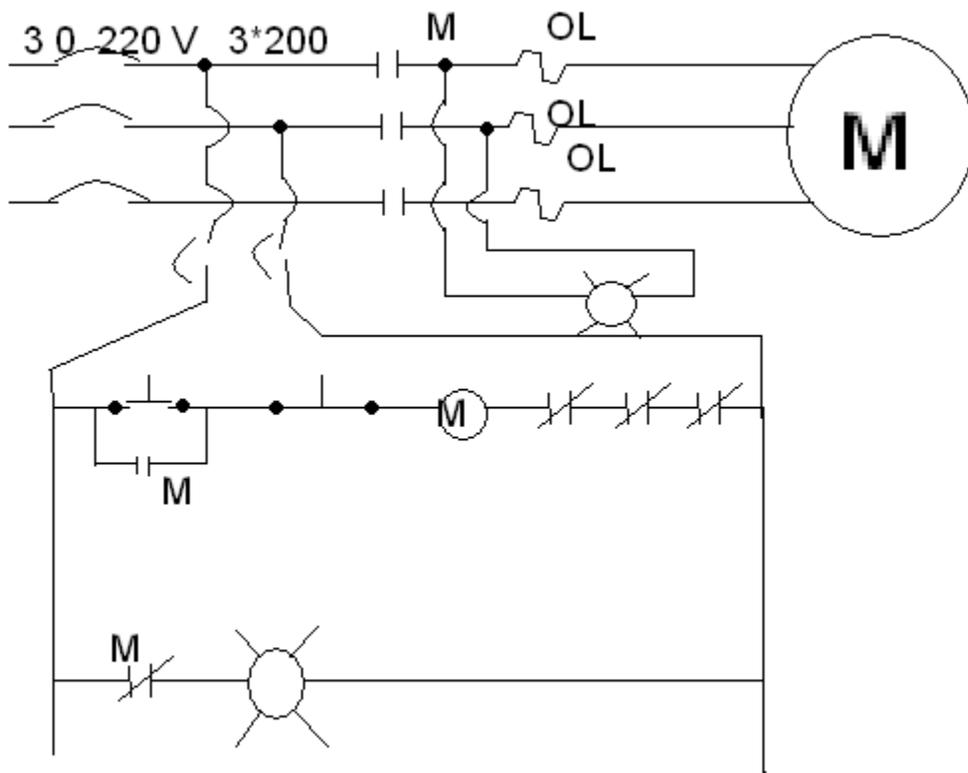


PRACTICA EUROPEA



PRACTICA AMERICANA





Desviación

709 – 744 cap

± 10% voltaje nominal

5% rango de tensión deseable  
 $460/480 \times 100 = 95.83\%$

Motor de 100 Hp  
 Inominal 124A      tabla 430 -150

Para motores se considera cercano a los valores reales lo siguiente  
 $IM = 100KVA/\sqrt{3} (0.46KV) = 125P$

#### PROTECCION DE SOBRE CARGA (O.L) (OVER LOAD)

Buscar proteger desde pequeños incrementos de I causados por exceso de carga mecánica o valores dañados.

Se usa un relevador de sobre carga basado en bimetalo, ZL cual se ajustara de acuerdo al articulo 430 – 32AL  
% de IN

- |  |      |
|--|------|
| - Motores con factor de servicio indicado<br>no menor a 1.15 | 125% |
| - Motores con indicación de temperatura<br>No mayor a 40°C   | 125% |
| - Todos los demás  | 115% |

#### MOTOR CON FACTOR DE SERVICIO DE 1.0

$N < IOL < 1.15 I_n$

Para el motor 100hp  $I_n = 124 A$

$1.15 I_n = 142.6$

$124 < IOL < 142.6$

Para un motor con factor de servicio 1.15 (significa que se puede sobrecargar mecánicamente un 15%)

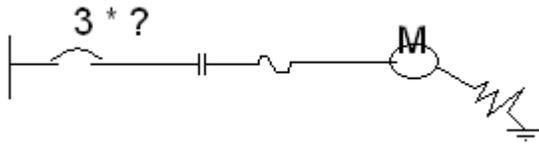
Para el motor H.P., con F.S. = 1.15

$IOL (max) = 1.25 \times 124 = 155A$

$124 < IOL < 155$

Para calcular el interruptor termomagnético se usarán los límites fijados en la tabla 430 -152 sin embargo resulta práctico calcularlo con el factor de 1.25  $I_n$

$I_{ITM} = 1.25 \times I_n = 1.25 \times 124 = 155P$



Se escoge un interruptor termomagnetico

3 x 175ª

Artículo 240 -6

TERMO MAGNETICO

Sobrecarga      corto Cto

(Bimetal)      (Sulenoide)

Bimetal      Protección

Contra sobrecarga

(15e6 – 1000SEG)

MOTORES POLIFASICOS (JAULA DE ARDILLA)

% DE IPC

Fusibles

Fusible de

Interruptor

Interrupor

sin retardo

2 elementos

Automatico

Automatico

de tiempo

(con retardo de tiempo)

de disparo

de tiempo

Instantaneo

inverso

300

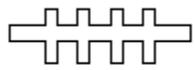
175

800

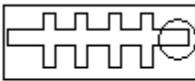
250

Jaula de ardilla que no sea diseñado E

Fusible sin retardo de tiempo



**Proteccion contra  
corto cto**



**Metal de base de  
punto de fusion**

Motores

MOTOR F.S.= 1.0

100 H.P. (460 Volts) I = 124 AMP

Rango de ajuste relevador de sobre carga

$124 < IOL < 124 \times 1.15$

$124 < IOL < 142.6$

Protección contra corto circuito y falla a tierra

Se hace con un Int. Termomagnetico

Según tabla 430 – 152

- 1) Protección contra sobrecarga, interruptor automatico de tiempo inverso.

El objetivo de esta protección es respaldar al relevador de sobrecarga y proteger a los conductores de alimentación al motor.

Para cumplir con la tabla 430 – 152 se usara un interruptor termomagnetico se selecciona en forma práctica como sigue:

$$ITM = 1.25 \times IPC = 1.25 \times 124 = 155$$

Se usara ITN 3x 175A

La norma fija como limite el 250% de la corriente a plena carga

$$ISL = 2.5 \times 124 = 310 \text{ amps}$$

(sobre carga)

$$ISC = 310 \text{ A}$$

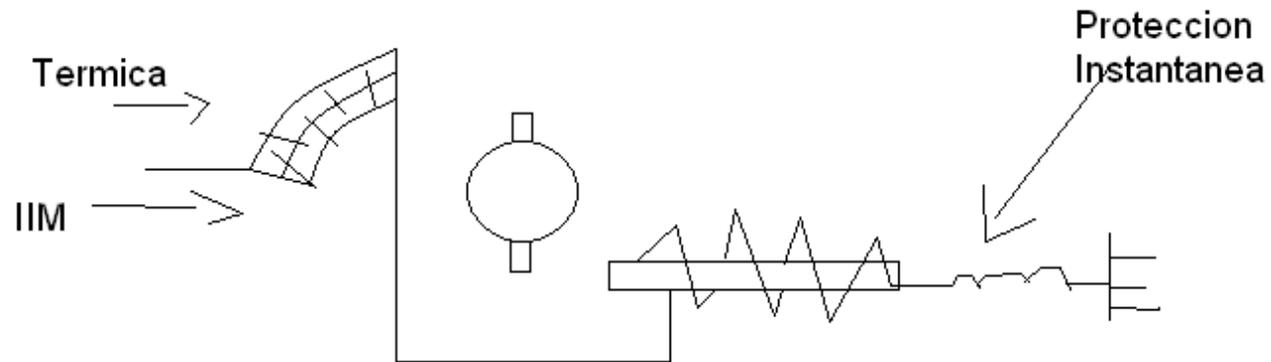
EL ITM dispara aproximadamente entre 10 – 20% I nominal o sea

