ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

ESTUDIO DEL SISTEMA ELECTRICO DEL INGENIO AZUCARERO DEL NORTE I.A.N.C.E.M.

TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO
EN LA ESPECIALIZACION DE SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA
DE LA ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

WIDMAR HERNAN AGUILAR GONZALEZ

QUITO, MAYO 1990

CERTIFICO QUE ESTE TRABAJO HA SIDO REALIZADO EN SU TOTALIDAD POR EL SEÑOR WIDMAR AGUILAR GONZALEZ.

ING. MILTON TOAPANTA O.
DIRECTOR

A G R A D E C I M I E N T O

DEJO CONSTANCIA DE MI MAYOR AGRADECIMIENTO AL ING. MILTON TOAPANTA O., POR SU VALIOSA COLABORACION EN LA ELABORACION DEL PRESENTE TRABAJO.

I N D I C E

Pág.

CAPITULO 1: GENERALIDADES

1.1 Objeto y alcance del estudio 2

1.2 Ubicación de la planta y descripción del proceso productivo..... 4

1.3 Descripción del sistema eléctrico existente 7

CAPITULO 2: RECOPILACION DE DATOS

2.1 Instalaciones actuales 12

2.2 Carga instalada 21

2.3 Generación de emergencia 22

2.4 Elaboración de planos eléctricos del sistema actual... 22

CAPITULO 3: CALCULO DE INSTALACIONES ELECTRICAS

3.1 Instalaciones industriales 33

3.1.1 Cálculo de circuitos derivados 35

3.1.2 Cálculo de alimentadores por armario 54

3.2 Criterios y definiciones de los diferentes elementos que intervienen en la instalación de motores..... 62

3.3 Estudio de cortocircuitos 69

3.4 Selección de dispositivos de protección 99

3.4.1 Protección de motores 119

3.4.2 Protección de transformadores 127

3.5 Coordinación de las protecciones 128

Pág.

CAPITULO 4: RECOMENDACION DE MEJORAS TECNICAS

4.1 Selección de equipos y elementos adecuados 156

4.2 Motores sin uso adecuado 157

4.3 Motores que trabajan a voltaje diferente a los nominales..... 159

4.4 Métodos de arranque de motores 161

4.5 Uso de capacitores 195

CAPITULO 5: PRUEBAS DE EQUIPOS ELECTRICOS

5.1 Objetivo 217

5.2 Prueba de motores mediante pinza voltamperimétrica... 219

5.3 Prueba de devanados a tierra 227

5.4 Prueba de cortocircuitos 230

5.5 Prueba de rotores de jaula de ardilla y rotor devanado 234

5.6 Prueba de condensadores 241

5.7 Pruebas mediante el meguer 247

5.7.1 De aislamiento al motor 249

5.7.2 De aislamiento en cables 252

5.8 Pruebas en diodos y rectificadores de potencia 255

CAPITULO 6: MANTENIMIENTO ELECTRICO

6.1 Clases de mantenimiento 262

6.2 Importancia de un Mantenimiento Preventivo 274

6.2.1 El por qué de un Mantenimiento Preventivo 275

C A P I T U L O I

GENERALIDADES

Una de las características de las azucareras es la de ser una industria suceptible de evoluciones y transformarse rápidamente. Esta facultad se debe en ocasiones a rediseños dentro del proceso que obligan a cambios en otras áreas y también a que trabaja durante 10 meses ininterrumpidos para pararse luego dos, y en los cuales se aprovecha para realizar correcciones que sean necesarias.

El ingeniero que trabaja en una industria azucarera no debe considerarla como estática, más bien deberá considerarla como un ente capaz de desarrollarse lenta o bruscamente, por lo tanto debe preveer sus instalaciones para que futuros desarrollos sean posibles. Esto es muy importante cuando se diseña una instalación por primera ocasión.

Pero en ocasiones no se prevee futuros desarrollos y las ampliaciones entonces son realizadas a la suerte y sin sentido práctico.

Las consecuencias de estas decisiones son:

- Dificultad en el control y vigilancia del proceso.
- Derroche de cables eléctricos, vapor, etc.
- Mezcla de aparatos, nocivos al buen mantenimiento y funcionamiento general.

En una fábrica ya diseñada el incremento de motores eléctricos, y de bom

bas dependerá exclusivamente de la potencia generada y de la capacidad de los circuitos de los alimentadores a los diferentes armarios.

En muchas ocasiones es mejor disponer de un menor número de bombas en una fábrica, debido a que en ocasiones se dan instalaciones mal concebidas, se ven bombas que se utilizan para subir un producto unos cuantos decímetros. Es muy importante el saber utilizar la gravedad cada vez que se pueda, ya que no cuesta nada, no necesita electricidad y aspecto muy importante jamás se descompone.

Debido al uso de motores asincronos el factor de potencia es bajo, por lo que se debe mejorarlo ya que con ello se está disponiendo de una mayor capacidad en potencia.

1.1 OBJETO Y ALCANCE DEL ESTUDIO

A pesar de que muchas industrias del país, de una u otra forma han ido enmarcándose dentro de las normas, algunas todavía presentan sus instalaciones con falta de criterios técnicos.

Hoy en día se requiere que las mismas cumplan con las normas adecuadas, ya que con ello se está garantizando la continuidad de la maquinaria y eliminando paradas innecesarias debido a la mala selección del equipo apropiado.

Además el propietario lo que le interesa es únicamente la producción, sin tomar en cuenta en ocasiones el mal estado de sus instalaciones. También algunas industrias tienen confiada la parte eléctrica a personas

que de uno u otro modo se han familiarizado con la misma y todo cambio es realizado sin bases técnicas, no se debe olvidar también que muchas fábricas presentan sus instalaciones vetustas y que por consiguiente habrá que readecuarlas y lo que es más significativo, no poseen los planos de sus instalaciones eléctricas.

Es función de la persona encargada de la sección eléctrica o del ingeniero llevar un control de los planos y de la actualización de los mismos y, de esta forma ayudar a solucionar en el menor tiempo una eventual anomalía del sistema.

Teniendo como único objeto, al realizar el presente tema, el presentar un estudio de la selección adecuada de alimentadores, circuitos derivados y la selección y coordinación de las protecciones eléctricas. La buena selección del equipo, estará evitando grandes desembolsos de dinero por falla o deterioro del equipo y mala selección, y a la vez evitando a la empresa pérdidas millonarias por paralización de la misma.

Es deseo, al presentar el tema, que el alcance del mismo llegue a cubrir una de las áreas de gran importancia dentro de una industria, que es el mantenimiento.

Dentro del mantenimiento, exclusivamente se tratará del mantenimiento eléctrico preventivo, tratando que el mismo cubra y lleve una coordinación adecuada en mejora de la fábrica y, poder evitar sucesivas interrupciones dentro del proceso de producción.

No es solamente necesario dentro de la industria, asegurar el suministro

de energía eléctrica a sus diferentes secciones o áreas, sino que necesita además, del buen funcionamiento de la misma, con el rendimiento más óptimo posible.

Es posible que existan temas afines al presente, pero lo que se trata con el estudio, es que el Ingenio Azucarero del Norte, readecúe y cambie sus equipos y con ello mejore la producción de azúcar y siga constituyéndose en una de las principales productoras del mencionado producto.

1.2 UBICACION DE LA PLANTA Y DESCRIPCION DEL PROCESO DE PRODUCCION

El Ingenio Azucarero del Norte (I.A.N.C.E.M.), se encuentra localizado a 30 Km. al norte de la ciudad de Ibarra, Provincia de Imbabura, en el corazón del Valle del Chota y a orillas de la Panamericana Norte.

Condiciones climáticas:

Temperatura ambiente:	30°C
Altitud	1600 m.s.n.m.

DESCRIPCION DEL PROCESO PRODUCTIVO

Una fábrica de azúcar funciona generalmente y de manera continua desde el lunes en la mañana al sábado en la noche, se detiene generalmente 36 horas, la fábrica marcha entonces 132 horas por semana.

El principal producto obtenido es el azúcar blanca: obteniéndose como subproductos, la melaza y el bagazo.

El jugo extraído en los molinos, luego de varios procesos llega a las centrífugas en donde se procede a la operación que se conoce como purgado y se obtiene el azúcar en forma comercial.

Dentro del proceso de la elaboración del azúcar, el bagazo se constituye en el elemento de vital importancia dentro del proceso. Es el material sólido, fibrado que sale de la apertura del último molino; después de la extracción del jugo de la caña. En otra palabras, el bagazo es el residuo de la molienda de la caña. Dentro de la Industria Azucarera su principal utilización es como combustible, para la producción de vapor, el *mismo* que se distribuye de la caldera en donde es generado a las diferentes partes de la fábrica.

Se aprovecha el bagazo como combustible, por su alto poder calorífico que tiene. Este vapor recalentado a una presión de 25 bares y una temperatura de 315 °C, se dirige por medio de tuberías hacia los turboalternadores, para la producción de energía eléctrica. El paso de vapor se realiza habriendo unas válvulas, que dan paso del mismo.

Para una mejor visualización del proceso de producción del azúcar, se presenta un diagrama (Fig. 1.) de las diferentes etapas que constituyen el proceso.

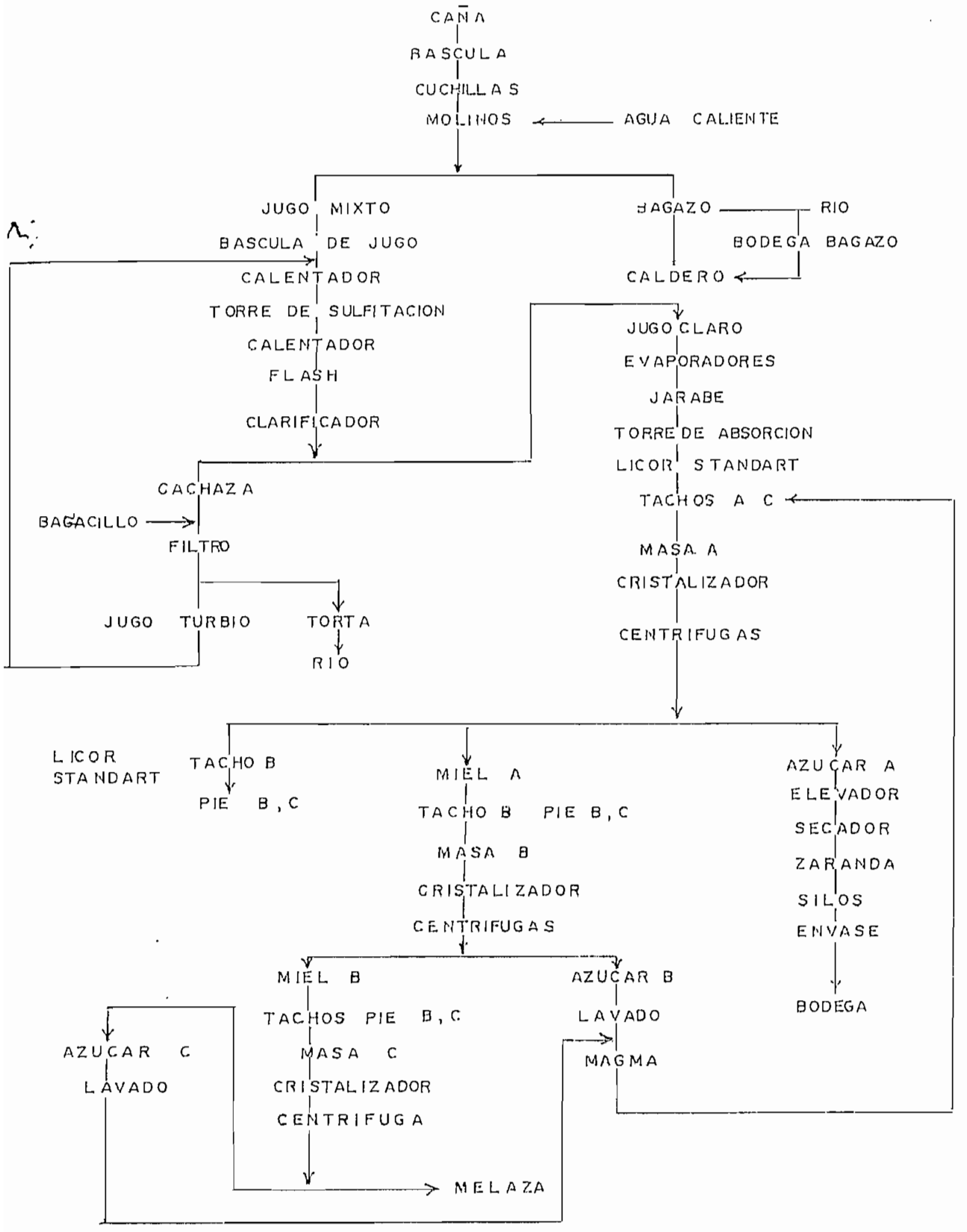

CAÑA
BASCULA
CUCHILLAS
MOLINOS
AGUA CALIENTE
JUGO MIXTO
BASCULA DE JUGO
CALENTADOR
TORRE DE SULFITACION
CALENTADOR
FLASH
CLARIFICADOR
BAGAZO
RIO
BODEGA BAGAZO
CALDERO
JUGO CLARO
EVAPORADORES
JARABE
TORRE DE ABSORCION
LICOR STANDART
TACHOS A C
MASA A
CRISTALIZADOR
CENTRIFUGAS
CACHAZA
BAGACILLO
FILTRO
JUGO TURBIO
TORTA
RIO
LICOR STANDART
TACHO B
PIE B, C
MIEL A
TACHO B PIE B, C
MASA B
CRISTALIZADOR
CENTRIFUGAS
AZUCAR A
ELEVADOR
SECADOR
ZARANDA
SILOS
ENVASE
BODEGA
MIEL B
TACHOS PIE B, C
MASA C
CRISTALIZADOR
CENTRIFUGA
AZUCAR B
LAVADO
MAGMA
AZUCAR C
LAVADO
MELAZA

FIGURA No. 1

1.3 DESCRIPCION DEL SISTEMA ELECTRICO EXISTENTE

Una de las preguntas que puede hacerse es: ¿Cómo puede producir una azucarera la energía eléctrica necesaria para la fábrica, sino utiliza la energía de alguna concesionaria?

Dado que la única fuente real de energía disponible es el bagazo, se aprovecha de él para producir su electricidad, generada por vapor, el cual es producido por el bagazo en la caldera. La forma como se produce el vapor en la caldera, está fuera de este estudio y por lo tanto no se la enunciará.

Además del bagazo es utilizable la leña, que se la adquiere de proveedores cercanos a la zona, y se la utiliza para el encendido de la caldera o sea cuando se inicia la molienda y también para cuando la presión del caldero decae por debajo de los límites establecidos (10 bares).

Se puede notar que el costo de la potencia necesaria en una fábrica para manejar molinos, bombas y motores eléctricos no cuesta nada o cuesta muy poco; se la obtiene gratuitamente al producir vapor, el cual es indispensable dentro del proceso productivo del azúcar.

Esto indica, que aún cuando se disponga de una fuente pública de electricidad a muy bajo costo, o cuando se pueda usar, cerca de la fábrica, de una fuente de energía hidraúlica, de todas formas es ventajoso el producir la energía necesaria para la fábrica, si se dispone del bagazo.

Sólo cuando el bagazo, se lo utilice en la elaboración de otros produc-

tos aparte del azúcar, tales como: materia prima en construcciones, fabricación de pulpa de papel, etc., puede emplearse una fuente externa de energía eléctrica para la fábrica.

Como ya se dijo el vapor recalentado, se distribuye de la caldera hacia la central eléctrica constituída por dos turboalternadores que trabajan alternativamente. El voltaje generado en la azucarera es de 380 V. voltaje muy inusual en nuestro medio, e incluso los equipos eléctricos en la actualidad a este voltaje ya no se encuentran.

La potencia necesaria para el tiempo muerto, entendiéndose por ello cuando la fábrica está parada, y por lo tanto sólo se necesita energía para talleres, oficinas y alumbrado, la suple una planta a diesel Caterpillar 3306 y D320, de 225 KVA y 62.5 KVA respectivamente. La recepción de la generación es tomada por intermedio de barras de cobre, en el tablero general, desde el cual se distribuye hacia las diferentes secciones de la fábrica.

Las diferentes áreas de la fábrica son las siguientes:

- Sección de molinos y grúa.
- Sección Caldero.
- Sección Clarificación.
- Sección de Centrifugación.
- Sección de Refrigeración.
- Sección de Bombas de Agua.
- Sección Almacén de Azúcar.
- Sección Generación.

En cada una de estas secciones y en lugares específicos hállanse ubicados sendos armarios, de los cuales se distribuyen a los centros motores.

Desde el tablero general al sitio de los armarios respectivos de las secciones indicadas, su acometida es subterránea, directamente bajo el piso y no en ductos.

De acuerdo a la revisión de los materiales instalados se debe mencionar que la mayoría de los equipos y el material instalado, corresponden a las normas francesas UTE.

Los turboalternadores se encuentran conectados a tierra, mediante doble varilla de cobre, de igual manera cada uno de los armarios mencionados hállanse conectados mediante varilla de cobre e interconectados entre sí. Se dispone de un transformador trifásico convencional de 75 KVA 380/220/127 V para uso exclusivo del campamento del ingenio, el mismo que sirve a 30 familias residentes y para el alumbrado público.

Los grupos a diesel se conectan al Tablero General mediante un dispositivo de seguridad con llave, mientras funciona el turboalternador no hay manera que se interconecte al sistema.

Los puntos de alumbrado están ubicados estrategicamente en sitios ideales, y son los que menos problemas causan. Las lámparas utilizadas en alumbrado son de alta intensidad y de mercurio de las siguientes potencias: 400 W-250 W-125 W, todas éstas sin capacitor para corrección del factor de potencia, así como 160 W de luz mixta.

El tener electrificación en una industria azucarera es muy importante y ventajoso, por las siguientes razones:

a) Centralización de la producción de potencia de la planta, que facilita el control, la vigilancia y la conservación.

b) Eficiencia termodinámica mayor en la planta eléctrica, debido al tamaño de las máquinas, que se traduce en un ahorro de vapor en comparación a las que utilizan el vapor.

c) Mejor distribución de la potencia a través de toda la fábrica.

d) Cambio de tuberías de vapor de alta presión que son estorbosas y producen escapes del mismo, por tres (3) sencillos cables eléctricos, delgados y flexibles de manejar, que alimentan a los motores.

e) Instalación de motores con mayor facilidad y rapidez.

C A P I T U L O I I

RECOPILACION DE DATOS

La recopilación de datos es muy importante en la elaboración de este estudio estrictamente eléctrico. Se debe realizar esto ya que no se dispone de otra fuente de información, sino únicamente de los elementos en el sitio de trabajo.

Se tratará de recopilar la potencia de los diferentes motores por armarios y en los que no existan placas se determinará la misma en base de pruebas de vacío o contrastándola con motores conocidos.

De igual forma se tratará de determinar los calibres de conductores de los diferentes alimentadores existentes, basándose en tablas técnicas dadas por los fabricantes de cables, de la misma manera se determinará los tipos de motores trifásicos utilizados en la industrial azucarera, y la forma en que se acoplan para el accionamiento de las máquinas.

Otro punto que debe mencionarse dentro de la recopilación de datos es el de determinar en el sitio de trabajo, si los motores eléctricos tienen los equipos protectores adecuados, para los diferentes tipos de fallas.

Debido a que las azucareras trabajan siempre con abundante agua ya sea por proceso o por motivos de mantener sin miel algunos lugares, se debe tener sumo cuidado de determinar el estado de los diferentes alimentadores y circuitos derivados existentes, ya que el tiempo puede haber hecho que se impregnen de humedad.

Todos estos valores que se han recopilado serán de gran utilidad para el capítulo tres, en el cual se determinarán los alimentadores y circuitos derivados.

2.1 INSTALACIONES ACTUALES

En este punto se hará hincapié de cómo se hallan distrubuídas las diferentes secciones. Como se mencionó, la industria consta de dos turboalternadores de 920 KW trifásico 380 V-60 Hz-Cos ϕ = 0.8.

Los dos turboalternadores están provistos para que puedan operar en paralelo, mientras que las plantas a diesel no deben acoplarse en paralelo a los turboalternadores.

Tablero General:

Altura	2.2 m.
Longitud:	7.1 m.
Profundidad:	0.95 m.

Posee 9 salidas para los diferentes armarios colocados en la fábrica a través de interruptores automáticos, una llegada de las plantas a diesel. En el interior del tablero general se encuentra un transformador de 30 KVA conexión triángulo estrella 380/220/127 V.

Grillas y Armarios de Distribución:

La grilla A, de la cual se distribuyen los respectivos alimentadores para los armarios 7-8-4.

Altura: 2.3 M.

Longitud: 0.77 m.

Profundidad: 0.70 m.

La grilla B, de la cual salen los alimentadores exclusivamente para las centrífugas.

Las grillas A y B tienen en su interior bases fusibles de 600 V y fusibles de 125 A y 250 A respectivamente.

Armarios:

Están construidos de una sola pieza, y cerrados para evitar el ingreso de agua a su interior. En su interior contienen: un transformador de 380/127 V, para alimentación de las bobinas de los contactores, un transformador de 15 Voltamperios, 380/127 V para señalar la presencia de tensión en los armarios, poseen en su interior además, una barra para puesta a tierra, la misma que se conecta a través de una varilla de cobre de 3 m. y 19 mm. de diámetro.

Cada armario para un circuito de un motor comprende lo siguiente:

- Un seccionador tripolar con microswitched incorporado.
- Un contactor de tres polos de 32 A o de mayores capacidades, bobina de 127 voltios con cuatro contactos auxiliares (diferentes marcas).
- Un relé térmico tripolar (diferentes marcas).

Este armario se encuentra localizado en la sala de fabricación a un nivel 7.50 m.

Armario 5:

Altura: 2.30 m.

Longitud: 1.08 m.

Profundidad: 0.55 m.

Este armario se encuentra localizado en el interior del laboratorio a un nivel 7.50 m., además comprende un transformador de 20 KVA, trifásico 380/220/127 V.

Armario 6:

Es un pequeño armario colocado en el interior de la parte superior de la grúa, de donde salen las diferentes acometidas a los motores que intervienen en ella.

Armario 7:

Altura: 2.3 m.

Longitud: 3.14 m.

Profundidad: 0.70 m.

Se encuentra localizado en fabricación, a un nivel 0.00.

Armario 8:

Altura: 2.30 m.

Longitud: 2.11 m.

Profundidad: 0.70 m.

Armario localizado en la parte inferior de la fábrica, en la estación de bombas de agua.

Armario 13:

Altura: 2.30 m.

Longitud: 2.11 m.

Profundidad: 0.70 m.

Armario localizado en la sala de fabricación, a un nivel 0.00.

Alumbrado:

Los circuitos de alumbrado de la fábrica parten del transformador ubicado en el tablero general y que tiene las siguientes características:

Potencia:	30 KVA
Tensión primaria:	380 V
Tensión secundaria:	220/127 V
Conexión primaria:	Triángulo
Conexión secundaria:	Estrella con neutro

Este transformador también presta servicio al edificio de Administración.

El transformador de 75 KVA que sirve al campamento, no posee protección en el lado primario, y está ubicado debajo de la central eléctrica, es decir en el interior de la fábrica. Este transformador de acuerdo a su

potencia, es más que suficiente para los 30 abonados y el alumbrado público, pero deberá ser reubicado ya que en los actuales momentos, las caídas de tensión a los diferentes abonados y en especial a los más alejados del centro de transformación es bastante alta; deberá de igual forma balancearse sus fases pues existe un gran desequilibrio en las mismas, lo que resulta muy perjudicial. Los finales de los circuitos de baja tensión deben enterrarse mediante varillas de copperweld de 1.80 m. de largo y 16 mm. de diámetro.

Además los circuitos secundarios del transformador de distribución debe cumplir con las normas de la Empresa Eléctrica, es decir deben colocarse de arriba hacia abajo, el neutro-fase-fase-fase y piloto, en caso de ser necesario para el control del alumbrado.

Las luminarias de luz mixta que se están utilizando para alumbrado del campamento, y que no poseen balastros, es sustituído por un filamento de tungsteno operando en serie, con el tubo de arco que controla la corriente y el voltaje requerido por la lámpara. Las lámparas de luz mixta son menos eficientes y de menor duración que las mercurio y con balastro; éstas deben ser sustituídas por las de mercurio. Como va a existir variaciones de voltajes continuas, puede utilizarse balastro tipo autotransformador de vatiaje constante, que dará una emisión lumínica estable, con voltajes de línea de alimentación variable (Fig. 2).

Debe tomarse muy en cuenta que en la actualidad el valor de los focos de luz mixta es muy elevado.

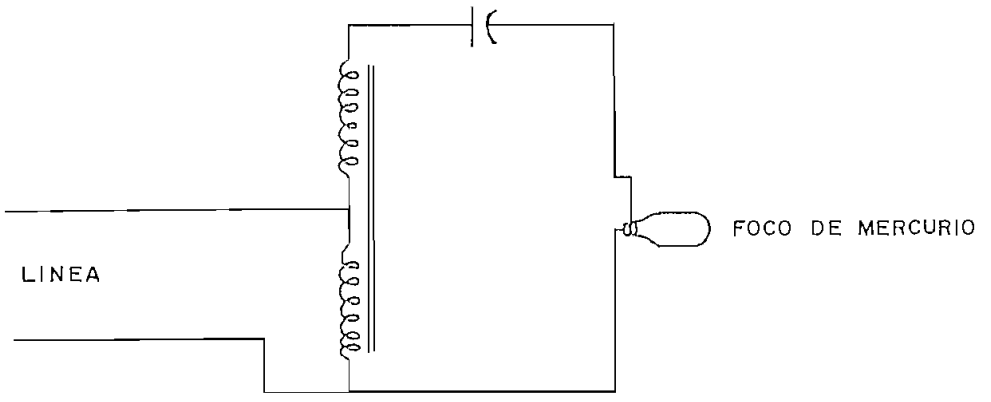


Fig. 2.

Balastra tipo autotransformador de vatiaje constante.

Otro punto en consideración es referente a los motores utilizados, dentro de la fábrica. Se debe indicar que el tipo más usual y los más importantes en las azucareras, en general son los de inducción, ya que son apropiados para el trabajo pesado al que se los somete y los que menos problemas presentan.

Dentro de estos motores de inducción se utilizan:

- Los de rotor en cortocircuito o de jaula de ardilla.
- Los de rotor devanados.

Los de rotor devanados se los utiliza en la empresa en los lugares como cortacañas en donde se debe vencer un gran par, en el tiro inducido del caldero, cuyo arranque representan para el motor un gran par.

En la mayoría de los otros sitios, los utilizados son los de jaula de ardilla.

Motores monofásicos tipo universales son muy comunes en la mayoría de las herramientas de mano: amoladoras, taladros, etc. La mayoría de los motores, independientes del tipo, no están totalmente protegidos, y es una de las razones para que se produzcan fallas, que dan lugar al arruinamiento total del motor.

De los transformadores mencionados dos de ellos, tampoco presentan las protecciones adecuadas, incluso transformadores de control se hallan directamente conectados a tensión.

Se debe tener la precaución de instalar en todos los motores, indicadores de corriente para que el electricista encargado de la fábrica, se atenga a tomar decisiones sobre el funcionamiento de los mismos. Algunos de los motores principales, presentan amperímetros en sus tableros, que no corresponden a la relación del transformador ubicado en una de las fases del motor, y por tanto la lectura es errónea.

La industria azucarera no presenta en sus instalaciones capacitores para corrección del factor de potencia o algún sistema para ello.

Se debe señalar que de datos de fábricas que no poseen corrección del factor de potencia, que él mismo, es del orden de 0.6 - 0.7, esto es debido a que los motores se encuentran trabajando con cargas variables y en muchos de los casos por debajo de la potencia nominal.

En la industria azucarera el área de las centrífugas es una de las zonas que contribuye más a la caída del factor de potencia, por las condiciones anormales de funcionamiento de sus motores.

2.2 CARGA INSTALADA

Debido a que la fábrica se encuentra en funcionamiento continuo, y no siendo el propósito el diseño de las máquinas, sino la utilización adecuada de las mismas, se ha realizado un recuento de todos los motores instalados en ella.

Si bien a lo mejor la carga instalada supera a la generada, se debe tener en consideración que algunos motores no trabajan a su potencia nominal, otros son de reserva, pero se hallan instalados, es decir se dispone de dos motores para realizar un mismo trabajo y, otros se ponen en marcha por pocos minutos.

Se presentan todos los motores instalados en la fábrica por armarios y con el código respectivo, indicando su potencia, corriente nominal y el factor de demanda de cada uno de ellos (Ver tablas).

De igual forma se ha tomado lectura del amperaje consumido por los abonados e iluminación durante la noche para el transformador de 75 KVA. También se presenta los KVA demandados por el alumbrado interno de la fábrica.

De forma similar se adjunta a este punto, la potencia consumida por las plantas a diesel los fines de semana, en donde se realiza mantenimiento general y la utilización de algunos de los motores por necesidad del proceso, lo cual sirve para poder determinar si en esos días la planta pasa o no sobrecargada, aspecto muy importante para la buena marcha de la misma.

Se adjunta las características técnicas de las plantas en mención.

2.3 SISTEMAS DE GENERACION DE EMERGENCIA (4), (12).

El sistema de generación de emergencia lo constituye como se ha mencionado, dos plantas a diesel caterpillar, de las potencias ya indicadas, las mismas que entran en funcionamiento cuando se ve la necesidad de apagar la fábrica para reparación de alguna falla o problema presentado. La planta Caterpillar 3306, funciona además en los períodos de interzafra (período necesario para que la fábrica realice mantenimiento o reparaciones, en la cual suspende toda actividad), durante el día y por la noche la D320.

Existe un inconveniente a tomar en cuenta, cuando repentinamente se produce la desconexión del interruptor principal, debido a fallas y si es por la noche, la fábrica permanecerá en tinieblas con el inconveniente de no poder encender el grupo de emergencia. Para ello se debe prever de un sistema de iluminación del sector de generación.

2.4 ELABORACION DE PLANOS ELECTRICOS DEL SISTEMA ACTUAL

Los diagramas eléctricos de los armarios existentes dentro de la fábrica, se los ha elaborado en base a los elementos tomados de cada uno de ellos (Ver planos adjuntos).

ARMARIO 1:

CODIGO	POTENCIA CV	AMPERIOS NOM.	FD (%)
102 A	60	102	70
102 A1	0.6	1.02	70
102 B	10	15.6	80
102 B1	1	1.40	90
102 E	11.5	21.6	100
103 A	11.5	21.6	40
103 B	8.7	12.5	45
104 A	90	160	60
104 B	150	230	60
104 C	37	65	40
201 E	5	8.6	60
201 F	4.2	7.7	50
202 D	5	8.6	40
202 F	4.2	7.7	40
203	4.0	7.2	90
204	4.3	7.1	42
205	5.0	8.6	60
206 A	5.6	9.8	50
206 B	10.14	13.0	50
207 A	12.5	19	40
208	5.6	8.7	40
L1	5.0	8.6	50

KW_t = 328

ARMARIO 2:

	HP		
301	7.5	11.8	65
302	7.5	11.8	50
303	28.0	44.0	80
304	100	142.0	90
Torno	30.0	42.0	60
305	5.4	8.9	42
801	3.2	5.5	30
802 E	3.2	5.5	30

KW_t = 131.4

ARMARIO 3:

CODIGO	POTENCIA CV	HP	AMPERIOS NOM.	FD (%)
Torno	5.5		9.6	30
Cepilladora	4.0		7.2	50
Sierra Madera	5.0		8.6	30
Torno Madera	2.0		3.2	30
Taladro Radial	5.0		8.6	40
Refrig. aceite	0.17		0.36	40
Refrig. taladro	2.0		3.4	40
Cepilla	3.0		5.7	30
Canteadora	3		5.7	40
Esmeril	1		1.75	50
Fragua	0.5		1.0	50
Dobladora	4.8		8.1	30
Martillo elect.	1.6		2.5	40
Torno Celti 20	6.0		9.4	40
Motor aceite	0.1		0.19	30
Taladro	1.0		1.75	40

$$KW_t = 36.14$$

ARMARIO 4:

702	15.0		27.5	80
703 A	28.0		36	30
703 B	44.0		70.0	40
704	6.5		10.2	40
705	2.7		2.3	90
708	0.5		1.2	40
708 A	0.33		0.76	80
709	4.0		6.7	40
710	4.0		6.7	40

$$KW_t = 76.8$$

ARMARIO 5:

Este corresponde al laboratorio, consume 15 A/ fase, lo que corresponde a una potencia de:

$$KW_t = 7$$

ARMARIO 7:

CODIGO	POTENCIA CV	HP	AMPERIOS NOM.	FD (%)
209	4.3		7.1	60
210	10.9		16.8	75
211		20	30.0	80
505	4.0		7.2	40
506	4.0		7.2	40
507	4.0		7.2	40
512	4.3		7.1	40
513	4.3		5.5	45
514	4.0		7.2	50
515	4.3		7.2	40
516	4.3		7.2	40
517	4.3		7.2	40
518	4.3		7.2	40
907 A	13.6		20.6	60
907 B	15		21.0	50

$KW_t = 77.8$

ARMARIO 8:

537 A		7.5	13.0	60
537 B		5.5	7.6	70
537 C	7.5		13.0	65
539	4.3		5.5	60
540	6.5		5.7	90
541	8.7		12.2	50
542			11.8	65
544 A	3.2		6.2	50
545 A	2.7		5.2	60

$KW_t = 32$

ARMARIO 9:

CODIGO	POTENCIA CV	HP	AMPERIOS NOM.	FD (%)
406		20.0	27.0	70
411	44.8		70.5	60
413	13.6		20.6	40
420 B		5.5	8.7	40
420 C	5.4		8.6	40
421	5.0		8.3	60
421 A	5.0		8.3	60
428	10.9		16.8	60
429	5.5		8.7	90
430		5.5	8.7	50
431	6.0		9.7	50
431 A		5.5	8.7	50
519	5.0		8.0	35
531	5.0		8.0	40
532	5.0		8.0	40
534	8.0		12.6	60
535	4.0		6.7	45
536	3.2		6.2	40
538 A	6.5		10.7	40
538 B	6.0		9.4	60
601	56.0		85.0	70
701	6.5		10.7	50

KW_t = 210

ARMARIO 10:

432	4.0		8.0	90
433	2.0		5.0	50
434	4.3		7.1	90
435 A	6.5		10.7	50
435 B	6.5		10.7	50
603 A	44.8		70.3	65
603 B	44.8		70.3	65
603 C	44.8		70.3	65
410 D	4.3		7.1	50

KW_t = 119.15

ARMARIO 11:

CODIGO	POTENCIA	HP	AMPERIOS NOM.	FD (%)
402	16.3		25.0	60
408	1.7		2.6	45
409 A	2.5		4.3	50
409 B	4.0		6.4	60
409 C	3.0		5.1	60
409 E	3.25		5.6	70
409 F	10.9		16.8	50
410	5		8.7	60
410 A	3		5.1	50
410 B	1.09		2.0	70
410 C	4.3		7.1	65
508	4.0		6.7	40

$KW_t = 44.4$

ARMARIO 12:

901		20	25.0	90
902	12.3		25.0	70
903	23.5		46.0	60
904	28.0		44.0	80
905	28		44.0	80
906	10.2		18.0	90

$KW_t = 112.3$

ARMARIO 13:

CODIGO	POTENCIA CV	AMPERIOS NOM.	FD (%)
302	10.0	16.4	70
307 B	69.0	94.0	90
310 A	1.5	2.5	60
310 D	1.08	1.7	50
310 E	1.08	1.7	50
310 G	1.09	1.7	50

KW_t = 61.57

REJA B: CENTRIFUGAS:

521	120.0	115.0	50
521 A	7.0	10.40	50
522	120.0	115.0	50
522 B	7.5	10.7	50
523	65.0	81.0	50
523 C	2.0	2.6	80
524	65	81.0	50
524 D	2.0	2.6	80
526 A	2.0	0.9	80
526	30.0	42.0	50

KW_t = 309

ALIMENTADORES EXISTENTES EN I.A.N.C.E.M.

ARMARIO No.	SECCION (mm^2)	COND/FASE
1	240	4
2	120	3
3	120	1
4	95	2
5	30	1
6	75	1
7	185	2
8	120	1
9	185	2
10	185	2
11	40	1
12	240	1
13	120	1
REJA A	185	3
REJA B	240	5

CONDUCTOR: COBRE

TABLA COMPARATIVA mm^2-AWG

mm^2	AWG ó MCM
240	400 MCM
185	350 MCM
120	4/0
95	3/0
75	2/0
40	1/0
30	2

C A P I T U L O I I I

CALCULO DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS

Este capítulo tiene el propósito de realizar el cálculo de los diferentes alimentadores y circuitos derivados a los diferentes motores en la fábrica.

También enfoca la necesidad de realizar un estudio de las diferentes protecciones dentro del sistema eléctrico. A pesar de que a un sistema se lo trata de mejorar, hay que tener presente que los materiales tienden a deteriorarse con el tiempo y el número de fallas por consiguiente se incrementa con el mismo; esto es mucho más notorio en sistemas que han permanecido sin ninguna revisión del estado de sus diferentes elementos por muchos años.

Se debe tratar de dotar a las plantas industriales de un sistema de protección, que pueda aislar en forma rápida las fallas que suceden en el mismo, produciendo la interrupción el mínimo tiempo, lo cual representará como ya se ha dicho pérdidas en caso de no acontecer así.

Además, las protecciones siempre juegan un papel muy importante en la protección del personal encargado de la fábrica, y también para las mismas instalaciones.

Respecto a la seguridad del personal encargado de la industrial, se debe mencionar, que la protección de la vida de estas personas debe ser una de las más altas ideas al realizar los diseños y selección de las pro

tecciones.

Una industria debe presentar su sistema con la mayor simplicidad posible, sin complicaciones para de esta forma poder realizar con facilidad la operación y el mantenimiento, pero para poder tener lo mencionado se debe pensar en los siguientes puntos:

- Utilizar solamente el equipo apropiado en protecciones.
- Tratar de diseñar los sistemas de forma que permitan no trabajar sobre conductores o partes energizadas.
- Tratar de conectar un sistema a tierra, es decir todos los equipos industriales se debe conectarlos a tierra, para de esta forma evitar accidentes.

3.1 INSTALACIONES INDUSTRIALES (4), (9), (15), (16)

Como es de conocimiento general las instalaciones industriales se las clasifica de acuerdo a los tipos:

- Instalaciones eléctricas para alumbrado.
- Instalaciones eléctricas para fuerza.

Generalmente las instalaciones para alumbrado y tomacorrientes son sencillas y se las realiza con conductor No. 12 AWG.

Las instalaciones para fuerza son, las que tienen mayor importancia dentro de un sistema eléctrico por ser las que transmiten la energía para los diferentes equipos eléctricos.

La producción de una industria, depende de la continuidad del servicio que presta el sistema eléctrico, por esta razón es importante los mismos sean revisados en empresas en donde ocurren fallas sucesivas o en donde se los ha mantenido sin observación durante muchos años, de manera que el equipo de protección pueda ser aplicado correctamente para aislar las fallas.

Hay que tomar en consideración que las fallas eléctricas, no sólo paralizan la producción y el proceso de una industria, sino que pueden ocurrir en daños al personal y a las propias instalaciones, debido a que pueden ocurrir explosiones, por tal motivo juega un papel importante en el sistema, la protección adecuada de una planta industrial.

En la industria azucarera, cuyo sistema de generación eléctrica ya se ha explicado en capítulos anteriores, una falla puede acarrear la paralización del proceso en la elaboración del producto y, dependiendo del tiempo y tipo de falla, la destrucción total del jarabe en proceso.

Como se dijo, la carga es dividida en secciones, y a su vez estas secciones en otras más pequeñas y homogéneas con grupos de motores similares, iluminación, etc.

Cerca de las secciones existe o se acostumbra colocar tableros de distribución de capacidad adecuada al grupo de motores asociados, y a partir de ellos salen alimentadores secundarios a los diferentes motores.

La alimentación de los tableros desde generación se realiza por medio de conductores enterrados bajo suelo; es importante conocer que una indus-

tria siempre presenta su carga muy equilibrada, el empresario se esmera en esta parte.

3.1.1 CALCULO DE LOS CIRCUITOS DERIVADOS (4), (12)

En este punto se presentará al diagrama unifilar de cada una de las diferentes secciones existentes en la fábrica, los motores de las mismas expresados en CV o HP.

Para el cálculo de los conductores del motor, se aplicará el criterio de selección del 25% de sobrecarga de la corriente nominal. El tipo de conductor seleccionado, se realiza basándose en catálogos de fabricantes nacionales.

En tablas se presenta la corriente nominal, de cada uno de los motores, la del 25 por ciento (%) de sobrecarga y en otra columna el calibre del conductor, en el anexo final se presenta la sección de los conductores existentes de alimentación a los motores, de datos tomados en la fábrica.