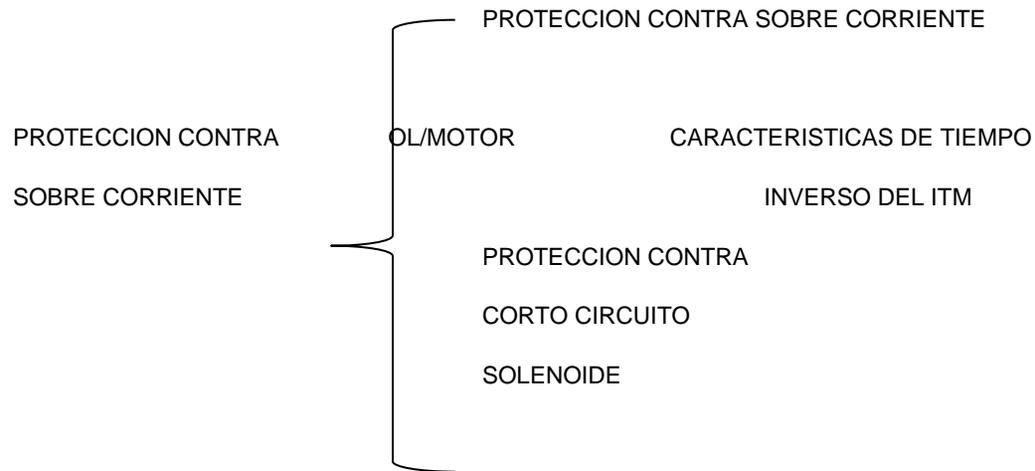
$$ITM = 175 \times 1.10 \times 1925 < IS$$

CONCLUSION

Correctamente protegida en cuanto a la corriente de tiempo inverso.

CONSTRUCCION DE TERMOMAGNETICO





Para la protección instantánea la norma fija.

$$I_{INST} = 8 \times 124 = 992A$$

El interruptor termomagnético

De 3 x 175A tiene los siguientes ajustes

Se escoge el valor de 5 veces la Inominal del ITM

$$5 \times 175 = 275 A < I_{INST} = 992$$

Este Valor es el correcto

IRB= Corriente de rotor bloqueado

o corriente de arranque

Esta corriente es acorde con las letras de código de la Tabla 430 – 7 (b)

Para un motor de letra de código (A) de 100 HP

4- 4.49 KVA / Hp  
Para el Motor de 100 HP  
KVA= 4.49 KVA/HP x 100 HP  
KVA= 449

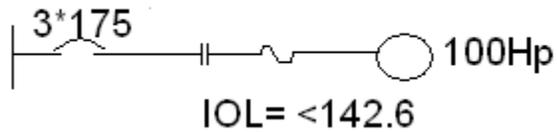
$$IRB = 449KVA / \sqrt{3} (0.460)KV = 563 A < ITM INST = 875$$

(5 x 175)

Como conclusión el ITM no dispara en falso al arranque

Para el calculo de los conductores 430 de alimentación al motor se usa el factor 1.25 veces IPC

$$I = 1.25 \times 124 = 155 A$$



TABALA 310 – 16

T .E.A.M. = 34° c

Columna 75°

3 cad act/ tab => 2/0

$$I_{cond} = 175 (0.94) = 164.5A > 155 A$$

F.T. = 0.94

Conductor a tierra

Tabla 250 -95 norma

Para el conductor de 200 A será 13.3 (6) Awg

TUBERIA

C4 – TABLA

2IN => 53 min max

3C – 2/0 CU

IC – b CU

Tuberia 2 in

MOTORES 200HP (460V)  $I = 240$  Amp

Rango de ajuste del relevador de sobrecarga

$240 < IOL < 240 (1.15)$  Proteccion s.b.

$240 < IOL < 276$  CARGA 350

$ITN = 1.25 \times Ipc = 1.25 \times 240 = 300$  A

Se usaran ITN 3 x 350 A 240 – 6

$ISC = 2.5 \times 240 = 640$  A

$ITM = 300 \times 1.10 = 330 < ISC$

Protección fija instantánea  $800/200 = 4$

$INST = 4 \times 240 = 960$  A

El int 3 x 175 A

Se escoge 5 veces la I nom

$5 \times 300 = 1500$

De acorde a las letras de código de la tabla 430 – 7 (b)

430 - 150

Motores 200HP (460)  $I = 240$  Amp

$Ipc < Iol < Ipc \times 1.15$

$240 < Iol < 276$

Protección térmica

$Ipc \times 1.25 = 240 \times 1.25 = 300$  A

430 – 7B

Si el motor tiene una letra de código “E” para su arranque se tiene

$$KVA_{RB} = 4.99 \times 200 \text{ HP} = 998 \text{ KVA}$$

$$IRB = KVA / \sqrt{3} U = 998 / \sqrt{3} (0.46) = 1232.6 \text{ A}$$

Ajustando el termomagnético

4 veces la  $I_N$  del termomagnético

$$5 \times I_n = 300 \times 5 = 1500^a \quad (\text{Disparo Inst})$$

$$I_{ONP} = 1500 \text{ A} < 8 \times I_{pl} \\ = 8 \times 240 = 1920$$

$$IRB < ID \quad 1252.6 < 1500 \text{ A}$$

Conductor de alimentación a 200 HP

Cable de tierra desnudo, de acuerdo a 3 x 300 A, calibre 4 AW6 la protección

Tabla (250 – 95)