De los diferentes elementos de mando y protección del motor y conductor, se hablará en el literal 3.4.1.

ARMARIO No. 1

CODIGO	I_n	25% I_n	CONDUCTOR
103 A	12	3	4x12 sol.AWG
103 B	12	3	4x12 "
104 A	160	40	3x4/0+1x2/0
104 B	230	57.5	3x4/0+1x2/0
104 C	65	16.3	4x2 flex.
201 E	8.6	2.1	4x12 sol.
201 F	7.0	1.7	4x12 sol.
202 D	8.6	2.1	4x12 sol.
202 F	7.1	1.8	4x12 sol.
203	7.0	1.7	4x12 sol.
204	7.1	1.8	4x12 sol.
205	8.6	2.1	4x12 sol.
206 A	7.8	1.95	4x12 sol.
206 B	13.0	3.25	4x12 sol.
207 A	19.0	4.75	4x10 flex.
208	7.8	1.95	4x12 sol.
102 A	100.0	25.0	3x2/0+1x2
102 A1	1.08	0.27	4x14 sol.
102 B	15.6	3.75	4x10 flex.
102 B1	1.7	0.43	4x14 sol.
102 E	21.6	5.4	4x10 flex.
L1	8.6	2.15	4x12 sol.

ARMARIO No. 2

301	11.8	2.95	4x12 sol.
302	11.8	2.95	4x12 sol.
303	44.0	11.0	4xNo.2
304	142.0	35.5	3x2/0+1x2
305	8.9	2.22	4x12 sol.
801 E	5.5	1.4	4x12 sol.
802 E	5.5	1.4	4x12 sol.
M1-1	11.8	2.95	4xNo.4 AWG

ARMARIO No. 3

CODIGO	I_n	25% I_n	CONDUCTOR
Cepilladora	7.3	1.89	4x12 sol. AWG
Torno	9.6	2.4	4x12 sol.
	6.7	1.68	"
Sierra madera	8.2	2.05	"
Torno madera	3.6	0.9	"
Taladro radial	8.2	2.05	"
Refrig. aceite	0.36	0.09	4x14 sol. AWG
Refrig. taladro	3.35	0.84	4x12 sol.
Cepillo	5.75	1.44	"
Canteadora	5.75	1.44	"
Esmeril	1.8	0.45	"
Fragua	1.0	0.25	"
Dobladora	11.0	2.74	"
Martillo Eléct.	3.5	0.88	"
Torno celti 20	10.0	4.19	"
Motor aceite	0.17	0.04	4x14 sol.

ARMARIO No. 4

702	27.5	6.88	4xNo.8 AWG
703 A	36.0	11.0	4xNo. 2
703 B	70.0	17.5	4x1/0
704	10.2	2.55	4x12 sol.
705	3.6	0.9	"
708	1.2	0.3	4x12 sol.
708 A	0.76	0.19	4x12 sol.
709	6.7	1.68	4x12 sol.
710	6.7	1.68	4x12 sol.

ARMARIO No. 7

CODIGO	I_n	25% I_n	CONDUCTOR
209	7.1	1.77	4x12 sol.
210	16.8	4.2	4x10 flex.
211	30.0	7.5	4xNo.6
505	6.7	1.67	4x12 sol. AWG
506	6.7	1.67	4x12 sol.
507	6.7	1.67	4x12 sol.
512	7.1	1.77	4x12 sol.
513	5.5	1.37	4x12 sol.
514	6.7	1.67	4x12 sol.
515	7.1	1.77	4x12
516	7.1	1.77	4x12
517	7.1	1.77	4x12
518	7.1	1.77	4x12
907 A	20.6	5.15	4xNo.8
907 B	21.0	5.25	4xNo.8

ARMARIO No. 8

537 A	17.0	4.25	4x10 flex.
537 B	7.6	1.5	4x12 sol.
537 C	13.0	3.25	4x12 sol.
539	5.5	1.37	4x12 sol.
540	5.7	1.42	4x12 sol.
541	12.2	3.05	4x12 sol.
542	11.8	2.95	4x12 sol.
544 A	6.2	1.55	4x12 sol.
545 A	5.2	1.3	4x12 sol.

ARMARIO No. 9

CODIGO	I_n	25% I_n	CONDUCTOR
406	27.0	6.75	4xNo.6
411	70.5	17.63	4x1/0
413	20.6	5.15	4xNo.8
420 C	8.6	2.15	4x12 sol.
420 B	8.7	2.17	4x12 sol.
421	8.4	2.1	4x12 sol.
421 A	8.7	2.17	4x12 sol.
428	16.4	4.13	4x10 flex.
429	8.7	2.17	4x12 sol.
430	8.7	2.17	4x12 sol.
431	9.7	2.43	4x12 sol.
531	8.0	2.0	4x12 sol.
532	8.0	2.0	4x12 sol.
534	12.6	3.15	4x12 sol.
535	6.7	1.68	4x12 sol.
536	6.2	1.55	4x12 sol.
538 A	12.6	3.15	4x12 sol.
538 B	9.4	2.35	4x12 sol.
431 A	8.7	2.17	4x12 sol.
601	85.0	21.25	4x2/0
701	11.0	2.75	4x12 sol.

ARMARIO No. 10

432	8.3	2.0	4x12 sol.
433	5.2	1.3	"
434	7.1	1.77	4x12 sol.
435 A	10.7	2.67	4x12 sol.
435 B	10.7	2.67	4x12 sol.
410 D	7.5	1.88	4x12 sol.
603 A	70.3	17.6	4x1/0
603 B	70.3	17.6	4x1/0
603 C	70.3	17.6	4x1/0

ARMARIO No. 11

CODIGO	I_n	25% I_n	CONDUCTOR
402	25.0	6.25	4xNo.6
408	2.6	0.65	4x12 sol.
409 A	4.3	1.08	4x12 sol.
409 B	6.7	1.68	4x12 sol.
409 C	5.1	1.28	4x12 sol.
409 E	5.5	1.38	4x12 sol.
409 F	16.9	4.23	4x10 flex.
410	8.7	2.18	4x12 sol.
410 A	5.1	1.28	4x12 sol.
410 B	2.0	0.50	4x12 sol.
410 C	7.1	1.78	4x12 sol.
508	6.7	1.68	4x12 sol.

ARMARIO No. 12

901	25.0	6.25	4xNo.6
902	25	6.25	4xNo.6
903	46.0	11.50	4xNo.2
904.	44.0	11.0	4xNo.2
905	44.0	11.0	4xNo.2
906	18.0	4.5	4xNo.10

ARMARIO No. 13

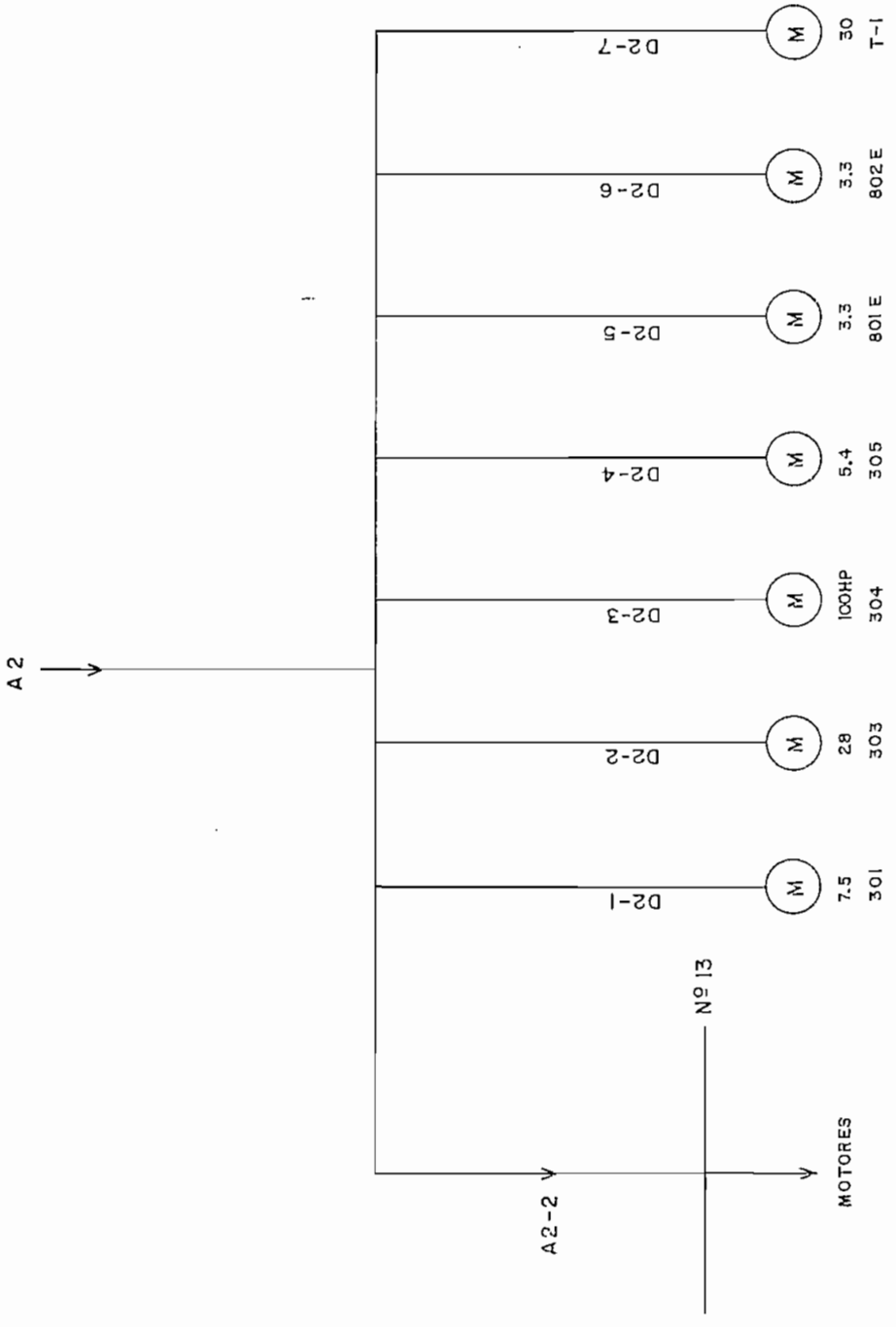
CODIGO	I_n	25% I_n	CONDUCTOR
302	17.0	4.25	4x10 flex.
307 B	94	23.5	4xNo.1/0
310 A	2.57	0.64	4x12 sol.
310 D	1.7	0.43	4x12 sol.
310 E	1.7	0.43	4x12 sol.
310 G	1.7	0.43	4x12 sol.

REJA B.- CENTRIFUGAS

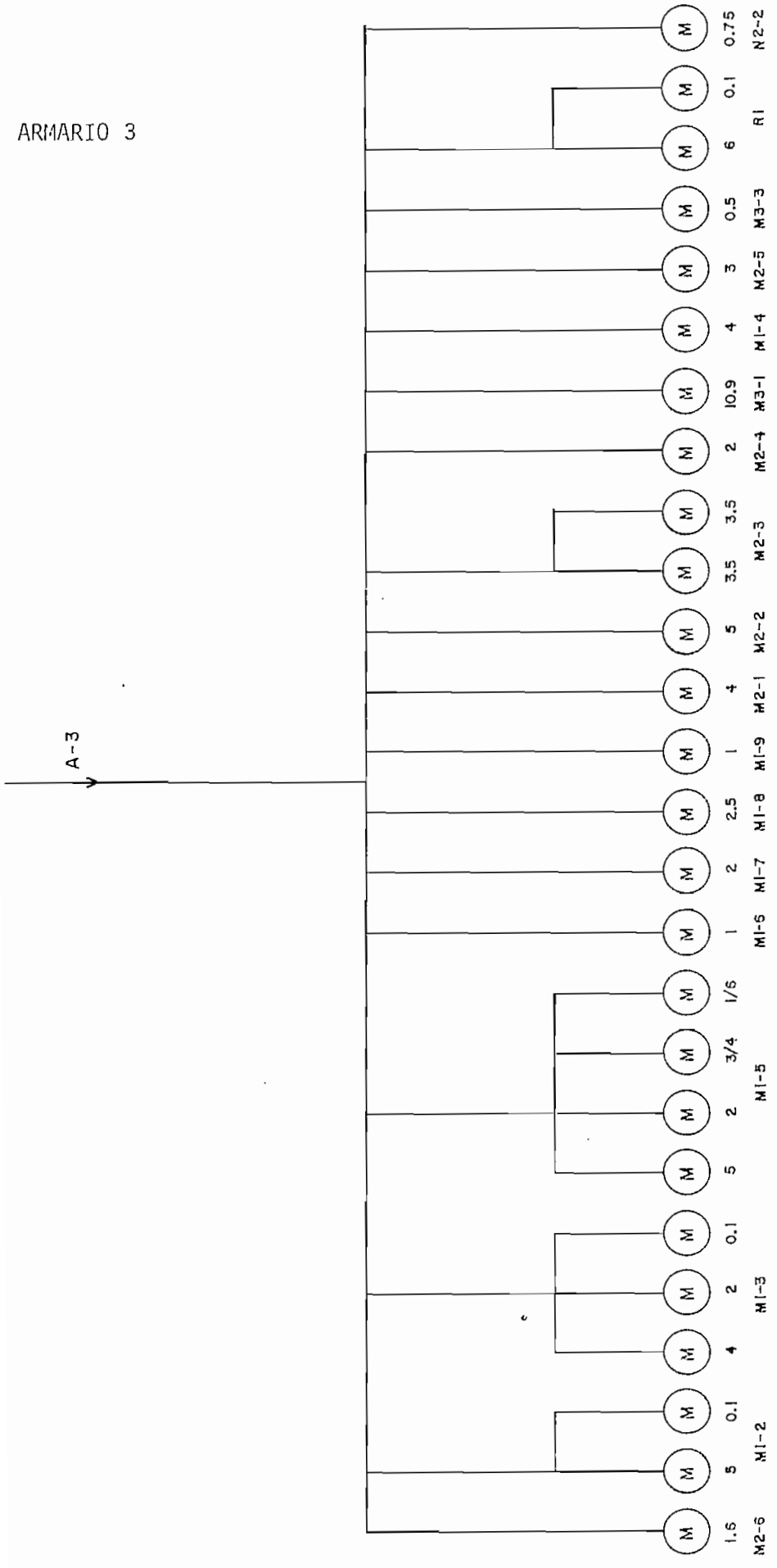
521	115.0	28.75	4xNo.2/0
521 A	10.4	2.6	4x12 sol.
522	115.0	28.75	4xNo.2/0
522 B	10.7	2.68	4x12 sol.
523	81.0	20.25	4x1/0
523 C	2.6	0.66	4x12 sol.
524	81.0	20.25	4x1/0
524 D	2.6	0.66	4x12 sol.
526	45.4	11.35	4xNo.4
526 A	0.9	0.23	4x12 sol.

ARMARIO 1
A1
A1-1
Nº 6
D1
D2
D3
D4
D5
D6
D7
D8
D9
D10
D11
D12
D14
D15
D16
D17
D13
D1-18
D1-19
D1-20
D1-21
D1-22
M
8.7
103A
8.7
103B
90
104A
150
104B
37
104C
5
201E
4.2
201F
5
202D
4.2
202F
5
205
10HP
206B
5.5
206A
12.5
207A
5.5HP
208
4.3
204
5
L1
4
203
59
102A
0.6
102A1
10
102B
11.5
102E
1.
102B1

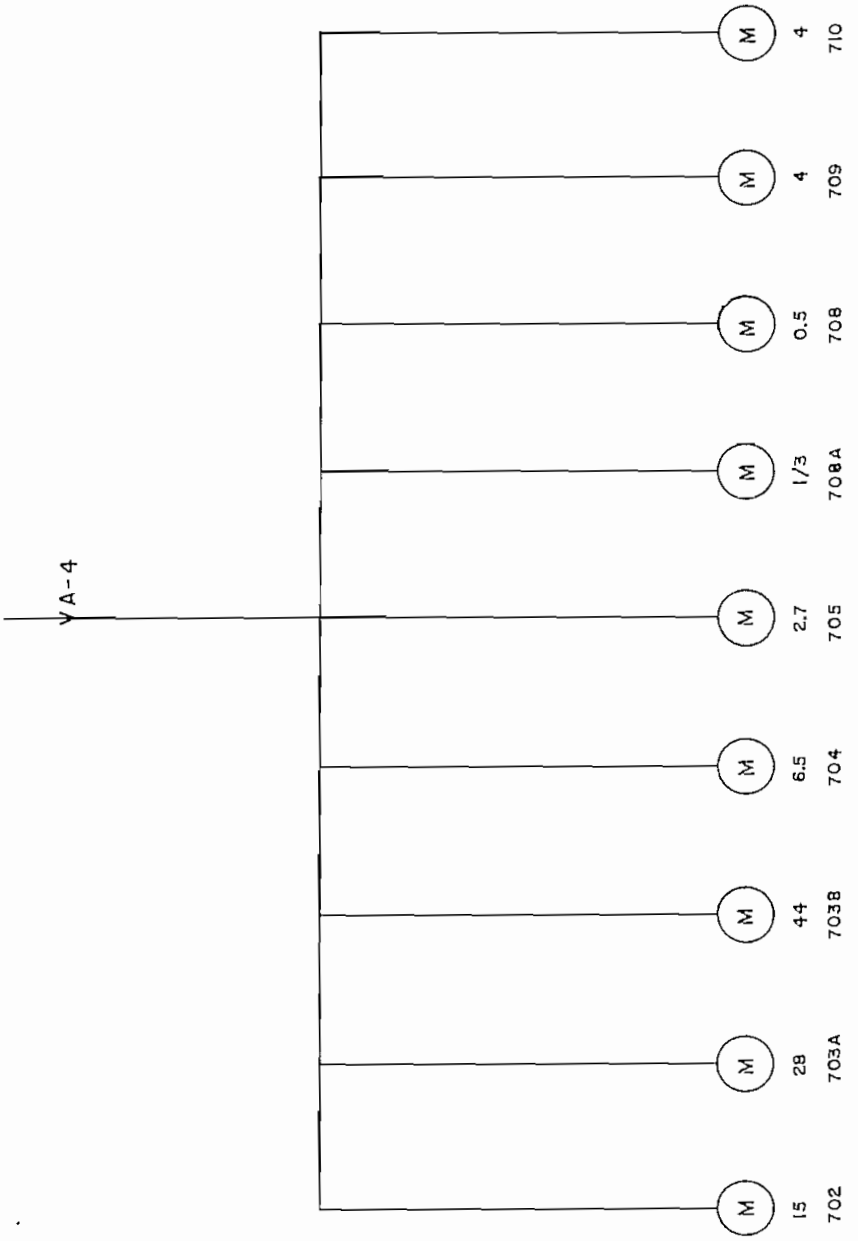
ARMARIO 2


A 2
D2-1
D2-2
D2-3
D2-4
D2-5
D2-6
D2-7
M
7.5
28
100HP
5.4
3.3
3.3
30
301
303
304
305
801 E
802 E
T-1
Nº 13
MOTORES
A2-2

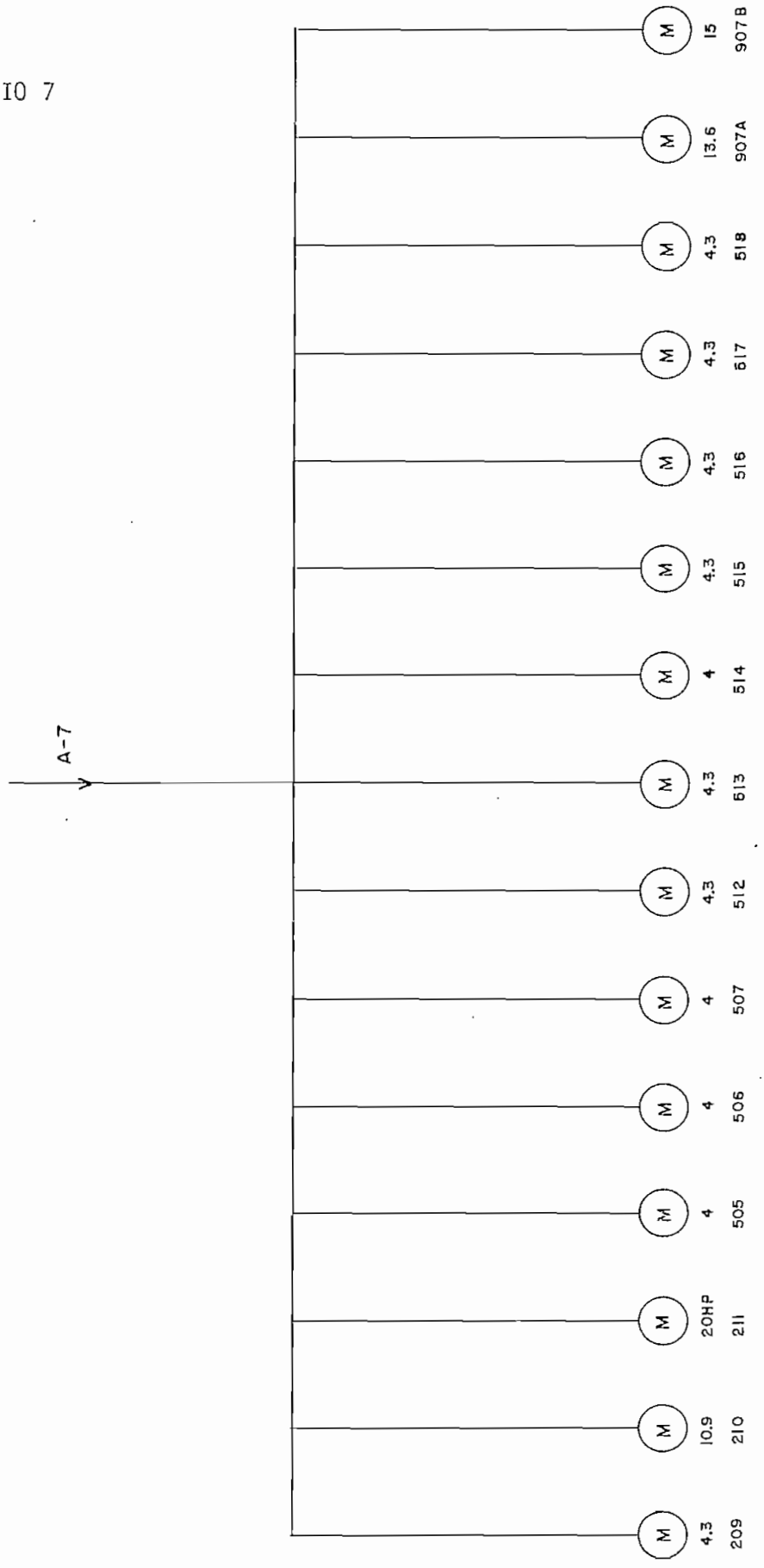
ARMARIO 3


A-3
M
1.6
M2-6
5
M1-2
0.1
4
2
M1-3
0.1
5
2
3/4
M1-5
1/6
1
M1-6
2
M1-7
2.5
M1-8
1
M1-9
4
M2-1
5
M2-2
3.5
3.5
M2-3
2
M2-4
10.9
M3-1
4
M1-4
3
M2-5
0.5
M3-3
6
R1
0.1
0.75
M2-2