$$I_M = 1.25 \times I_{pc} = 1.25 \times 240 = 300 \text{ A}$$

Tabla 310 – 16

Columna 75°

$$I = 335 (0.94) = 314.9 > 300 \text{ A} = I$$

3 cod / 400 KCM

Cálculo del alimentador del centro de control de motores

$$ICCM = IPC_{MOTOR MAYOR} \times 1.25 + E I_{pc} \text{ demás motores}$$

$$ICCM = 1.25 \times 240 + 65 + 2 \times 124 = 613 \text{ A}$$

700 A

Se escoge un ITM general 3x 600 A

$$ICCM = 0.94 \times 625 = 507.5$$

Se usaran 2 conductores x fase en tubería conduit

$$I_{\text{cable}} = I_{\text{ALIM}}/2 = 613/2 = 366.5$$

Se propone un conductor 400 KCM

$$I_{\text{TABLA}} = 335 \quad F.t \ 0.94$$

$$I_{\text{corregir}} = 335 (0.94) = 315A > 306.5$$

Se usaran 3 conductores x fase en T

$$I_{\text{cable}} = I_{\text{ALIM}}/3 = 613/3 = 204$$

3COM /4/0                      Se propone un conductor 4/0 x fase

$$I_{\text{TAB}} = 230 \quad f.p. = 0.94$$

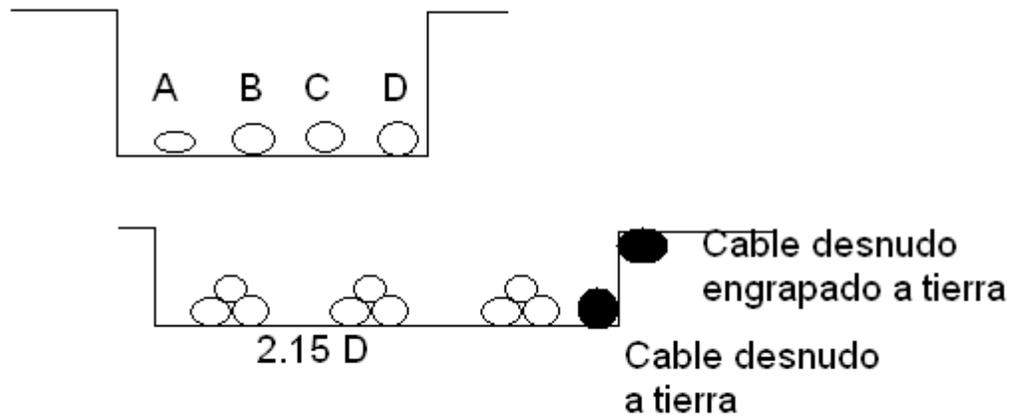
$$I_{\text{correg.}} = 230 (0.94) = 216 > 204$$

## TUBERIAS

NOTA.- Se colocan las 3 fases dentro de un tubo conduit de acero con el objeto de eliminar el campo magnético y que su reactancia no se vea afectada ni se caliente el tubo.

Solución con charola porta cables o de soporte tipo charola

Si los cables se instalaron de la siguiente forma



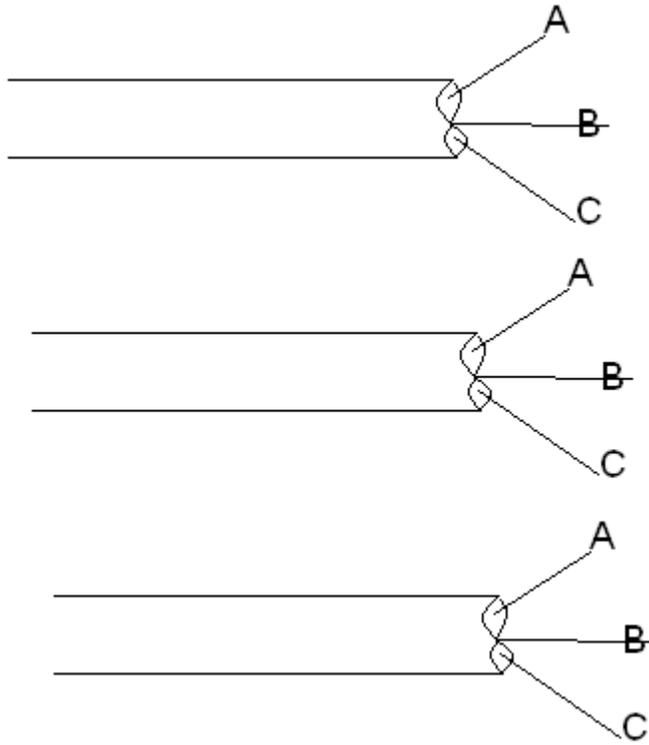
Se usara la tabla 310-17

Ial= 205

Tab=230 A

Conduit 1/0

I corr= 230 (0.94) = 216 > 204



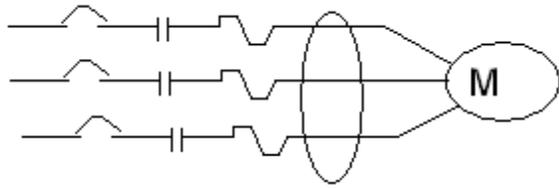
Para un cable instalado en tubería conduit

Calibre = 4/0

R - 02 / 1000 mts

XI = 0.1135 / 1000 mts

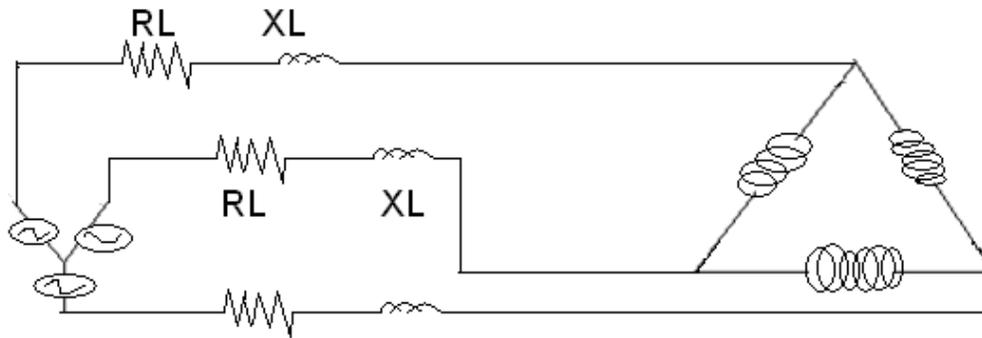
FORMA 3 0



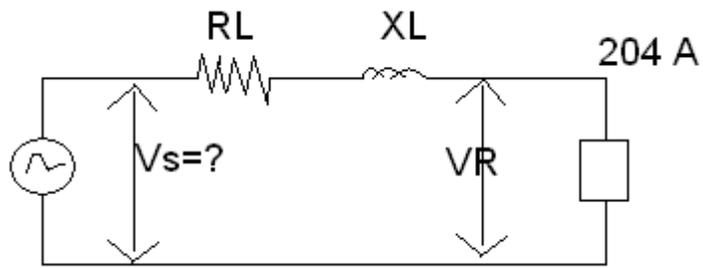
9c-4/0

1P=6

L = 100mts



ANALISIS FASE X FASE

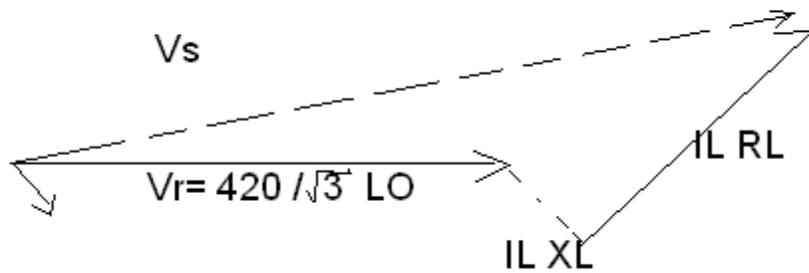


$V_r$  = Voltaje receptor

$V_s$  Voltaje envio

$$V_s = V_r + I_L Z_L$$

$$V_s = V_r + I_L (R_L + jX_L)$$



$$V_s = 480 / \sqrt{3} L_0 + 204 L_{-25.64} (0.02 + j0.135) = 281.99 \angle 0.15^\circ$$

% e =

$$\% e = \frac{281.99 - 277128}{277.128} \times 100 = 1.756 \%$$

OTRO METODO CON TABLA

Consiste en utilizar una tabla existente en el libro rojo del I.E.E.E.

La cual consiste en caídas de tensión tabuladas para un circuito hipotético de 10,000 Amps línea a línea 1 metro de long

Por ejemplo: para un conductor calibre 4/0 de cobre inst. en ducto magnetivo

( O f.p = 0.9 (-) )

La caída de tensión sera de 8

PL – L = 4.27 Volts

Esta caída es para 10000 Am – Metro

Como:

I carga = 204 A

= 0.9 (-)

L= 100 mts

Amp – metro = 204 x 100 = 20.400 ( A – M)

La caída de tensión sera

P L – L = 427 x 20.400 / 10,000= 8.71 V

P L – N = 8.71/√3 = 5.02 V

% e = eL – n / UH \* 100 = 5.03/277.18 \* 100 = 1.81 %

Tarea El mismo cto pero en charola



L = 75 mts

1 cable 3/o por fases charola

## TRANSFORMADORES

### 1.- Monofasicos

\*Trifasicos

### 2.- Transformadores de distribución

5 - 15 - 30- 45- 75- 112.5 - 225 - 305 son KVA

### 3.- Mediana potencia

500 - 750 - 1000- 1250- 1500- 2000 son KVA

### 4.- Potencia

3000 - 5000- 10000 - 12 000 - 16 000 - 20 000 - 30 000 - 60 000 son KVA

### 5.- Gran potencia

100 000 KVA - 330 000 KVA

Por la forma de instalación

- Tipo poste - hasta 225 kva
- Tipo subestación Interior - 112.5 KVA - 2000 KVA
- Tipo subestación Interperie - 5000 - 330 000

## TRANSFORMADOR 3 FASICOS

DATOS BASICOS

Capacidad – 1500 KVA

Elevación temperatura 65°C

Tensiones : 23 000 – 480/277

Nivel Aislamiento = 125 KV BIL

CONEXIÓN : > - A

Enfriamiento O.A. Aire Aceite

FOA

(FORCEO OIL – AIR)

20 000 KVA

Conclusión se busca al aumentar la capacidad no se supere la temperatura de los devanados

Elevación de temperatura 65°C

65°C Elevación de temp. A carga nominal

a.5 C°

TA = 30° C

Otra característica del transformador

- Altitud sobre el nivel del mar 2300 MTS

N. MAR 2300

Presion admst + -

Cantidad Aire + -

Distancia de

Aislamiento al aire

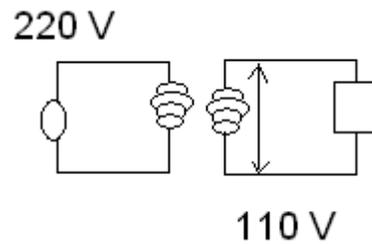
Entre electrodos - +

Transporte calor + -

Eficiencia + -

- FRECUENCIA 60HZ
- Cambiador Ds
- Derivaciones : TAP
- Central 2 Taps arriba de 2.5% c/u y 2 tap abajo de 2.5% c/u

#### TRANSFORMADOR MONOFASICO



$$V_p/V_s = a = 220/110 = 2 = N_1/N_2$$

$$V_p \cdot I_p = V_s \cdot I_s$$

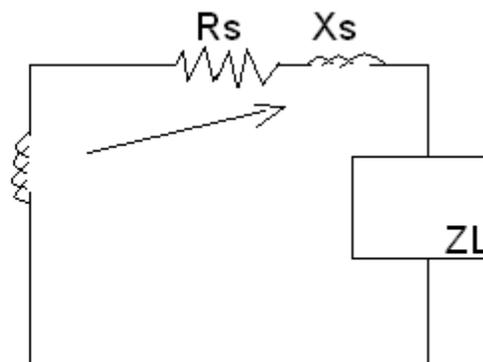
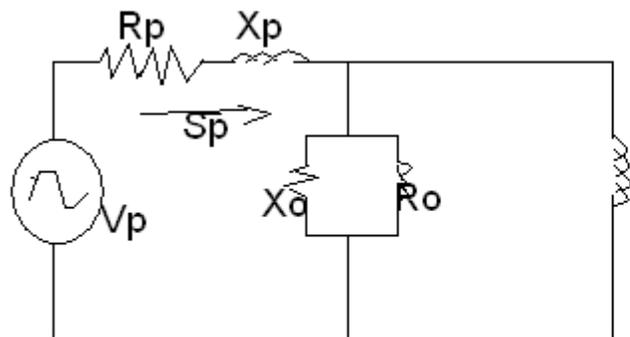
$$V_p/V_s = a = I_s/I_p$$