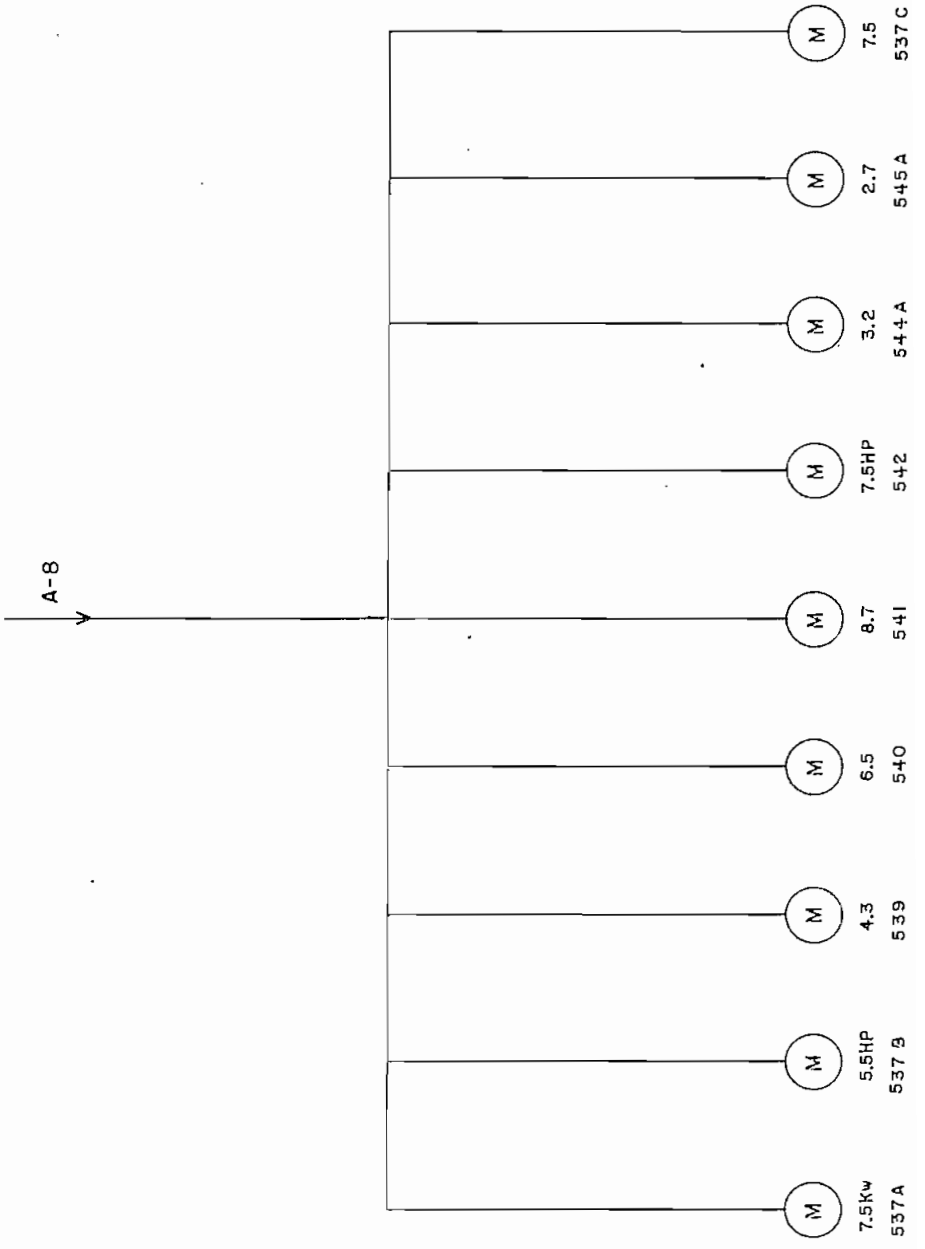
ARMARIO 4


A-4
M 4 710
M 4 709
M 0.5 708
M 1/3 708A
M 2.7 705
M 6.5 704
M 44 703B
M 28 703A
M 15 702

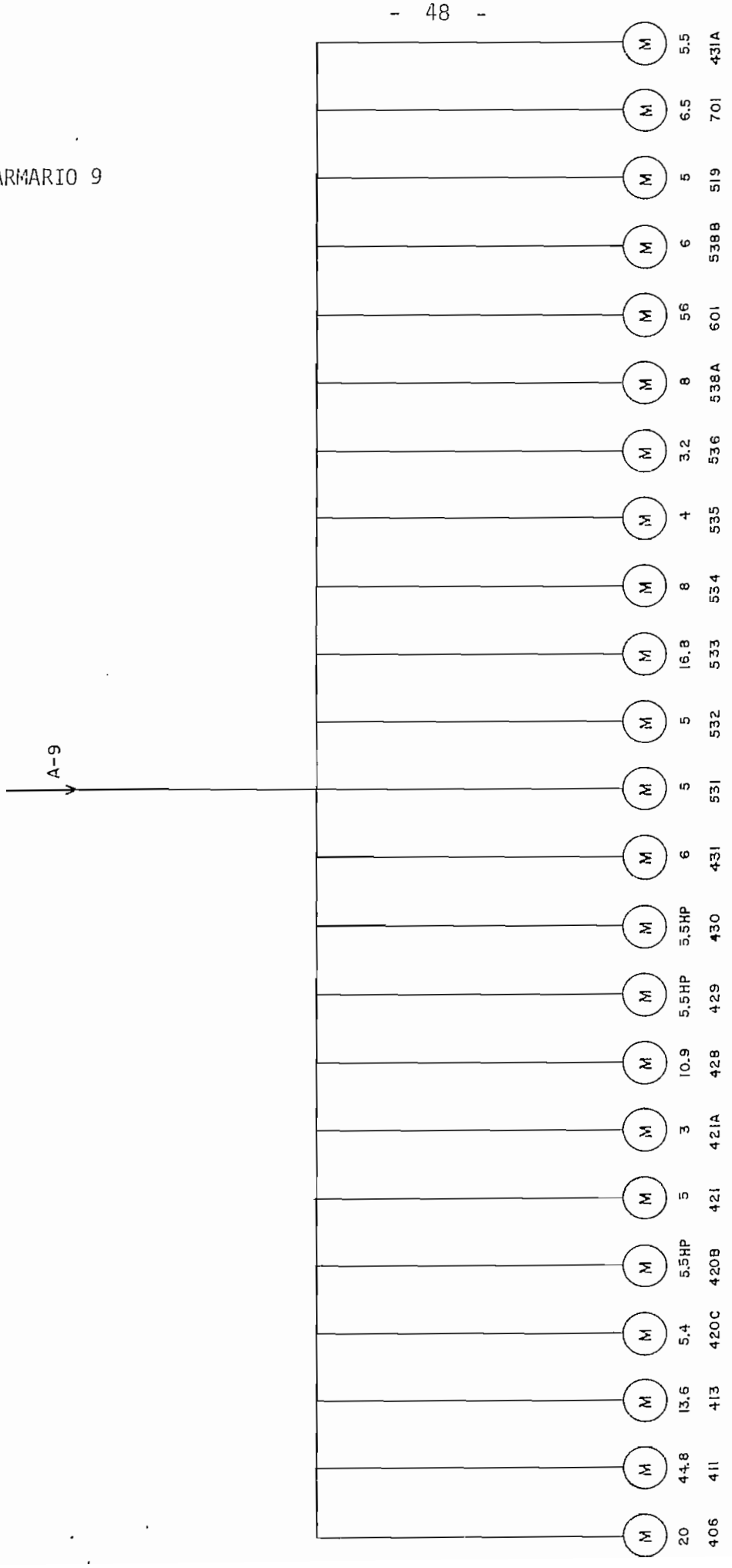
ARMARIO 7


A-7
M 4.3 209
M 10.9 210
M 20HP 211
M 4 505
M 4 506
M 4 507
M 4.3 512
M 4.3 513
M 4 514
M 4.3 515
M 4.3 516
M 4.3 517
M 4.3 518
M 13.6 907A
M 15 907B

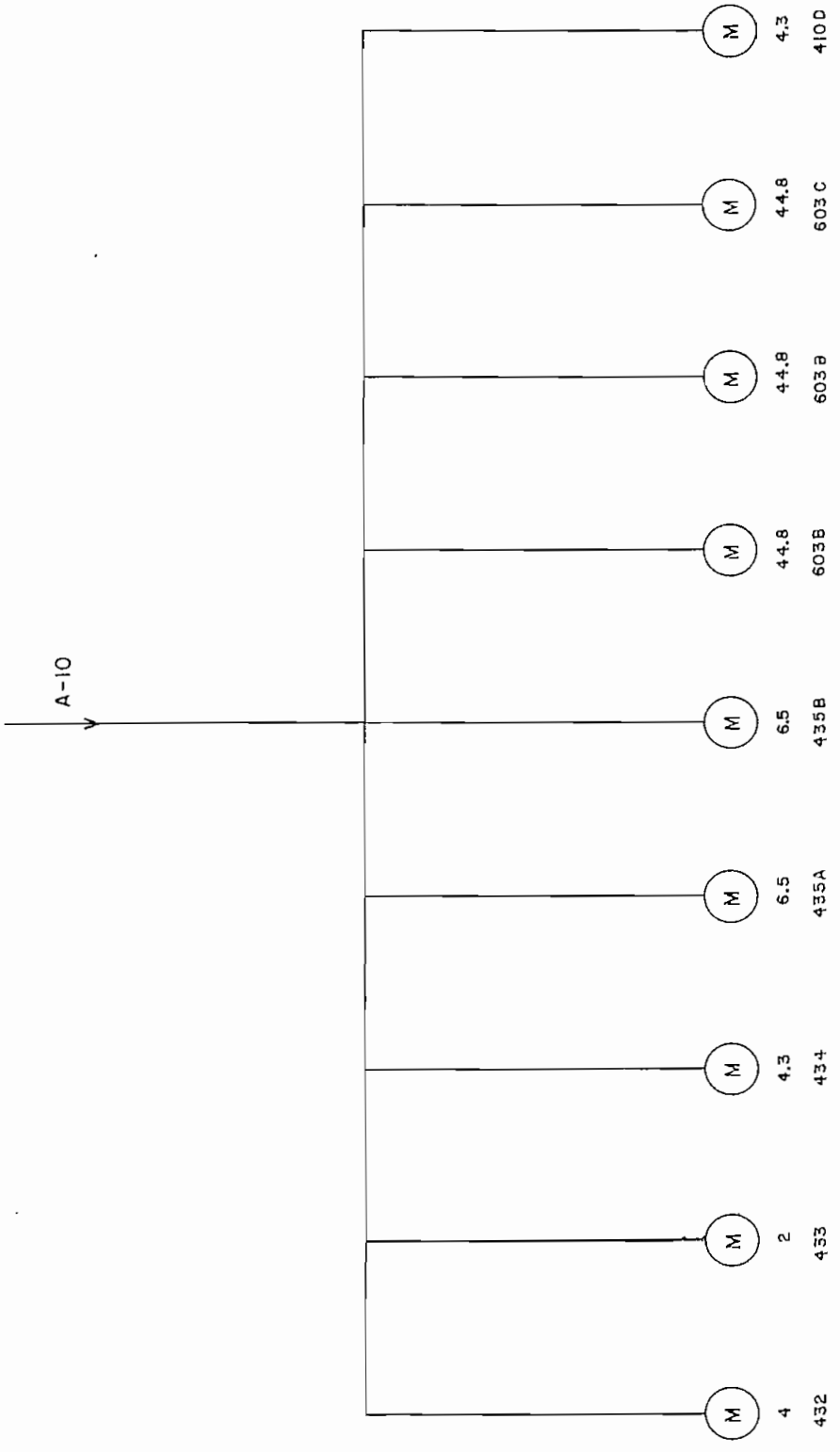
ARMARIO 8


A-8
M
7.5Kw
537A
M
5.5HP
537 B
M
4.3
539
M
6.5
540
M
8.7
541
M
7.5HP
542
M
3.2
544 A
M
2.7
545 A
M
7.5
537 C

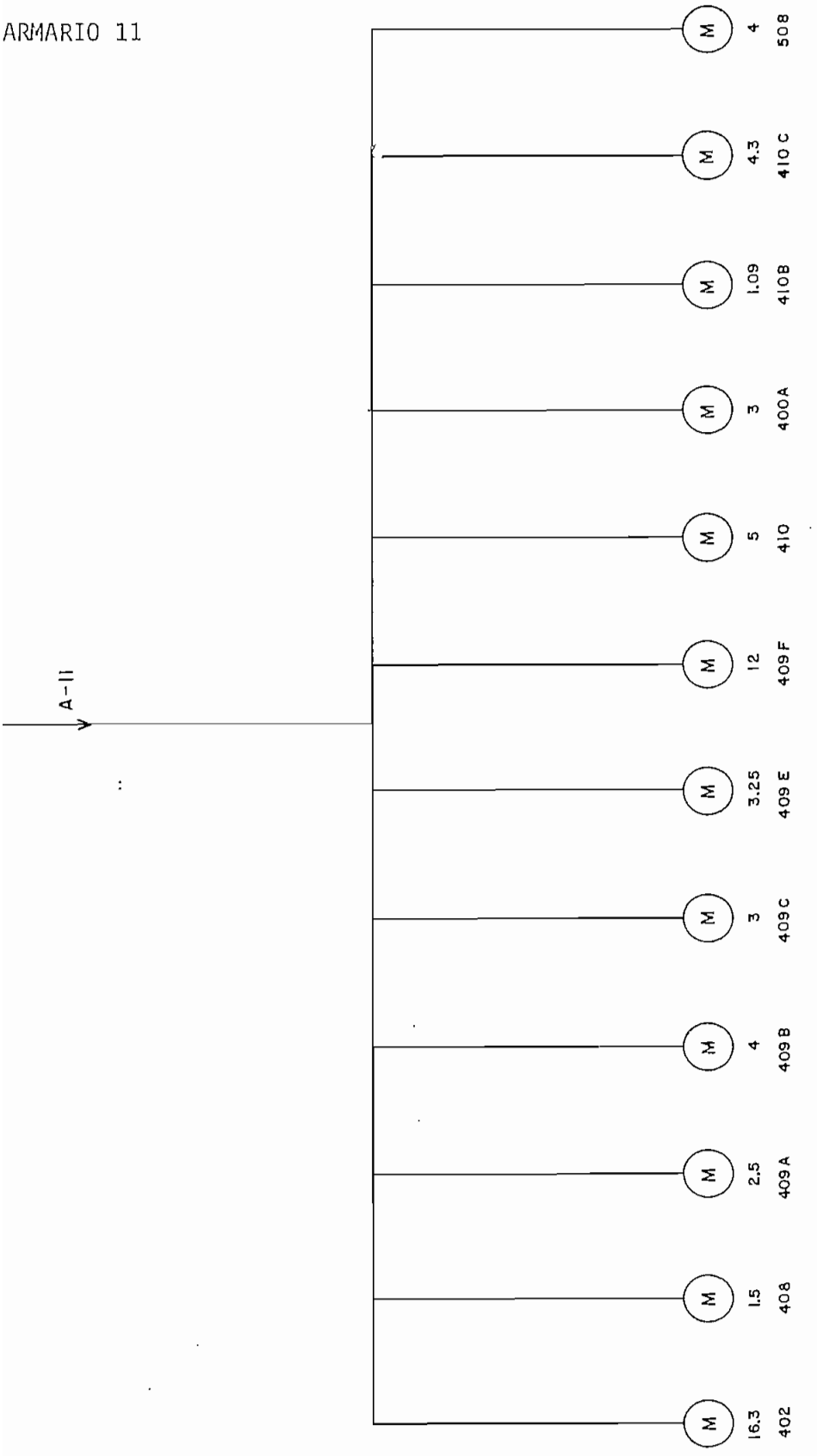
ARMARIO 9


A-9
M 20 406
M 44.8 411
M 13.6 413
M 5.4 420C
M 5.5HP 420B
M 5 421
M 3 421A
M 10.9 428
M 5.5HP 429
M 5.5HP 430
M 6 431
M 5 531
M 5 532
M 16.8 533
M 8 534
M 4 535
M 3.2 536
M 8 538A
M 56 601
M 6 538B
M 5 519
M 6.5 701
M 5.5 431A