$$I_s = 100/11 = 10 \text{ A}$$

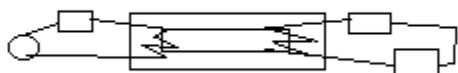
$$I_p = I_s/a = 10/2 = 5 \text{ A}$$

$$VDP = 220 \times 5 = 1100$$

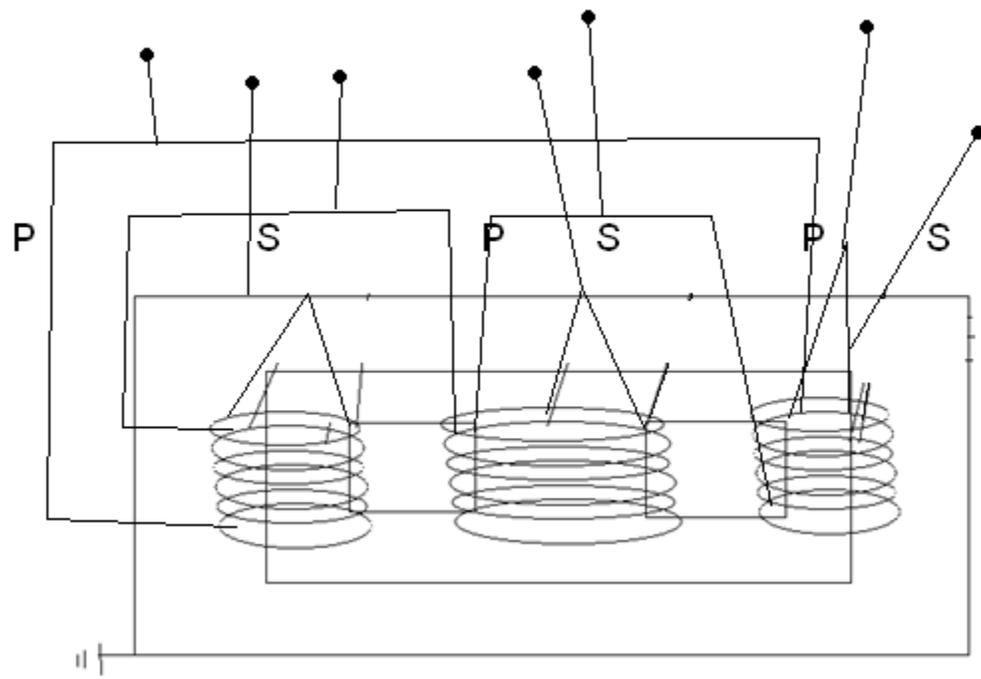
$$VPS = 110 \times 10 = 1100$$

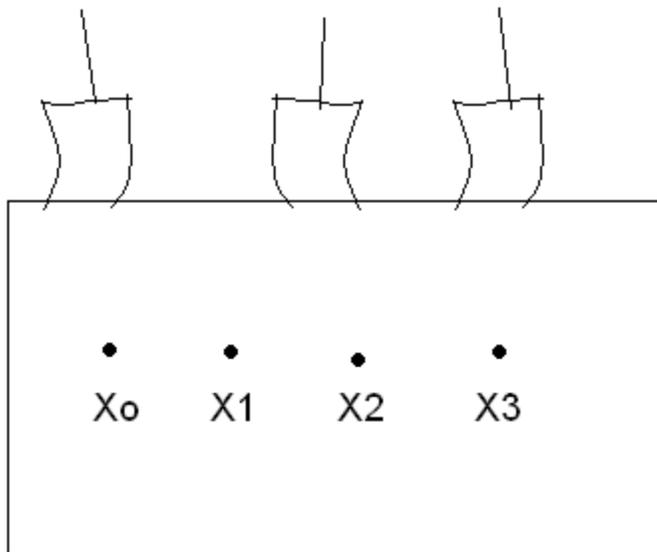


PARA PERDIDAS DE NUCLEO



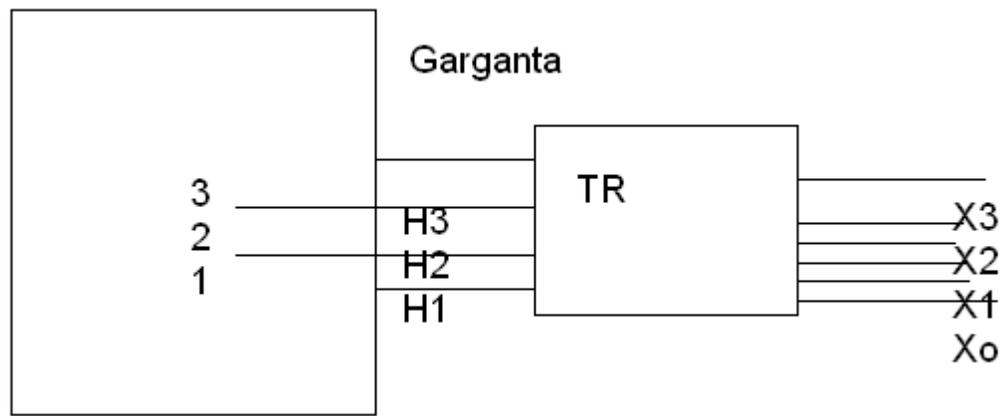
TRANSFORMADOR TRIFASICO



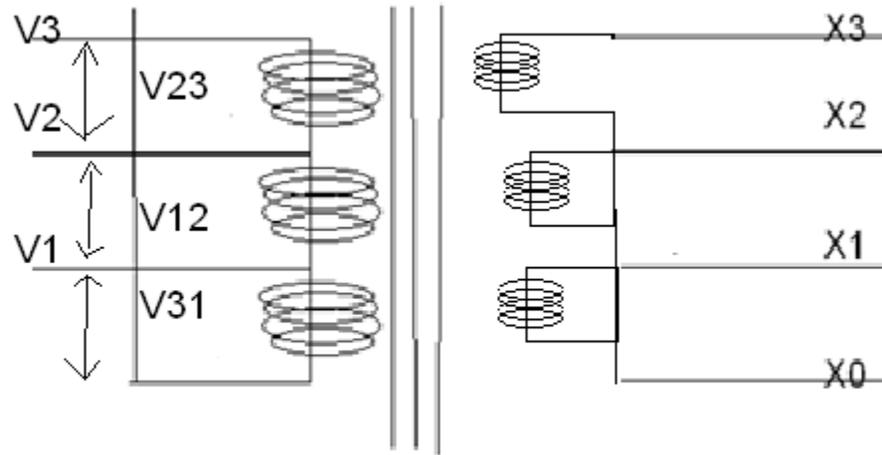


VISTA DE PLANTA

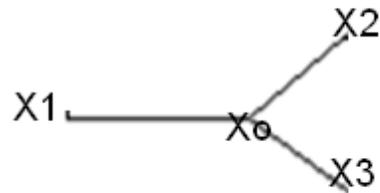
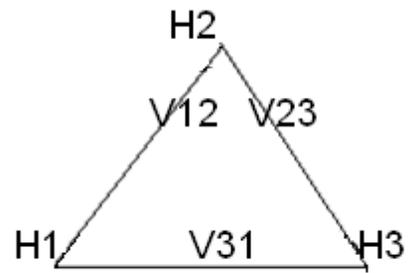
GABINETE MT

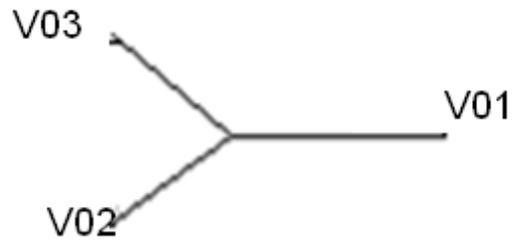
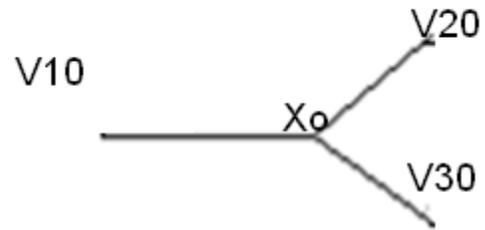


# COSNTRUCCION DE TRANSFORMADOR



## Datos de Placa





TRANS 300 KV

$$I_{PL} = 300 \text{ KVA} / \sqrt{3} \cdot 23 \text{ KV} = 7.53 \text{ A}$$

$$I_{SL} = 300 \text{ KVA} / \sqrt{3} \cdot 0.22 \text{ KV} = 787 \text{ A}$$

$$\text{KVA/PIERNA} = 300/3 = 100 \text{ KVA}$$

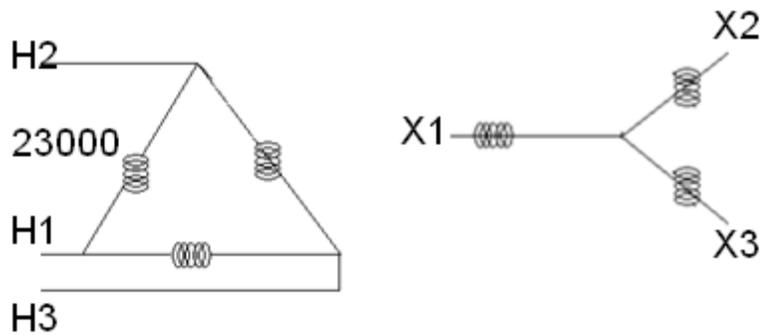
$$I_{PO} = 200 \text{ KVA} / 23000 = 4.34 \text{ A} \cdot \sqrt{3} = 7.51 \text{ } ^\circ\text{A}$$

$$\text{ISO} = 100 \text{ KVA} / 0.227 \text{ KV} = 787.40 \text{ A}$$

$$\text{TR} = 1500 \text{ KVA} / 2300 - 480/277$$

$$\% Z = 6$$

$$X/R = 6$$



Para el transformador 1500 KVA

- A) Calcular de línea primario y secundario
- B) Corrientes de fase en ambos lados
- C) Z aparente, primaria y secundaria
- D) Z real referida a primaria y Secund