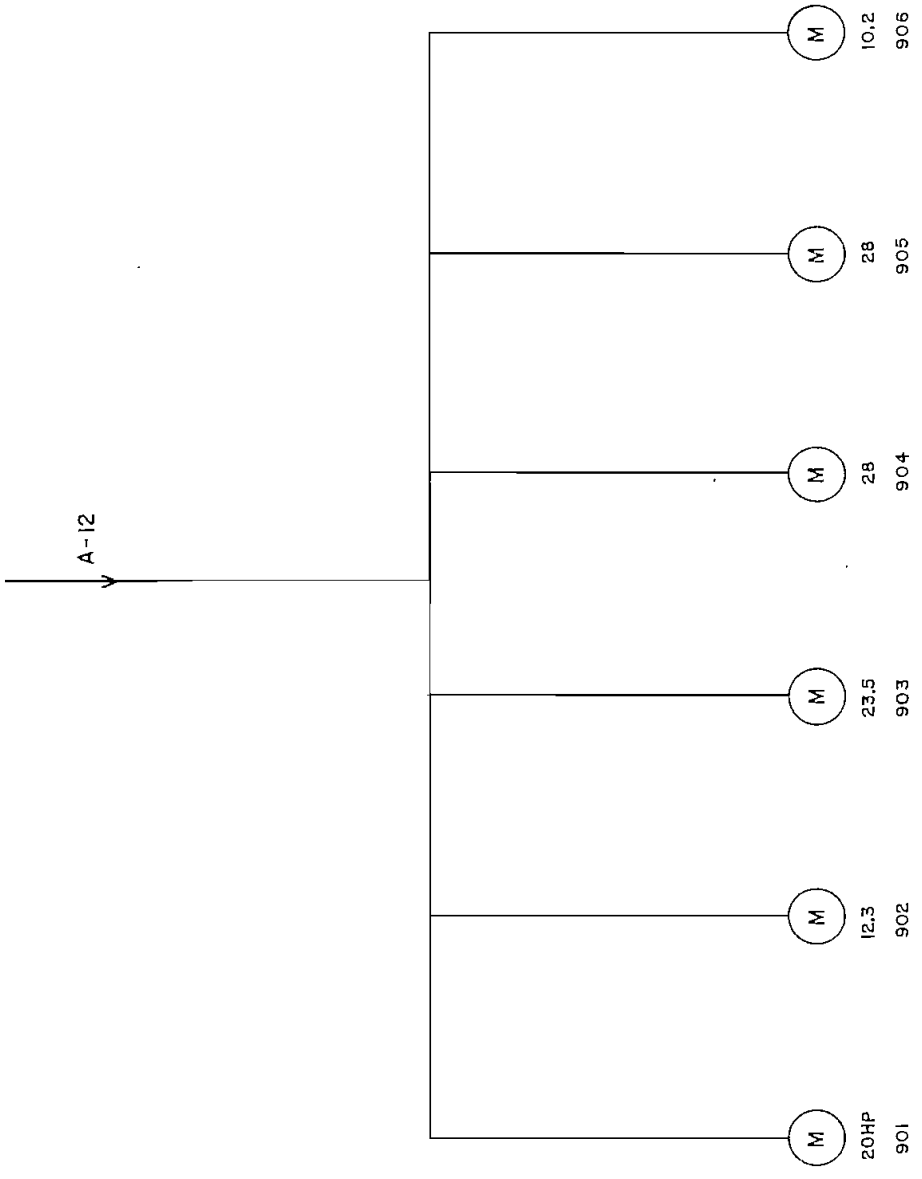
ARMARIO 10


A-10
M
4
432
M
2
433
M
4.3
434
M
6.5
435A
M
6.5
435B
M
44.8
603B
M
44.8
603 B
M
44.8
603 C
M
4.3
410D

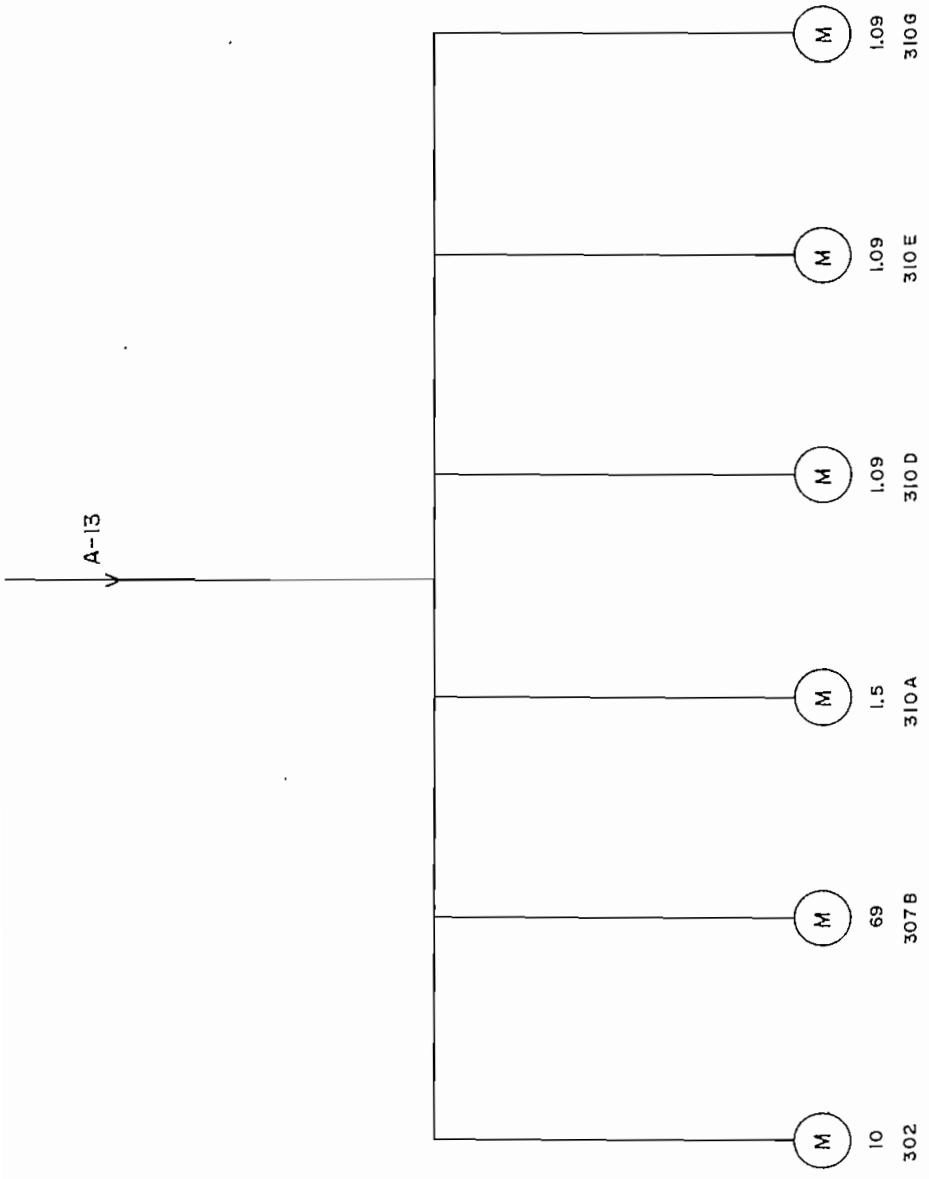
ARMARIO 11


A-11
M
16.3
402
M
1.5
408
M
2.5
409 A
M
4
409 B
M
3
409 C
M
3.25
409 E
M
12
409 F
M
5
410
M
3
400 A
M
1.09
410 B
M
4.3
410 C
M
4
508

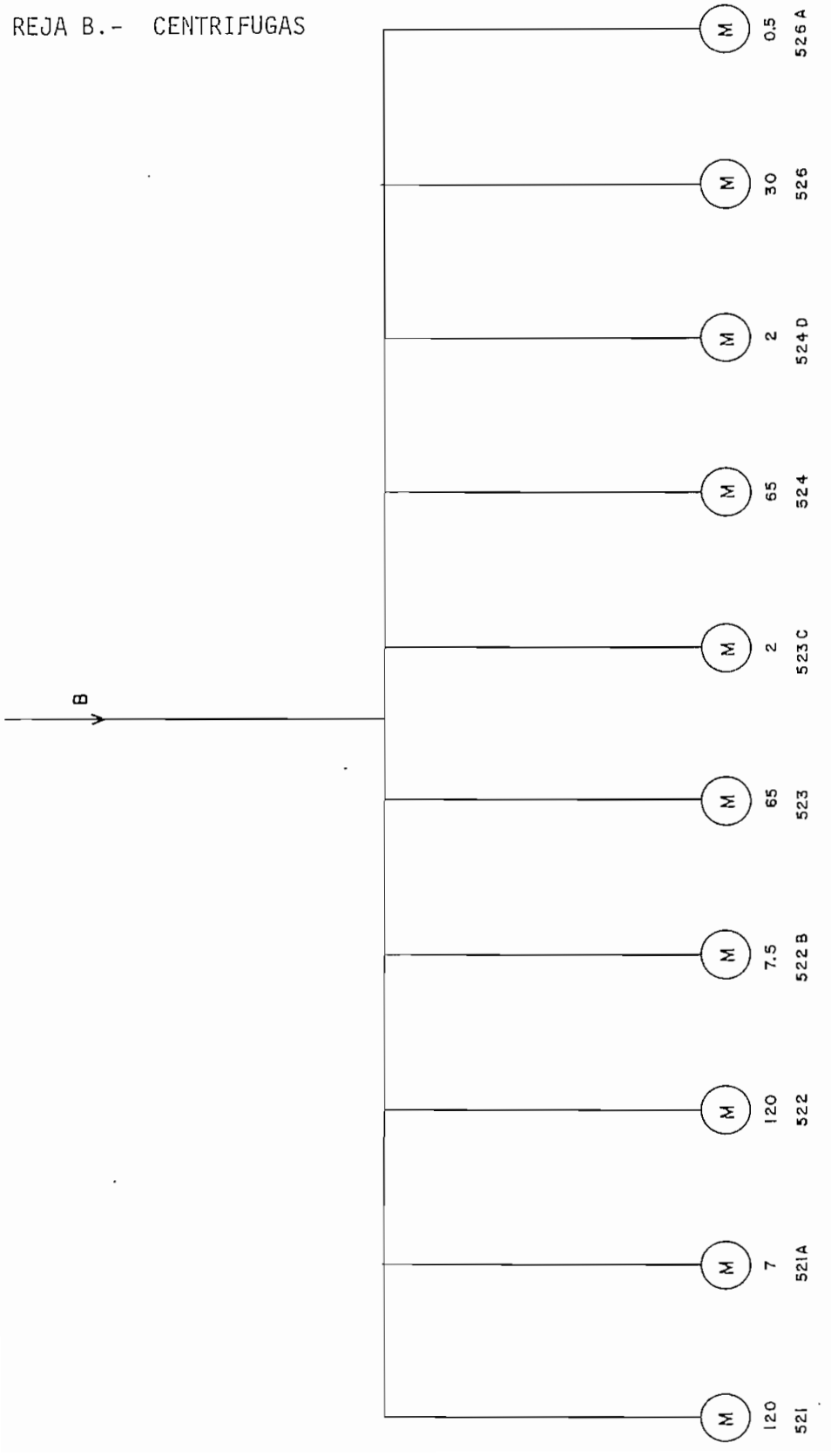
ARMARIO 12



ARMARIO 13



REJA B.- CENTRIFUGAS



3.1.2 CALCULO DE ALIMENTADORES POR ARMARIOS (4), (16), (22)

Aplicando los criterios y definiciones en lo referente a los alimentadores, se seleccionan los mismos:

El criterio general es el siguiente.

$$I = 1.25\ I_{pc}\ (\text{mayor}) + \Sigma\ I_{pc}\ (\text{resto motores})$$

ARMARIO No. 1

$$I_{al.1} = 1.25\ (230) + 506\ A.$$

$$I_{al.1} = 790\ Amp.$$

Conductor TTU: 12xNo. 3/0 4 conductores/fase

ARMARIO No. 2

$$I_{al.2} = 1.25\ (142) + 236\ A.$$

$$I_{al.2} = 410\ Amp.$$

Conductor TTU AWG: 9 x No. 1/0 3 conductores/fase

$$I = I_{arr} \text{ (motor mayor)} + \Sigma I \text{ (resto motores)}$$

Se realiza la selección de los elementos de protección de cada uno de los diferentes armarios (interruptores de baja potencia), todos los elementos seleccionados corresponden a la marca SIEMENS, y de una capacidad de cortocircuito de acuerdo a los cálculos realizados.

ARMARIO 1:

$$I = 2.5\ (230) + 506$$

$$I = 1081 \text{ Amp.}$$

3 VT 82 Interruptor

ARMARIO 2:

$$I = 2.5\ (14) + 236$$

$$I = 586 \text{ Amp.}$$

3 VE T_2 Interruptor

ARMARIO 3:

$$I = 2.5\ (9.8) + 65$$

$$I = 90 \text{ Amp.}$$

3 VE S_2 Interruptor

ARMARIO 13:

$$I = 2.5\ (94) + 24$$

$$I = 259\ \text{Amp.}$$ fusible tipo 250 A.

REJA A:

$$I = 2.5\ (30) + 40 + 216$$

$$I = 331\ \text{Amp.}$$

3 VE 71 Interruptor

REJA B:

$$I = 2.5\ (195) + 493$$

$$I = 980\ \text{Amp.}$$

3 VT 81 Interruptor

3.2 CRITERIOS Y DEFINICIONES DE LOS DIFERENTES ELEMENTOS QUE INTERVIENEN EN LA INSTALACION DE MOTORES (1), (4), (16)

Los motores están asociados a diferentes elementos que sirven de alimentación y protección a los mismos.

Para poder llegar a la determinación de los mismos, se debe tomar en consideración algunas definiciones y criterios:

- Corriente Nominal de un Motor.-

Es aquella que demanda un motor, en el instante que se pone en operación. Esta corriente de arranque es bastante elevada, del orden de 4 - 10 veces la nominal. Su valor más elevado es el que se da a rotor bloqueado.

- Factor de Servicio.-

Este Factor determinado y dado por el fabricante tiene estrecha relación con los HP, puesto que expresa el porcentaje o la sobrecarga permisible que puede soportar el motor en forma continua.

- Desconectador (S).-

Este tiene por objeto, aislar el motor del circuito derivado para poder realizar ajustes o reparaciones en el motor. Este equipo debe dimensionarse de acuerdo a:

$$I = 1.15\ I_{pc}$$

I_{pc} = corriente a plena carga del motor

- Protección del Motor.-

Los peligros para los cuales debe protegerse a los motores son los siguientes:

- Fallas en devanados.
- Desbalance de fases.
- Reducción del voltaje suministrado.

De esto trataremos en puntos más adelante.

- Torque de Plena Carga.-

La potencia nominal en caballos de un motor de C.A., es la carga que puede soportar continuamente sin calentarse en exceso. Cuando no se especifica otra cosa, la potencia nominal suele referirse a la plena carga con una elevación de temperatura de 40-50°C.

El torque puede determinarse por:

$$T = \frac{716.4 \times CV}{n} \quad m - Kq$$

$$n = r.p.m.$$

$$T = \frac{726.4 \times HP}{n} \quad m - KG$$

- Temperatura.-

La corriente que circula por los devanados dan origen a un incremento de temperatura del motor.

La elevación de temperatura producida a plena carga no resulta perjudicial al motor si ésta no es mayor a la indicada en el punto anterior. El incremento elevado puede ocasionar el deterioro del aislamiento del bobinado y causar problemas en la lubricación del motor, además acorta la vida útil del motor.

- Ciclo de Trabajo.-

Es muy importante que los motores se los haga trabajar de acuerdo a las características dadas por el fabricante.

Los motores de trabajo de servicio continuo, se los puede hacer trabajar tiempo indefinido, los intermitentes debe hacérselos trabajar de acuerdo a las características de su placa.

- Alimentador.-

Es el conductor que alimenta a un grupo de motores eléctricos, su calibre se determina de acuerdo a:

$$I = 1.25\ I_{pc}\ \text{(más grande)} + \Sigma\ I_{pc}\ \text{(restantes)}$$

Esta es la clasificación mínima del conductor basada en el aumento de temperatura solamente, y no toma en cuenta la caída de voltaje ó pérdida de energía en los conductores, frecuentemente estas consideraciones exige el aumento del tamaño del conductor.

- Protección del Alimentador.-

Tiene por objeto, el proteger al conductor de las sobrecargas por medio de fusibles o interruptores automáticos.

La selección del elemento se realiza en base al criterio:

$$I = I_{arr} \text{ (Más grande)} + \Sigma I_{pc} \text{ (restantes)}$$

I_{arr} = Corriente de arranque del motor

I_{pc} = Corriente nominal del motor

- Circuitos Derivados.-

El NEC da los requisitos para la determinación del tamaño del conductor al motor que puede ser de servicio continuo, intermitente u otro servicio.

Estos conductores se calculan para una sobrecarga del 25% de la corriente nominal del motor, si es de servicio continuo.

$$I = 1.25 \ I_{pc}$$

Si el motor se utiliza para servicios menores que el continuo, los conductores pueden tener una capacidad no menor que el porcentaje de la corriente del motor a plena carga.

- Protección de Circuitos Derivados.-

Se realiza por intermedio de fusibles, y se los calcula para una corriente que puede ser la corriente de arranque o la de cortocircuito.

El objeto principal de esta protección es proteger a los conductores y no al equipo conectado.

- Secundario de Rotor Devanado.-

El conductor debe ser de calibre suficiente para una corriente no menor del 125% de la corriente secundaria del motor a plena carga, si es en régimen continuo.

Los circuitos secundarios de motores (rotor devanado), incluyendo los conductores, resistencias, etc. ,deben ser protegidos para sobrecorriente por el dispositivo de sobrecarga del circuito primario del motor.

CORRIENTE A ROTOR BLOQUEADO

HP	V O L T A J E		
	220/230	440/460	380
1/2	20	10	11.5
3/4	25	12.5	14.4
1	30	15	17.3
1 1/2	40	20	23.1
2	50	25	28.9
3	64	32	37
5	92	46	53
7 1/2	127	63	73
10	162	81	94
15	232	116	134
20	290	145	167
25	365	182	211
30	435	217	251
40	580	290	335
50	725	362	419
60	870	435	502
75	1085	592	626
100	1450	725	837
125	1815	907	1048
150	2170	1085	1253
200	2900	1450	1674
250	3650	1825	2107
300	4400	2200	2540
350	5100	2550	2945

MOTORES TRIFASICOS

TABLA No. 1.

3.3 ESTUDIOS DE CORTOCIRCUITOS (6), (8), (11), (16)

Se debe realizar el estudio de cortocircuitos, para luego proceder a la selección de los elementos adecuados. Hay que determinar las corrientes de cortocircuito en diferentes puntos.

Se entiende por cortocircuito a determinada falla que se presenta en un sistema y que demanda una excesiva corriente en el punto de ocurrencia.

Las fallas que pueden ocurrir dentro de los sistemas industriales son:

1. Falla línea-tierra
2. Falla línea-línea
3. Falla dos líneas-tierra
4. Falla trifásica

De todas estas fallas enunciadas, se puede concluir por experiencia propia, que la más común de ocurrir es la falla línea-tierra.

Entre las fuentes principales de corriente de cortocircuito se tiene las siguientes:

- Generadores
- Transformadores
- Motores de inducción
- Condensadores
- Motores sincronos

Una falla a tierra dentro de los sistemas no aterrados no causa la interrupción del servicio, pero la ocurrencia de otra falla en una fase diferente, es origen de cortocircuitos.

Debido a que la longitud de los alimentadores no son demasiado grandes dentro de la industria (Ingenio IANCEM) y comparadas a las reactancias de los motores de inducción es prácticamente despreciable, se aplica para el cálculo de los cortocircuitos el método de los MVA muy utilizado y aplicable a sistemas industriales.

Los datos de reactancias de motores y transformadores se han tomado de tablas, eligiéndose los siguientes:

a.- Motores de inducción hasta 600 V $x = 0.25$ p.u.

b.- Transformadores hasta 75 KVA y trifásicos $x = 0.030$ p.u.

Para el cálculo de los cortorcircuitos se dispone del diagrama unifilar de la industria y se anota en él todos los elementos del sistema y las siguientes especificaciones:

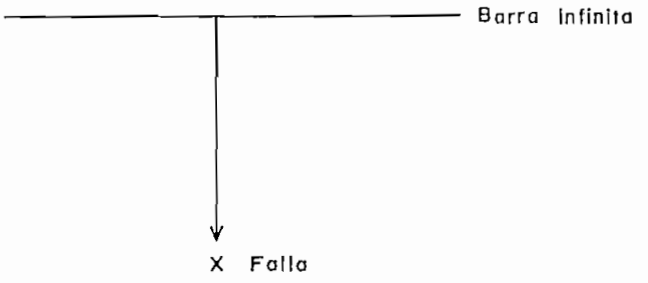
a.- Potencia en MVA
b.- Tensión de operación
c.- Impedancia en p.u.

Método de los MVA de cortocircuito

Es conveniente antes de iniciar cualquier cálculo, hacer la indicación

del método.

La admitancia es la máxima corriente o KVA, o voltaje unitario que circula a través del circuito o componente a un cortocircuito o falla, cuando es alimentado de una fuente de capacidad infinita.



$$I_{cc} = \frac{V}{Z}$$

$$VA_{cc} = \frac{V^2}{Z}$$

$$KVA_{cc} = \frac{1000\ KV^2}{Z}$$

$$MVA_{cc} = \frac{KV^2}{Z}$$

pero $Z = \frac{1}{Y}$

$$KVA_{cc} = 1000\ KV^2 \cdot Y$$

$$MVA_{cc} = (KV)^2 \cdot Y$$

$$MVA_{cc} = \frac{MVA}{Zpu}$$

Este método se utiliza separando el circuito en sus componentes y calculando con su propia barra infinita para lo cual se pasa al diagrama unifilar del sistema a uno de impedancia y al diagrama de los MVA.

La primer componente del sistema unifilar es la capacidad interruptiva del sistema a estudiar en MVA y el resto de los componentes del diagrama en MVA se obtiene: dividiendo la potencia del elemento expresada en MVA para su reactancia en p.u.