X real

R real

$$I_{LP} = 1500 \text{ KVA} / \sqrt{3} \cdot 23 \text{ KV} = 37.6 \text{ A}$$

$$I_{FP} = 37.6 / \sqrt{3} = 21.73 \text{ A}$$

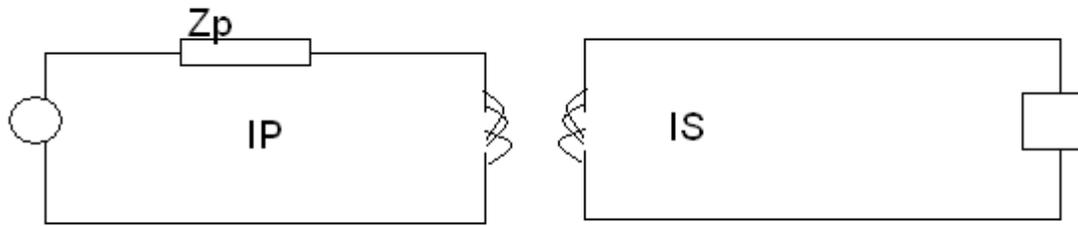
$$I_{LS} = 1500 \text{ KVA} / \sqrt{3} \cdot 0.48 = 100.4 \text{ A}$$

$$I_{FS} = 100.4 / \sqrt{3} = 58.0 \text{ A}$$

- C) Z aparente primario = Impedancia aparente del primario

$$Z_{AP} = V_0 / I_0 = V_{LL} / I_0 = 23000 / 21.75 = 1057.47$$

$$Z_{AS} = 480 / \sqrt{3} / 58.0 = 0.1534$$



% Z = 6 Prueba de corto CTO

$0\% Z / 100 \times V_P$

%Z Significa el porcentaje del voltaje que se debe aplicar al primario con el secundario en corto cto. Cuando se tiene las I nominales en las fases de ambos lados.

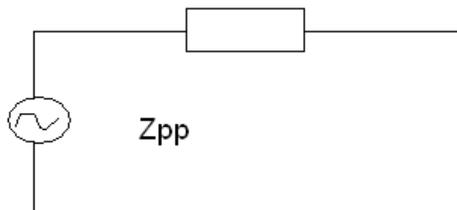
Si % Z= 6

$V_{CL} = 6/100 \times 23\ 000$

$V_{CLP} = 1350\ V$

$Z_{0P} / Z_{0S} = 63.51/1057.4 = 0.06 \times 100 = 6\%$

$Z_{0P} = 63.51$



5 DATO

$$X/R = S$$

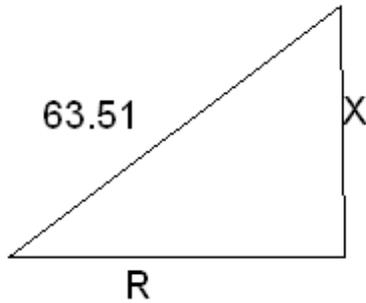
$$0 = \text{ARE TAN } (S) =$$

$$X = Z_0 P \text{ Seno} = 63.6 \text{ lx sen } 78.6$$

$$X_p = 62.27$$

$$R_p = Z_0 \cos \theta$$

$$= 13.51 \times \text{Cos } 70.6$$



$$R_p = 12.55$$

El valor de la impedancia de fase retirada o vista desde el lado secundario

Si se aplica el voltaje nominal :

$$I_{0S} = V_{0S} / Z_{0S} = 480 / \sqrt{3} / 0.0092 = 30,122.6$$

$$I_{0S} (\text{Nominal}) / \%Z / 100 = 1804 / 0.06 = 30,122.6$$

Ahora visto del lado primario

$$I_{cc0} = 2300 / 63.51 = 362.14$$

$$ICCL = \sqrt{3} \cdot 362.14 = 627.24$$

$$I_{cp} = 37.6 \text{ A}$$

$$I_{ccp} = ICN / \%Z / 100 = 37.6 / 0.06 = 627 \text{ A}$$

$$I_{cc} = ILS / \%Z / 100 = 1804 / 0.06 = 30,122$$

$$SI \ V_p = \text{Nominal}$$

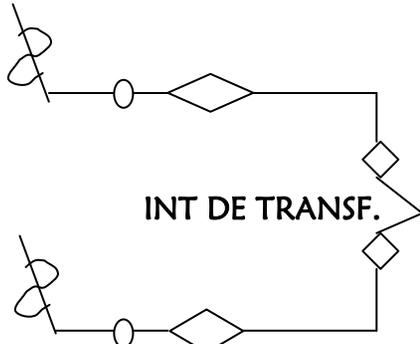
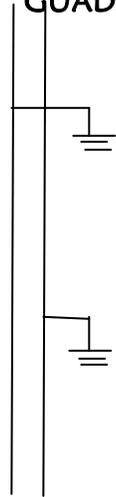
$$I_{cc} = INP / \%Z / 100$$

$$Si \% \ Z = 6$$

$$Z \ T = \frac{\%Z}{100} \times VNP$$

$$INP$$

ALIMENTACION EMERGENTE DE GUADALUPE



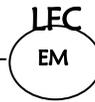
INT DE TRANSF.