El cálculo de las reactancias de los diferentes elementos del sistema para cálculo de cortocircuitos se los realiza en base a:

a. Máquinas Sincrónicas:

$$X_G = \frac{\dot{x}''_d}{P_N} \quad \%/MVA$$

P_N = potencia nominal de la máquina en MVA

b. Transformador:

$$X_T = \frac{X}{P_n} \quad \%/MVA$$

c. Motores de Inducción:

$$X_M = \frac{I_N / I_A}{P_N} \times 100 \quad \%/MVA$$

I_N = Corriente nominal del motor

I_A = Corriente de arranque del motor = 5 I_n

P_N = Potencia en MVA de la máquina

Combinación de los Elementos en el Diagrama de MVA

1. COMBINAR ELEMENTOS EN SERIE:

Se combinan como si se tratase de resistencia en paralelo

$$MVA_{12} = \frac{MVA_1 \cdot MVA_2}{MVA_1 + MVA_2}$$

2. ELEMENTOS EN PARALELO:

Se combinan como si se tratase de resistencia en serie

$$MVA_{12} = MVA_1 + MVA_2$$

Además este método de MVA no requiere de ninguna base común en MVA ó KVA y no es necesario tampoco cambiar las impedancias de base.

Los MVA de cortocircuito de cada uno de los elementos se obtiene por:

$$MVA_{cc} = \frac{MVA}{X_{p.u}}$$

La corriente de cortocircuito simétrica se obtiene de la siguiente expresión:

$$I_{cc\ sim} = \frac{MVA \times 1000}{\sqrt{3} \times KV}$$

Para incluir la simetría debe sonsiderarse el factor F, el mismo que puede ser tomado de la referencia (4), ya que la falla no ocurre normalmente cuando la onda de voltaje pasa por cero.

Los MVA de los motores de inducción se expresan por la siguiente relación:

a. Si la potencia está en HP

$$MVA = \frac{0.746 \times HP}{fp}$$

$$fp = \text{factor de potencia}$$

b. Si la potencia está en CV

$$MVA = \frac{0.736 \times CV}{fp}$$

Para el cálculo de cortocircuito fase-tierra se considera los siguientes puntos:

1. Las impedancias de secuencia cero en los motores de inducción es la mitad (1/2) de las de secuencia positiva).

2. Las impedancias de secuencia cero de los transformadores son del mismo valor que las de secuencia positiva.

Además, la corriente mínima de falla, es la producida por una falla fase-fase.

$$Icc_{f-f} = \frac{V_1}{Z_1 + Z_2} \sqrt{3}$$

$$Z_1 = Z_2$$

$$Icc_{f-f} = \frac{V_1}{2Z_1} \sqrt{3}$$

$$Icc_{f-f} = \frac{Icc_{3\emptyset}}{2} \sqrt{3}$$

La aplicación de los dispositivos de protección contra sobrecorriente obliga a tomar en cuenta la habilidad para el despeje de acuerdo al tipo de falla producida. Debe tenerse en cuenta lo siguiente:

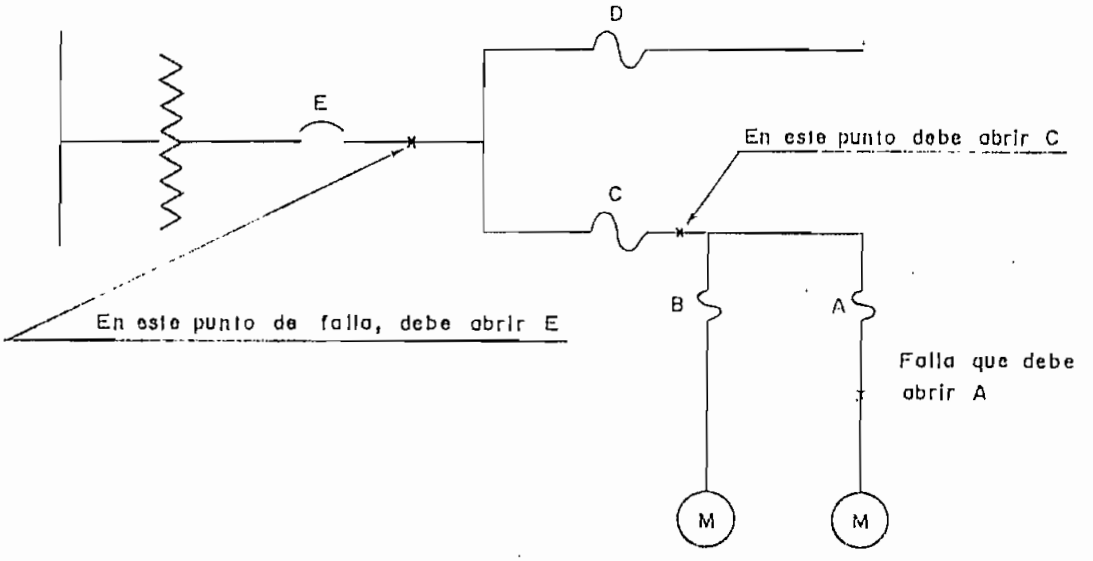
- En operación normal, el circuito toma la corriente en proporción al voltaje aplicado y a su impedancia de carga. Al ocurrir la falla (cortocircuito) el voltaje suministrado por el generador o fuente ya no encuentra oposición al flujo de corriente.

- Los dispositivos a elegirse como protección a los circuitos debe tener la capacidad para interrumpir la corriente máxima posible de cortocircuito entregado por el sistema, sin producirse la destrucción

del aparato.

La protección selectiva coordinada por los circuitos, proporciona el aislamiento rápido y eficaz de cualquier elemento o sección, en donde se presenta la falla, pero no debe producir la paralización total del sistema.

Es importante por ello, el estudio de las características tiempo - corriente de los elementos a aplicarse.



- Algunas de las veces, el ramal protegido posee todos los elementos indispensables para la protección, pero un cortocircuito produce la fusión de los platinos del contactor y la destrucción de su relé de sobrecarga (Fig. 3).

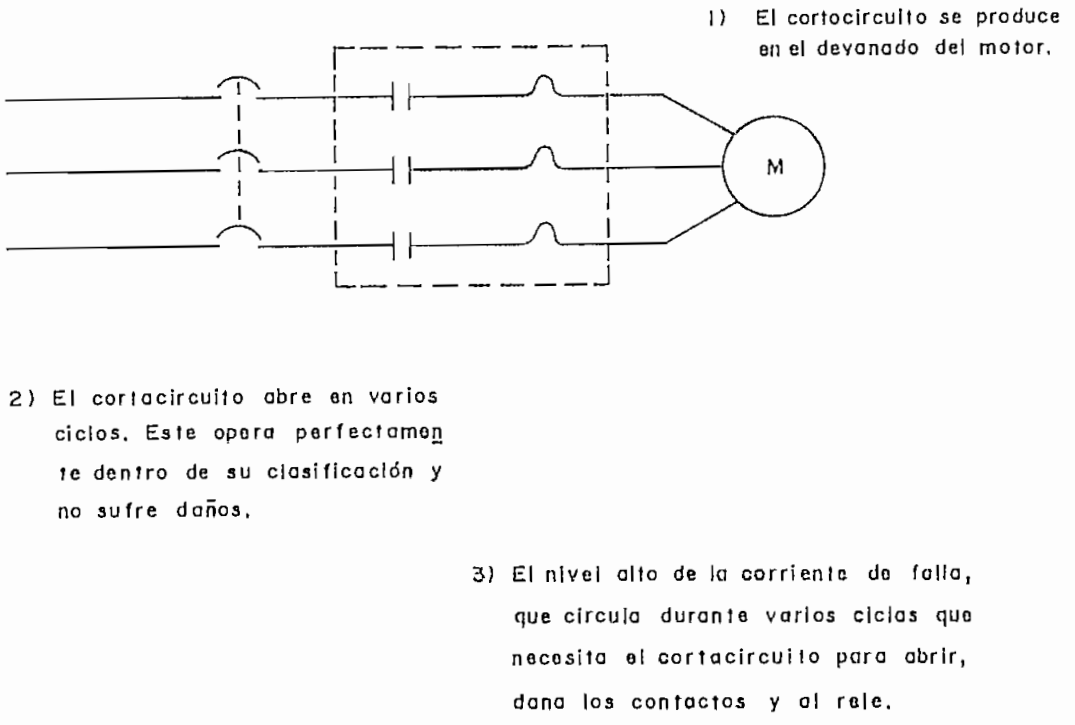


FIGURA No. 3

Por este motivo la corriente de paso es otro factor a tomar muy en cuenta en los dispositivos, pues el tiempo que tarda en abrir es tan largo que hace que produzcan daños al equipo en serie con la falla producida.

El dispositivo debe abrir con suficiente rapidez, pues de lo contrario los esfuerzos tremendos de ruptura originados por los cortocircuitos causan lo mencionado.

El gráfico muestra las dos condiciones extremas de los cortocircuitos y continuan fluyendo si no intervienen los fusibles o cortacircuitos (Fig. 4).

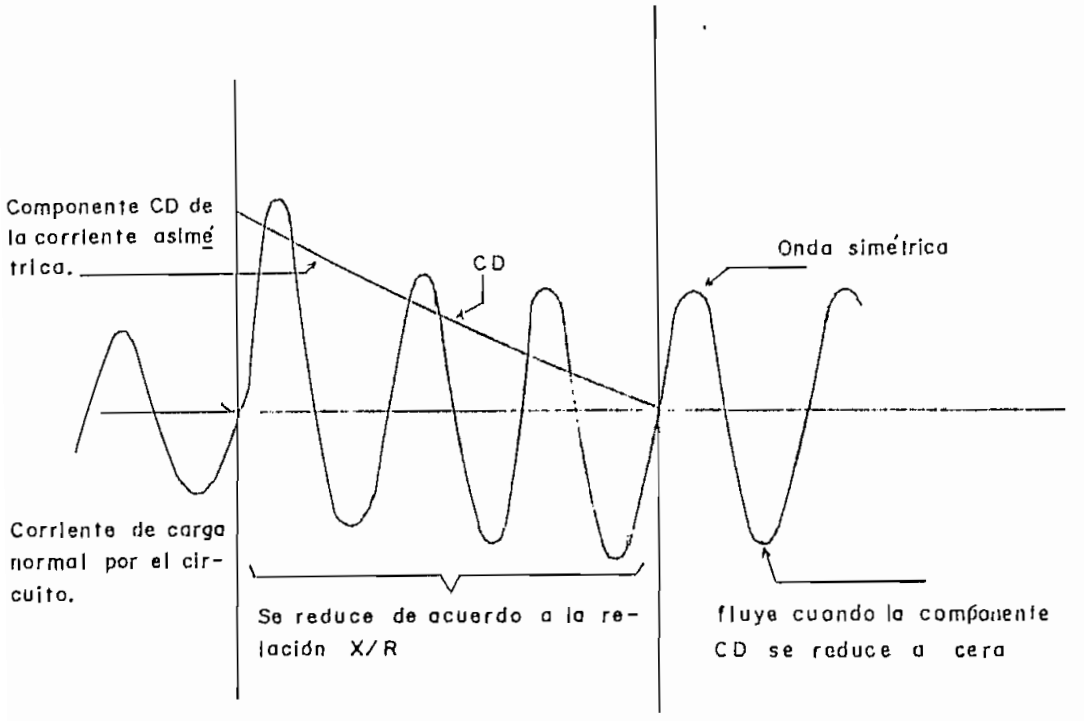


FIG. 4

Se ve que la asimetría máxima se produce cuando el cortocircuito ocurre en el punto dado de la onda de voltaje, el ángulo de fase del cortocircuito es tal que la corriente de éste se encuentra en su máximo negativo.

El cambio instantáneo en la relación de fase entre la corriente y el voltaje produce una curva en la onda de corriente alterna que actúa como una corriente directa (CD).

La componente CD de la onda de cortocircuito se reduce a cero a velocidad que es determinada por la relación X/R del sistema.

Si el cortocircuito fuera puramente reactivo, que es una imposibilidad práctica, CD nunca bajaría a cero. Los circuitos reales poseen relaciones de X/P del orden de hasta 20, pero los estudios realiza-

dos en fábricas demuestran y dicen que es del orden de 7 a 1, lo cual significa la reducción de CD en varios ciclos.

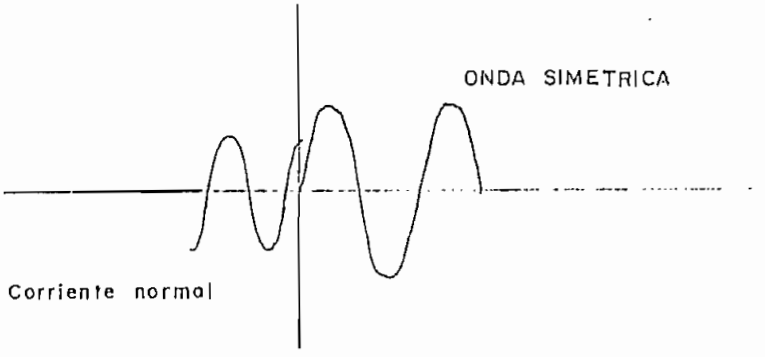


FIG. 5

En la figura 5 fluye corriente de cortocircuito simétrica, cuando el cortocircuito ocurre en el punto de la onda de voltaje para el que la corriente de cortocircuito se encuentra en su valor de cero.

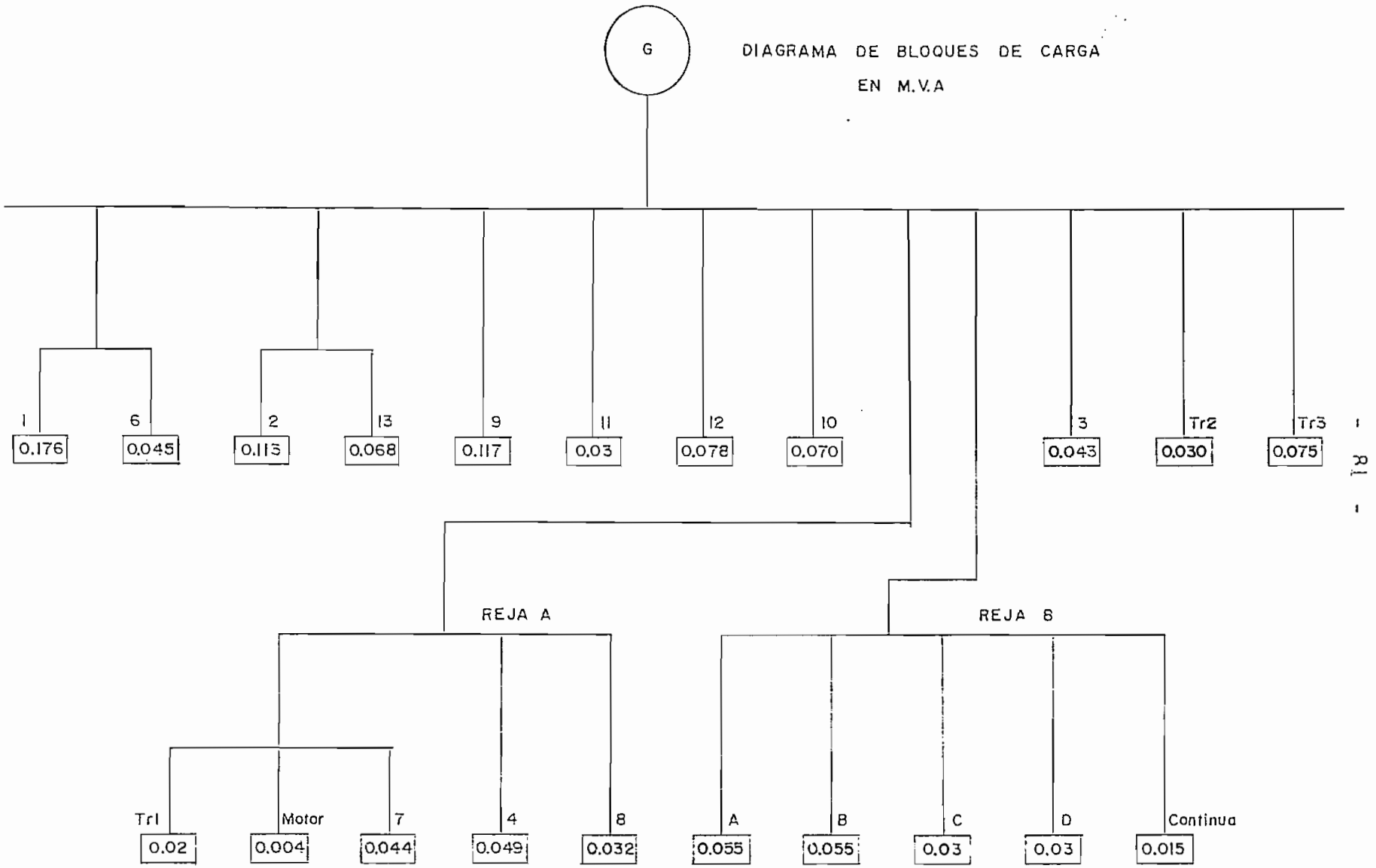
El diseño de los equipos debe tomar en cuenta el peor de los casos y por ello es el cálculo de los cortocircuitos en los diferentes puntos para determinar la corriente asimétrica.

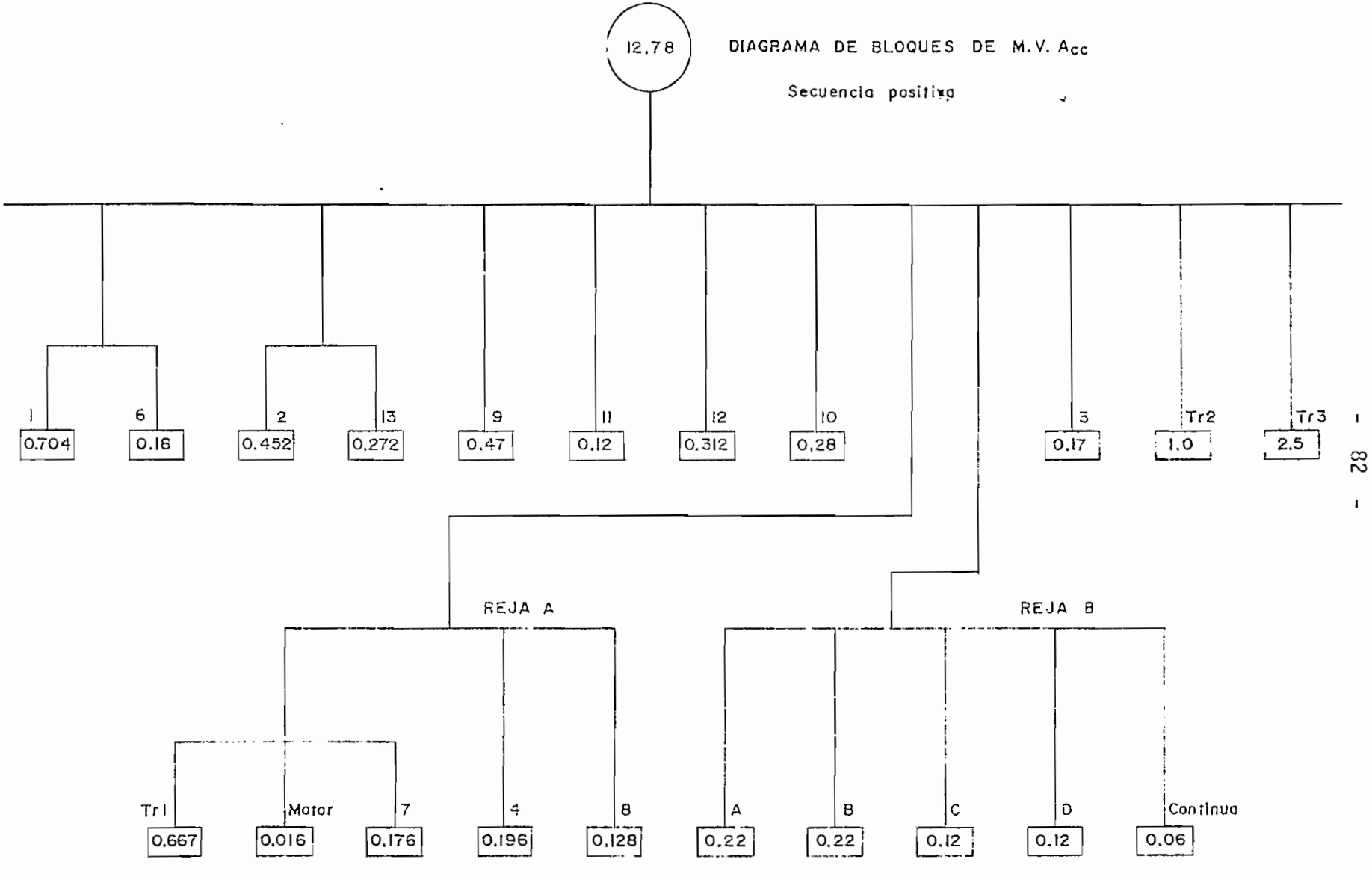
Es importante también la relación X/R del sistema, ya que indica la rapidez con que CD se reduce a cero y la cantidad de corriente que necesita el dispositivo para abrir.