TERMINA AREA PARA CABLE DE ENERGIA

SECCIÓN DE TRANSFORMADOR GENERAL ITM



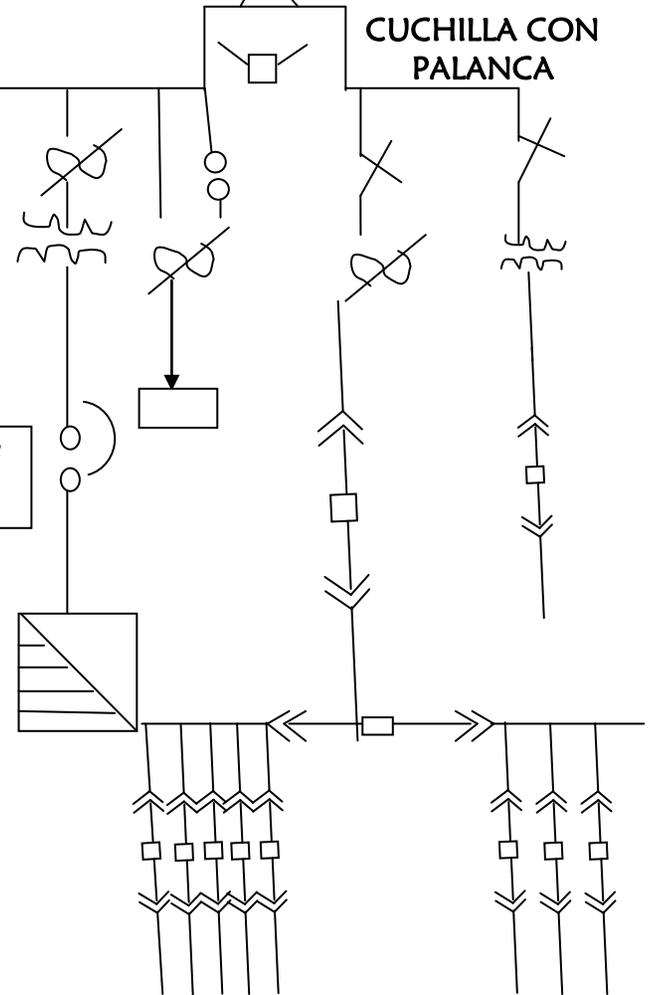
C. SUB



EQUIPO DE MEF Y PRACTICA IPN

CUCHILLAS

CUCHILLA CON PALANCA



$$+ (5\%) 23000 \times 1.05 = 24150$$

$$+ (2.5\%) 23000 \times 1.025 = 25,575$$

23000 – Tap central

$$+(5\%) = 24150$$

$$+ (2.5\%) = 28,575$$

$$- (2.5\%) = 22,425$$

$$- (5\%) = 20,850$$

$$<a + 5\% = 241.50/450/\sqrt{3} = 87.18$$

$$<a + 2.5\% = 25,575/480/\sqrt{3} = 85.11$$

$$<a (-2.5\%) = 22,425/480/\sqrt{3} = 80.95$$

$$<a (-5\%) = 20850/480/\sqrt{3} = 78.88$$

Esto se hace con el transformador desconectado para el cambio de derivaciones

## PROBLEMA

Se toma lectura en el lado secundario de un transformador, arrojando 470 volts fase – fase botando el transformador conecta el tap nominal del cual es el voltaje en la red

$$470/\sqrt{3} = 271.35$$

$$VP = 271.35 \times 83.03 = 22530 \text{ V}$$

Si tiene un transformador de relación nominal 23000 480/277 con cambiador de derivaciones estándar pero se van a utilizar en un sistema 440V ya existente.

En cual tap coloca el transt. Para que funcione el sistema de baja tensión.

La tensión primaria 23000 V >>

$$a_n = N_1/N_2 - V_{prim}/V_{sec} \quad V_{sec} = V_{prim}/a_n = 23,000/07.12 = 253.82$$

$$A = 24150/480/\sqrt{3} = 07.18 \quad V_{sec} \text{ L-L} = \sqrt{3} \cdot 26382 = 456.95V$$

$$456.95 / 400 = 100$$

Se tienen 23 000, 23000 – 480/227 motores 440 >>>> circuitos alumbrando cuyo voltaje es 480/ $\sqrt{3}$

$$V_{LL} = 22000$$

$$23000 - 480/227$$

$$\text{Motores 440} \quad - \quad \pm 5\%$$

Iluminación 227V

H.I.D.

$$a_n = N_1/N_2 = 23000/480/\sqrt{3} = 83.03$$

$$a \% = 24150/480/\sqrt{3} = 65.11$$

$$a-2.5\% = 22425/400/\sqrt{3} = 80.15$$

$$a-5\% \cdot 21850/480/\sqrt{3} = 78.08$$

$$V_{sec} = V_{prim}/a_n = 23000/83.03 = 277.00$$

$$22000/83.03 = 264.96$$

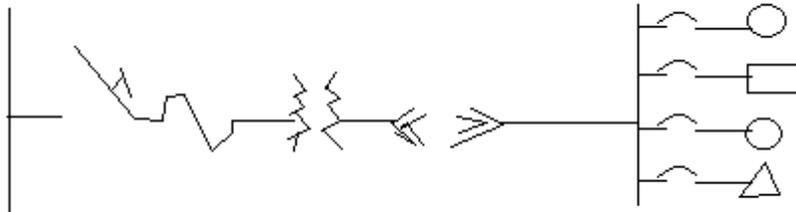
$$264.96/277 = 0.9505 = (1 - 0.9665) \times 10 \Rightarrow 4.35$$

$$V_s = 264.91 \times \sqrt{3} = 458.92$$

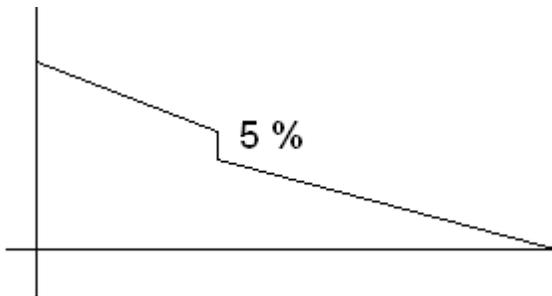
$$\% = 458.92 - 440/440 \times 100$$

$$\% = 4.3\%$$

### CAIDAS DE TENSION



### EJEMPLO DE CAIDA DE TENSION EN TRANSF.



1500 kva

% Z = 6

X/R = 5

Z 3000 – 480 /277

Calcular la caída de tensión en el transformador a plena carga y  $f_p = 0.9$  (-)

$$(Z_T) = 0.06 \frac{480}{\sqrt{3}} / 1804.22 = 9.216 \times 10^{-3}$$

$$X_t = Z_t \text{ Sen } 78.69 = 9.03 \times 10^{-3}$$

$$P_t = Z_t \text{ Cos } 78.69 = 1.867 \times 10^{-3}$$

$$I_L = 1804.22 \quad L = -25.84$$

$$\text{Si } IP = 0.9 \text{ (-)} \quad \theta = 25.84$$

$$V_s = \frac{480}{\sqrt{3}} L_0 + (1804 L - 25.84) (1.807 \times 10^{-3} +) 9.03 \times 10^{-3}$$

$$V_s = 287.74 \quad L 2.63$$

$$\& \text{ Reg} = \frac{287.47 - 277.128}{277.128} \times 100 = 3.73\%$$

$$\frac{480}{\sqrt{3}}$$

Si la carga resistiva

F.P. = 1.0

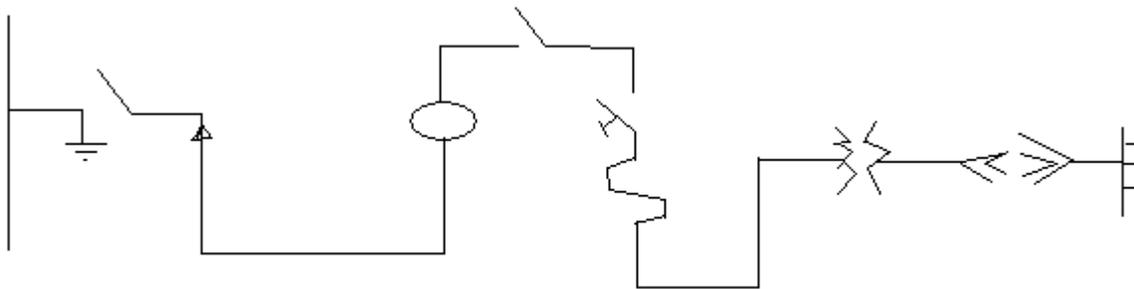
0 = 0

$V5 = 480/\sqrt{3} L0 - (1804.22 L0) (1807 \times 10^{-3} - 9.03 \times 10^{-3})$

$V5 = 28086 L3.3$

$\% Rcg = 280 - 86 - 277.12 / 277.12 * 100 = 1.35\%$

PROTECCIONES DEL TRANS



Tierra compactada

Enfrado de concreto

Cuando 23000 – 480/277

VLH – 227 150 Votts

Debe haber protección falla a tierra:

Solo los interruptores electromagnéticos tienen protección falla a tierra.

INST I

127 V

220 VA

220/127 ALUMBRADO

VAPOR SODIO

127 V

VS AP

FLUORECENTE

ADITIVOS METALICOS

1130 VA

0 220

HASTA 1 hp

1 hp – 50 hp

INST II

23000 V – 220/127 ( 300 KVA)

Normal

23000V - 480/277 TRANSFORMADORES

500 KVA

750 KVA

1000 KVA  
1500 KVA  
2000 KVA

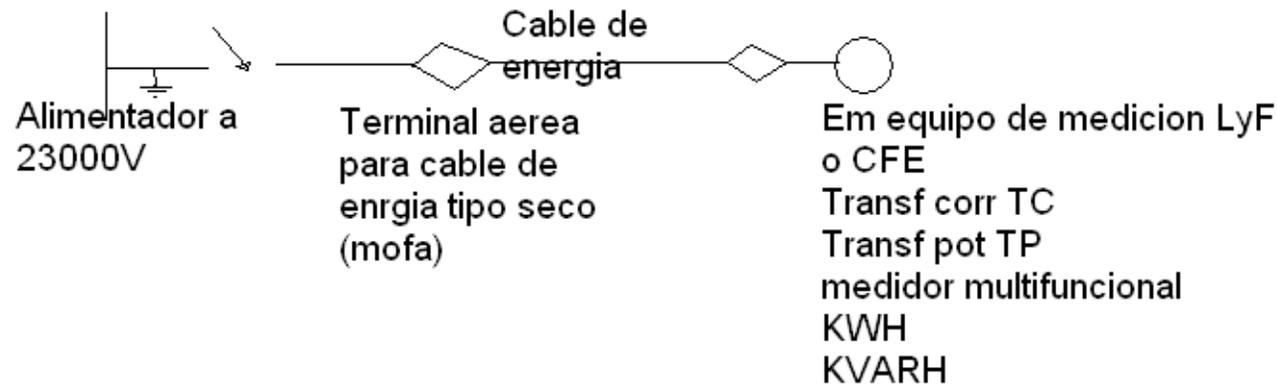
480 V

277 V

Hp – 50 hp – 250 hp

La corriente que circula por el circuito no tiene que exceder Ampacidad del conductor

ESTRUCTURA DE INSTALACION ELECTRICA



INSTALACIONES ELECTRICAS II

ING. ANDRES DANIEL CHAVEZ SARDUÑO

CEL 55 21 85 41 98

FASEO: A, B, C, 1,2,3, +

IZQ. De derecha Sec Positiva

Arriba Abajo

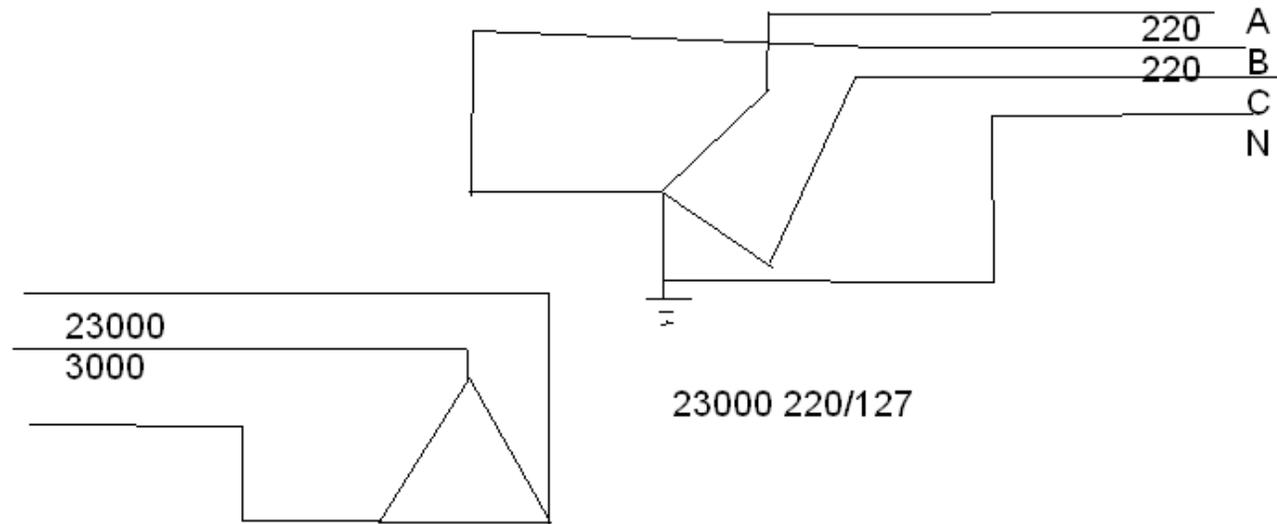
Delate hacia atrás M.O.

TARIFA 3

C.F. 23000 Mediana tensión OM

L.F. 13200 HM

RED MED. TENSION



23000 – 220/127

TARIFA 1 RESIDENCIAL

TARIFA 2 Hasta 25 KW carga demandada

Carga demandada = (factor de demanda) (carga instalada)

Cuando no hay nada seguro – 06

Escuelas minisúper

Demanda  $\leq$  25 KW

Edificios Tiendas

TARIFA No.3

Servicio general en baja tensión mayor a 25 kW de demanda

25 kW < demanda ≤ 50 kW

(limite superior recomendable)

TARIFA O.M. Servicio ordinario en media tensión

50 KW < Demanda < 100 kW

TARIFA H.M

100 KW < Demanda ≤ 4000 KVA

TENSIONES		TARIFAS		
B.T.	220/127	1,2,3		
B.T.	480/277	O, M,	H,M	
				1000 V
M.T.	23,000	L.F.C.	OM	
	13,200	C.F.E.		
	34,500	C.F.E	HM	
	4,160	(TENSION EN MOTORES MUY GRANDES)		
				34,500 V
A.T.	85,000 L.F.C.	HS	HORARIA	

115,000 C.F.E

SUBTRANSMISION

230,000 LFC/CFE

HS

HORARIA

TRANSMISION