Debido a la reducción de la componente CD, los máximos subsecuentes que le siguen son más bajos. Por ello es importante el utilizar un factor multiplicador de la corriente simétrica calculada que es del orden de 1.1 - 1.5 veces.

La aplicación de cortacircuitos termomagnéticos se basa en la correlación de sus curvas de disparo de retraso de tiempo y los ajustes de disparo instantáneo con los requisitos para la protección de las sobrecargas.

El análisis de la operación de cortacircuitos en relación con un circuito en particular, se efectua fácilmente consultando las curvas que proporcionan los fabricantes de estos equipos.


G
DIAGRAMA DE BLOQUES DE CARGA
EN M.V.A
1
0.176
6
0.045
2
0.113
13
0.068
9
0.117
11
0.03
12
0.078
10
0.070
3
0.043
Tr2
0.030
Tr3
0.075
REJA A
REJA B
Tr1
0.02
Motor
0.004
7
0.044
4
0.049
8
0.032
A
0.055
B
0.055
C
0.03
D
0.03
Continua
0.015

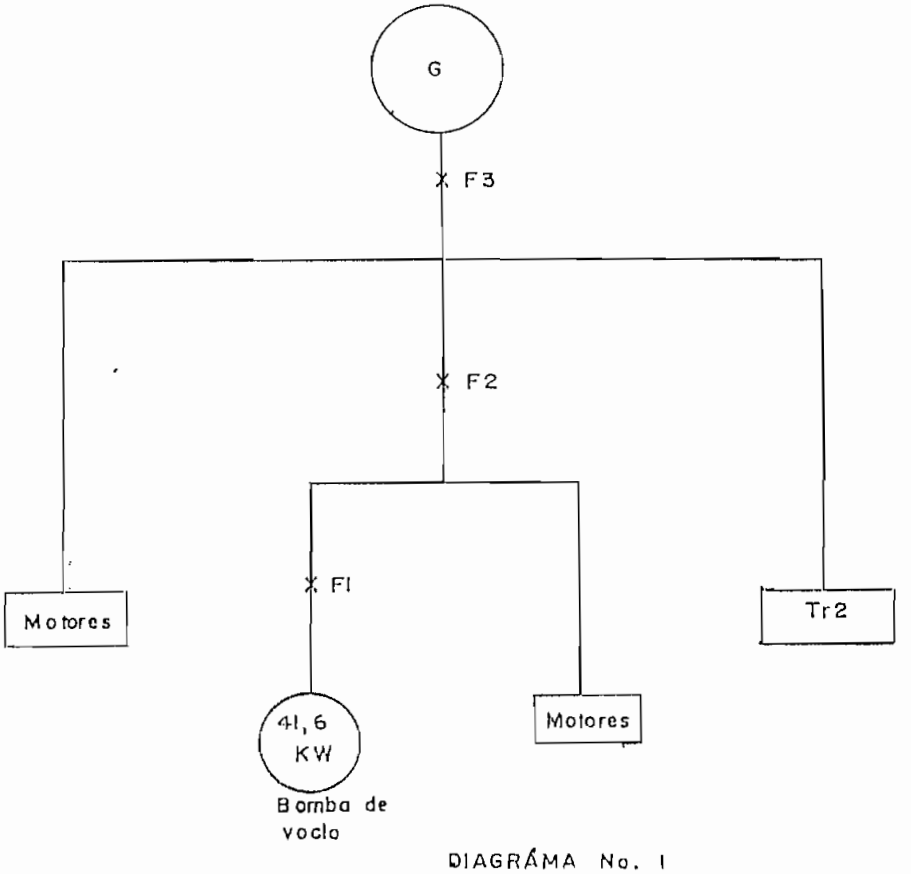

12.78
DIAGRAMA DE BLOQUES DE M.V. Acc
Secuencia positiva
1
0.704
6
0.18
2
0.452
13
0.272
9
0.47
11
0.12
12
0.312
10
0.28
3
0.17
Tr2
1.0
Tr3
2.5
REJA A
REJA B
Tr1
0.667
Motor
0.016
7
0.176
4
0.196
8
0.128
A
0.22
B
0.22
C
0.12
D
0.12
Continua
0.06

CALCULO DE CORTOCIRCUITOS

A continuación por tener el sistema circuitos de gran similaridad, sólo se tomará uno de ellos y se realizará el cálculo de circuito trifásico y falla fase-tierra.

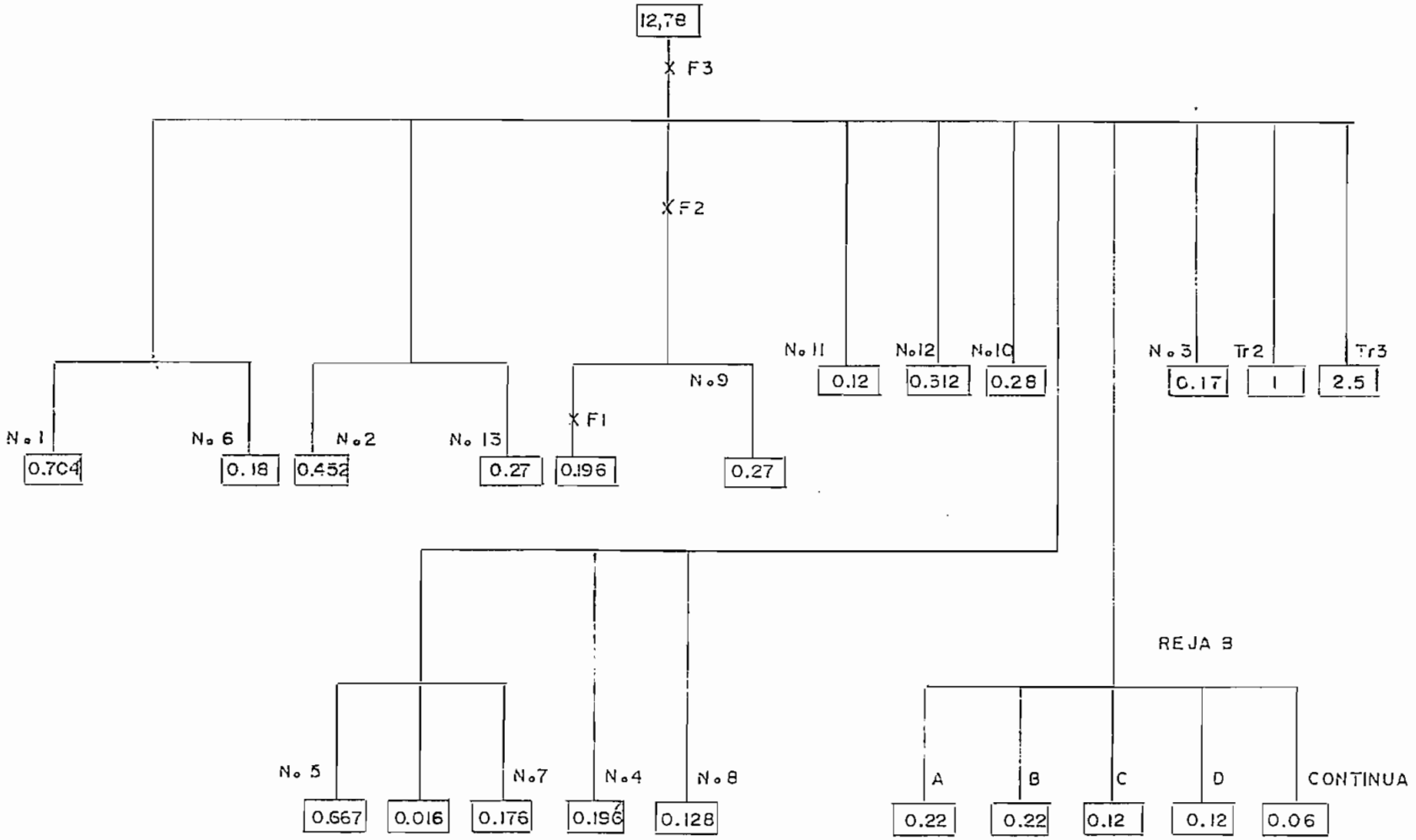
Para el cálculo trifásico, sólo interviene el diagrama de MVAcc de secuencia positiva.

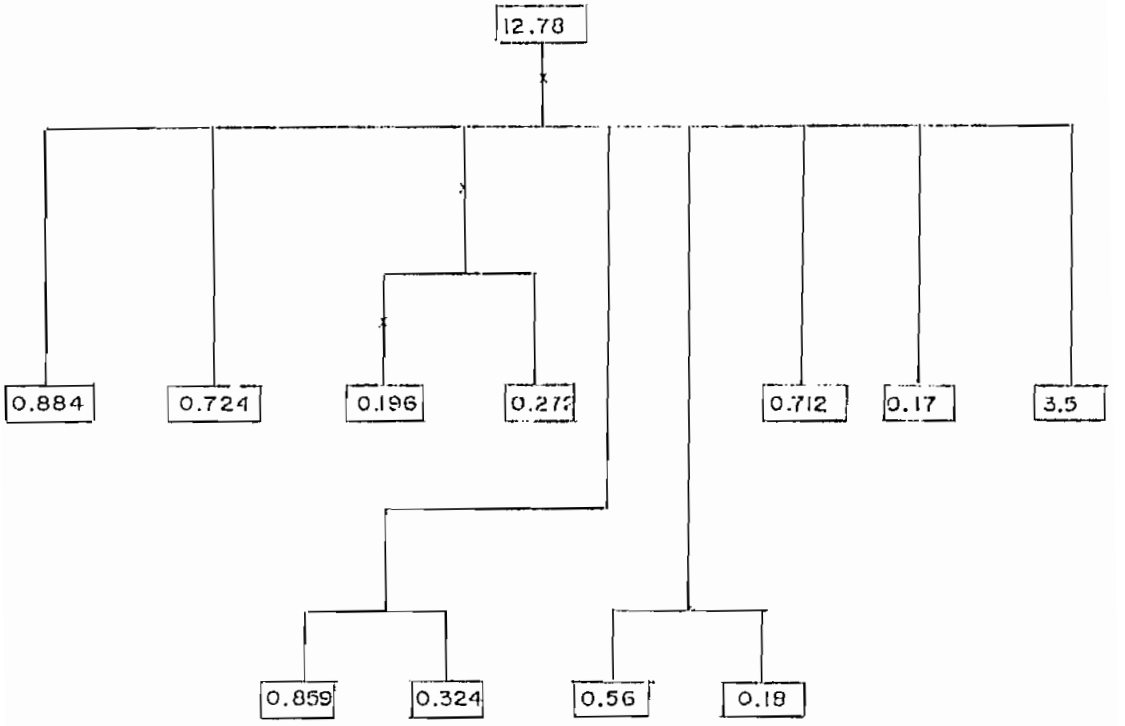
Para el cálculo de falla fase-tierra entran en consideración los diagramas de MVAcc de secuencia: positiva, negativa y cero. Se toma en consideración lo indicado anteriormente.

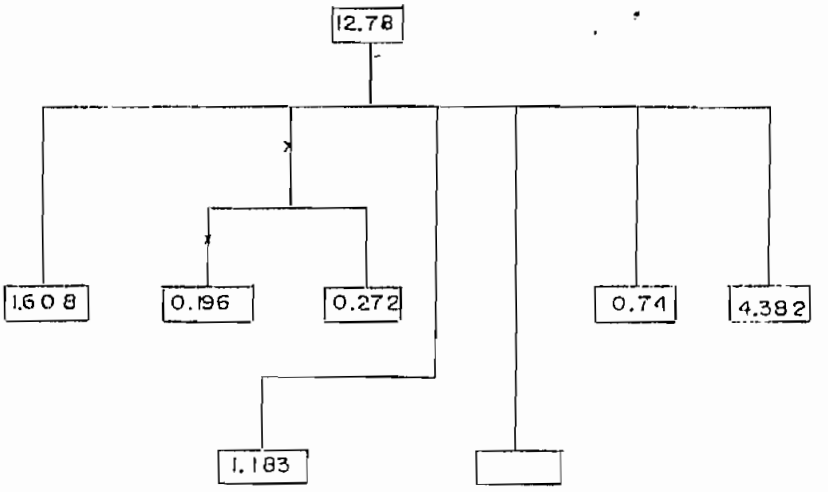


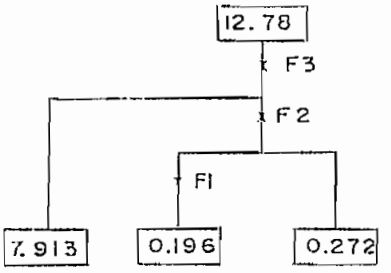
DIAGRÁMA No. 1

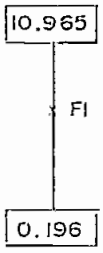
DIAGRAMA DE MVAcc (SECUENCIA POSITIVA)




12.78
0.884
0.724
0.196
0.272
0.712
0.17
3.5
0.859
0.324
0.56
0.18


12.78
1.608
0.196
0.272
0.74
4.382
1.183

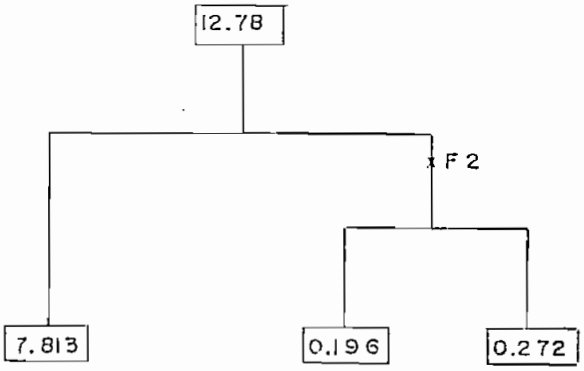

12.78
F3
F2
F1
7.913
0.196
0.272

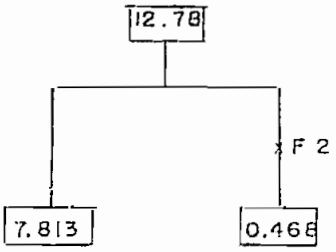


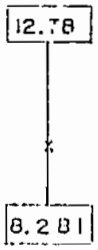
$$I_{cc(3\emptyset)} = \frac{21.161}{\sqrt{3} \times 380}$$

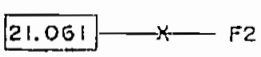
$$= 32150 \text{ A}$$

PUNTO F 2 :





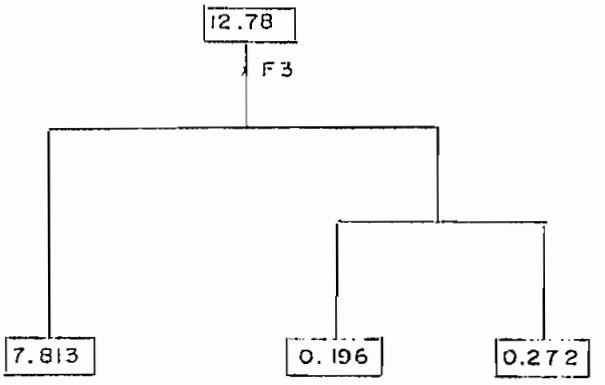


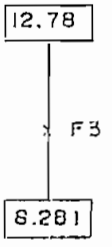


$$I_{cc(3\emptyset)} = \frac{21.161}{\sqrt{3} \times 380}$$

$$= 32150 \text{ A}$$

PUNTO F 3 :



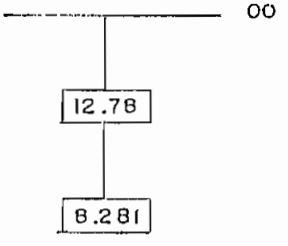


21.061 ——— x F3

$$I_{cc\,(3\emptyset)} = \frac{21.161}{\sqrt{3} \times 380}$$

$$= 32150\ A$$

PUNTO F 4 :

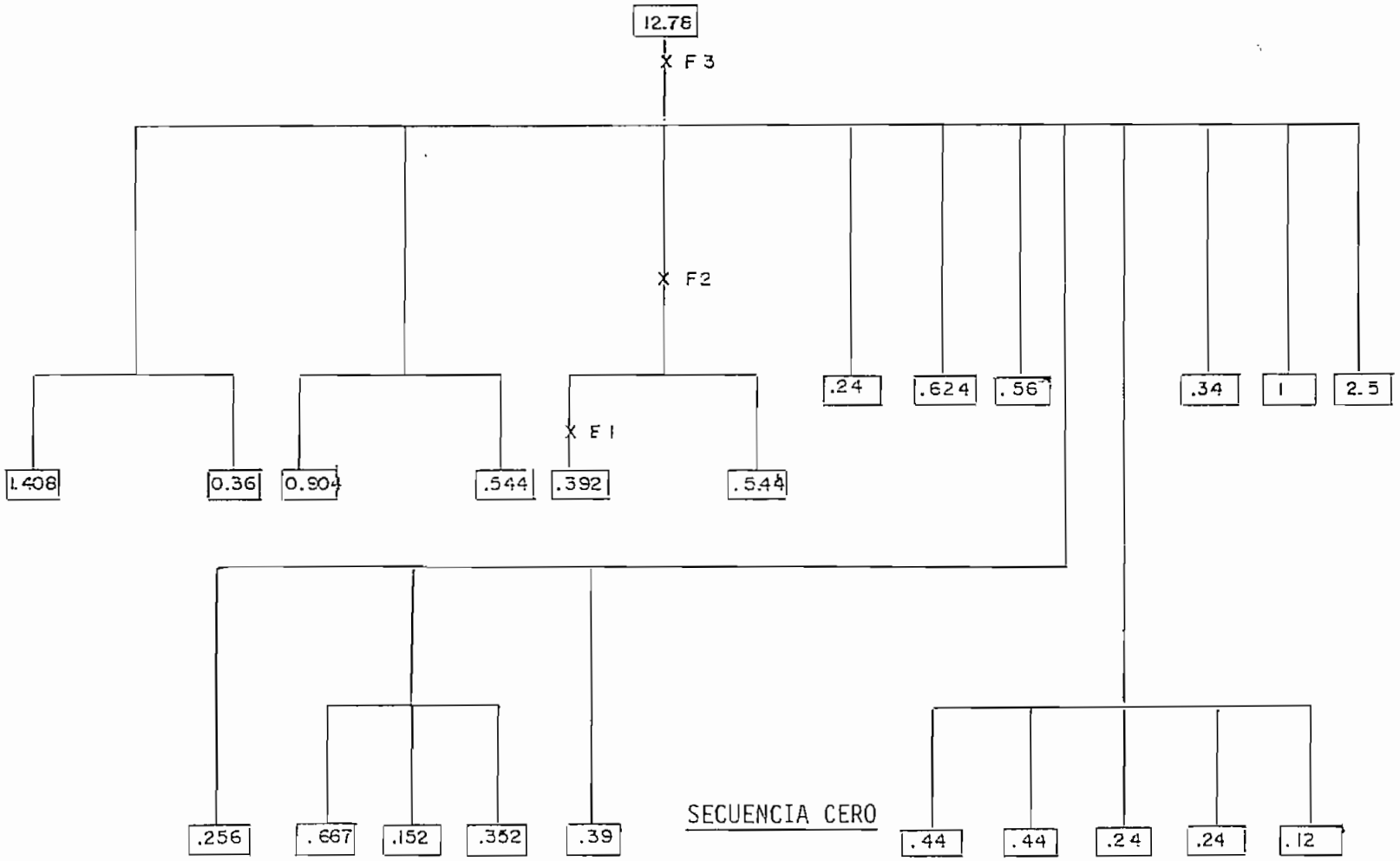


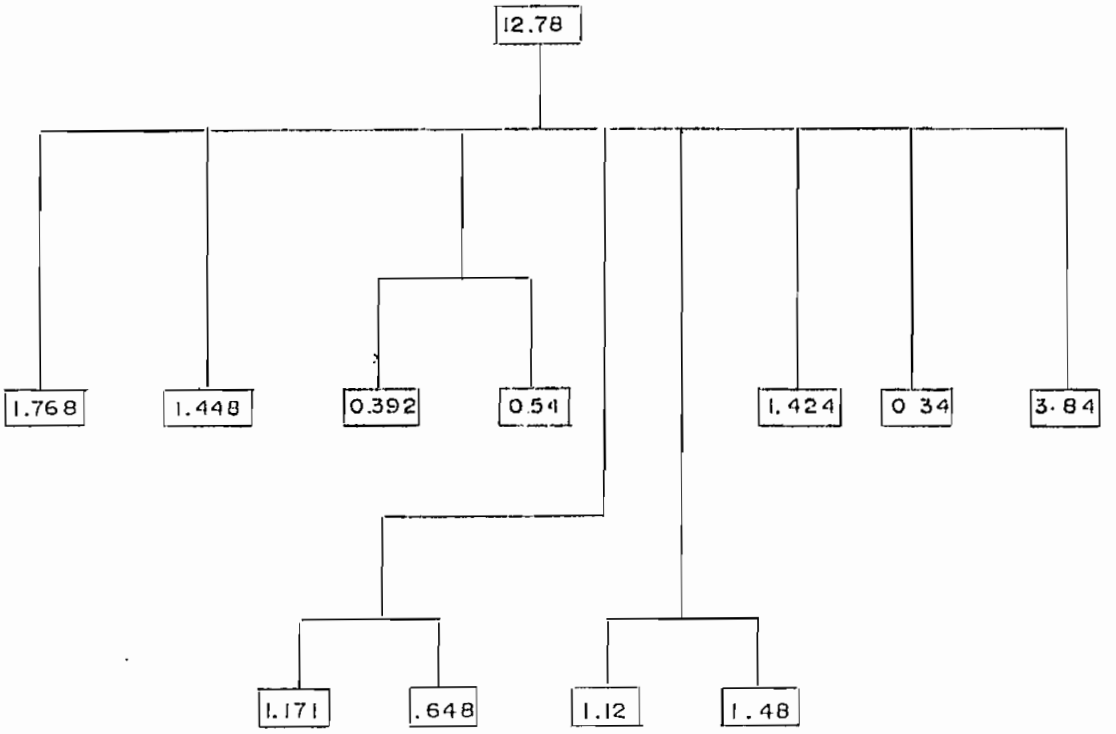
5.025 ——— x- F 4

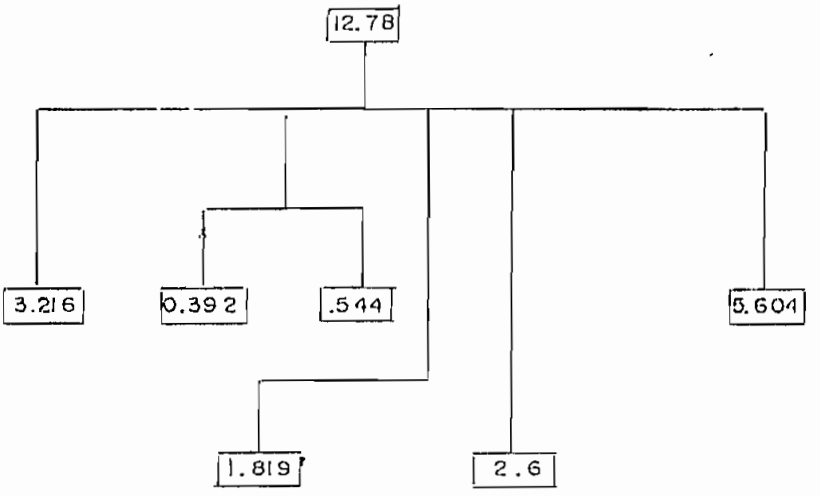
$$I_{cc\,(3\emptyset)} = \frac{5.025}{\sqrt{3} \times 380}$$

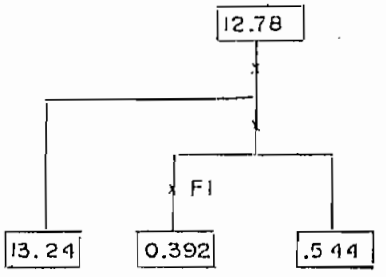
$$= 7635\ A$$

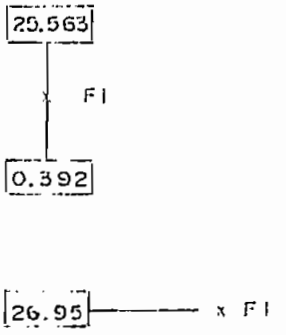
CORTOCIRCUITO FASE-TIERRA




12.78
1.768
1.448
0.392
0.54
1.424
0 34
3.84
1.171
.648
1.12
1.48


12.78
3.216
0.392
.544
5.604
1.819
2.6


12.78
F1
13.24
0.392
.544

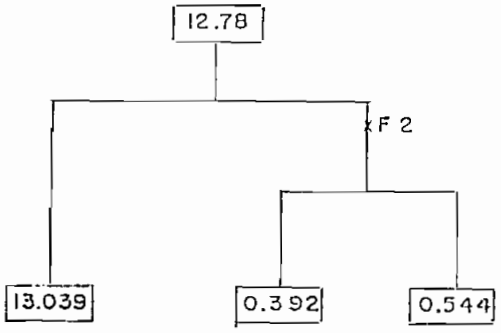

25.563
F1
0.392
26.95
x F1

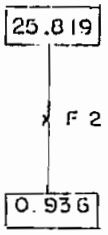
$$MVA_{eq} = 7.598$$

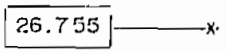
$$I_{cc\,(\emptyset)} = \frac{3 \times 7.598}{\sqrt{3} \times 380}$$

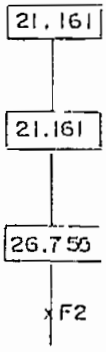
$$= 34632 \text{ A}$$

PUNTO F2 :







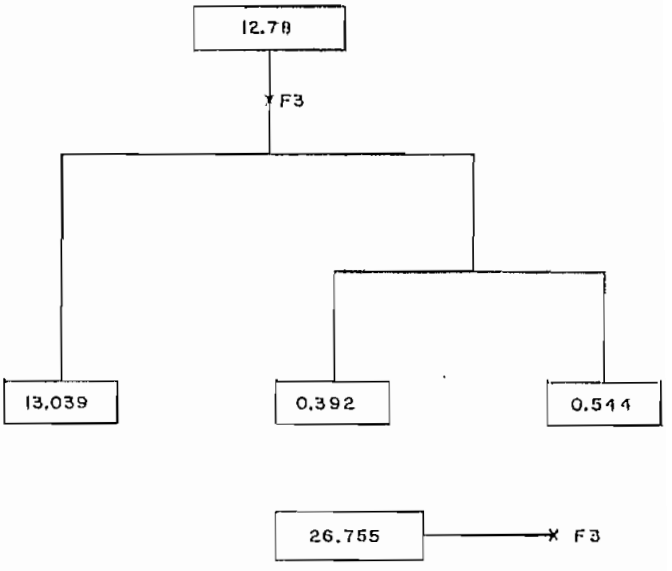


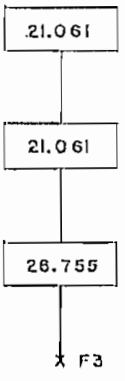
$$MVA_{eq} = 7.556$$

$$I_{cc\,(1\emptyset)} = \frac{3 \times 7.556}{\sqrt{3} \times 380}$$

$$= 34632 \text{ A}$$

PUNTO F3



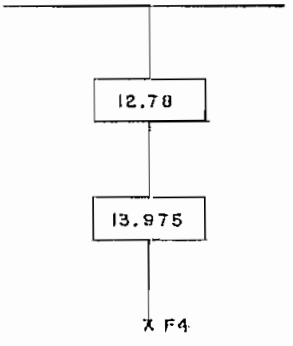


MVAeq = 7.556

$$I_{cc}(1\emptyset) = \frac{3 \times 7.556}{\sqrt{3} \times 380}$$

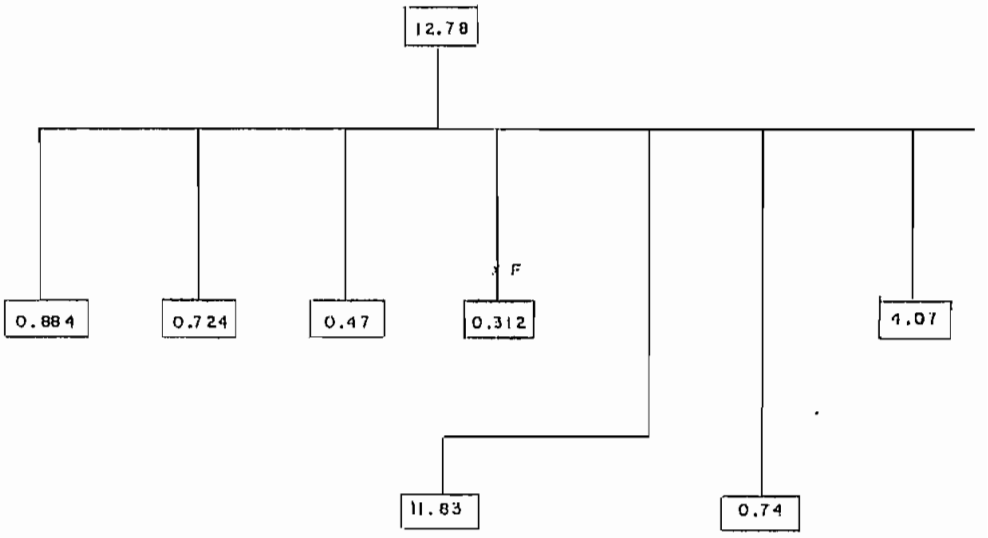
$$= 34.632$$

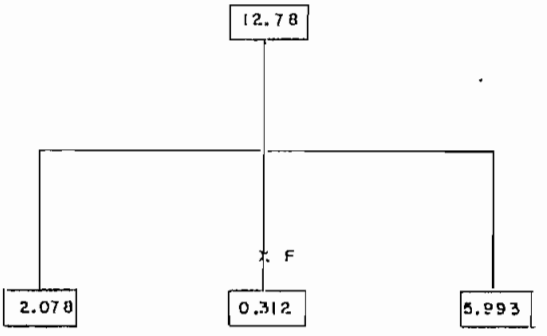
PUNTO F4

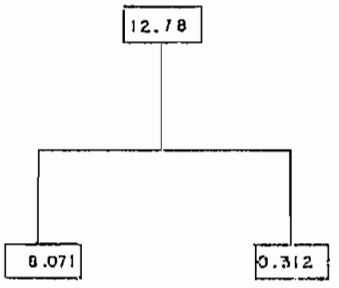


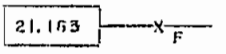
$MVA_{eq} = 6.675$

ARMARIO No. 12





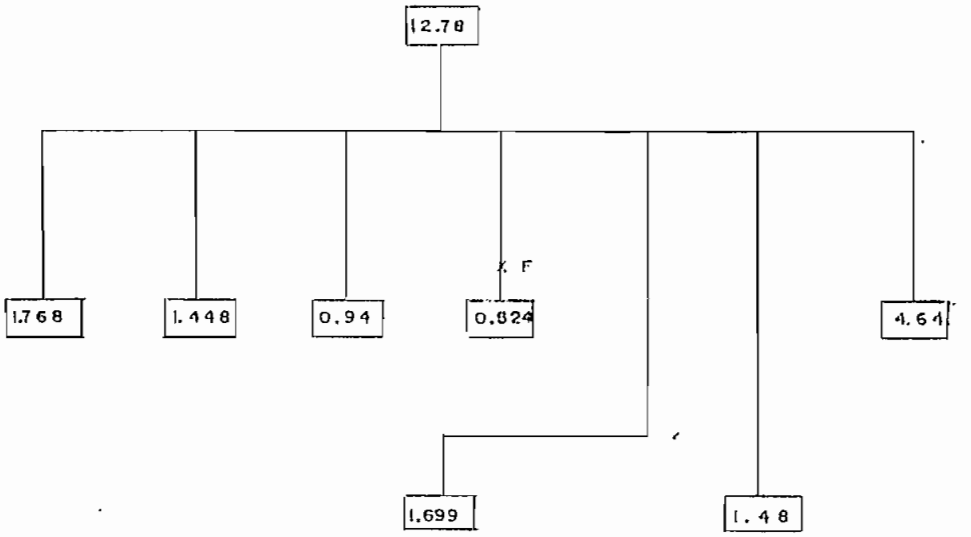


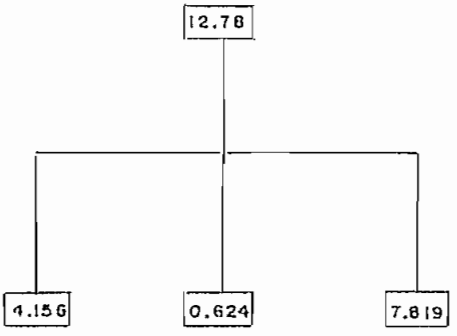


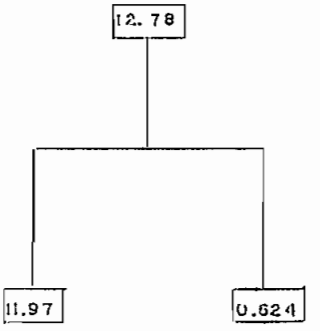
$$I_{cc(3\emptyset)} = \frac{21,163}{\sqrt{3}} \times 380$$

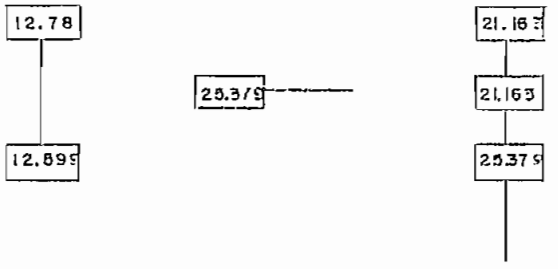
$$= 32154 \text{ A}$$

FALLA A TIERRA









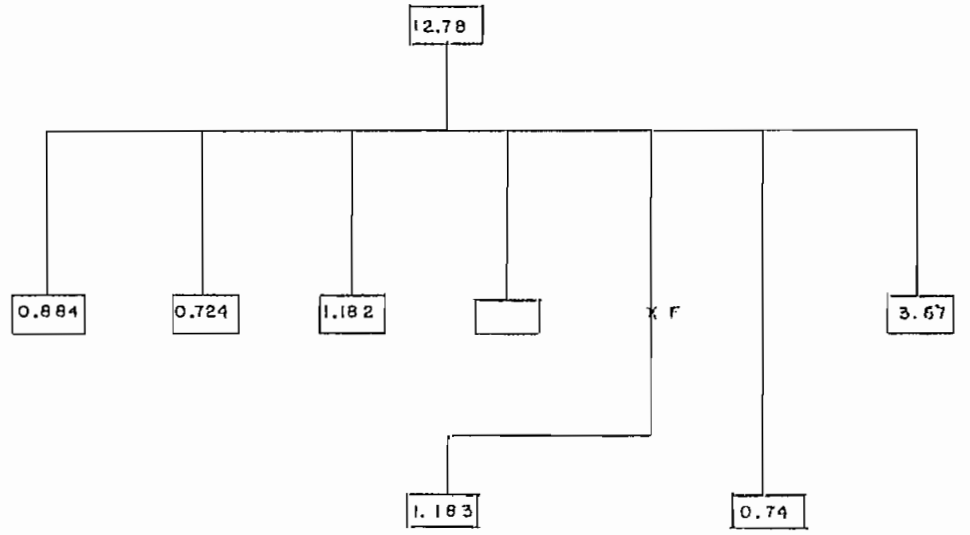
$$\frac{1}{MVA_{eq}} = \frac{1}{21.163} + \frac{1}{21.163} + \frac{1}{25.379}$$

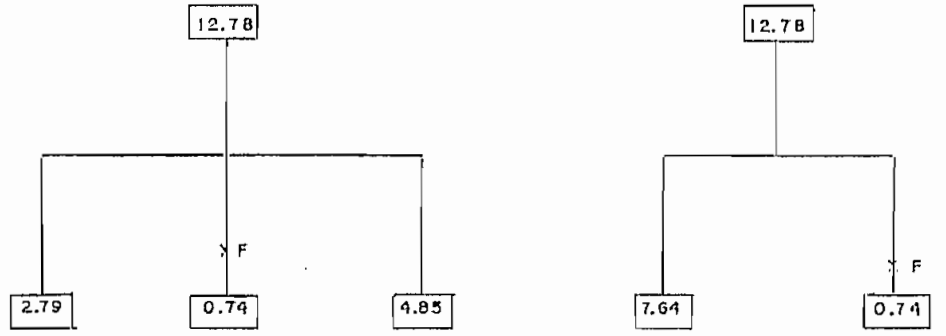
$$MVA_{eq} = 7.468$$

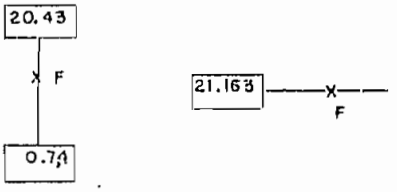
$$I_{cc(1\phi)} = \frac{3 \times 7.468}{\sqrt{3} \times 380}$$

$$= 34036 \text{ A}$$

REJA B



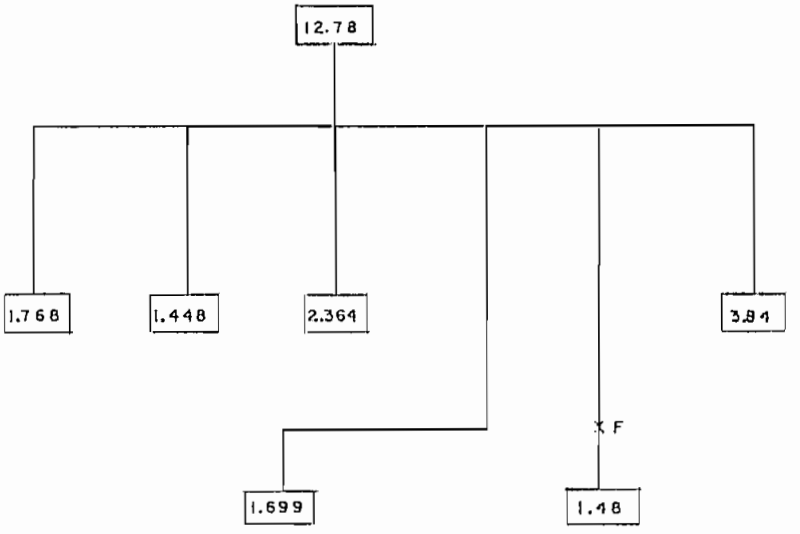


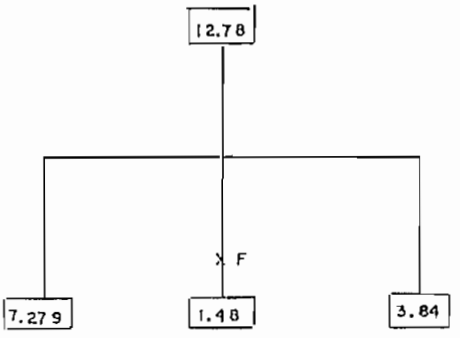


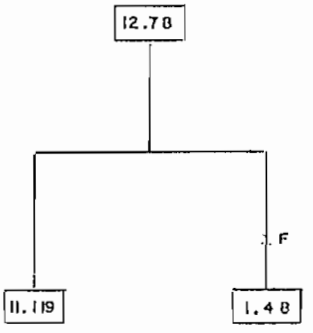
$$I_{cc\,(3\phi)} = \frac{21,163}{\sqrt{3} \times 380}$$

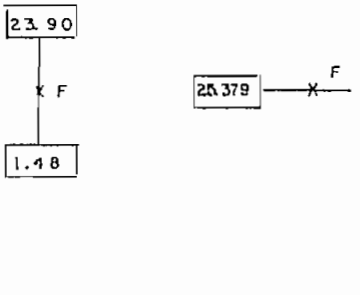
$$= 32154\ A$$

FALLA - TIERRA









$$\frac{1}{MVA_{eq}} = \frac{1}{21.163} + \frac{1}{21.163} + \frac{1}{25.379}$$

$$MVA_{eq} = 7,468$$

$$I_{cc\ (1\phi)} = \frac{3 \times 7.468}{\sqrt{3} \times 380}$$

$$= 34038\ A$$

Los valores de corriente obtenidos son simétricos; pero se debe tomar el efecto indicado (1.15 - 1.5) para obtener los valores de la corriente asimétrica, y que es necesaria para escoger la capacidad de interrupción de los elementos de protección.

PUNTO	Icc (fase-tierra)
F1	43290
F2	43290
F3	43290
F4	10398
ARMARIO 12	40193
REJA B	40193

PROTECCION DEL CIRCUITO EN ESTUDIO

Tomando en cuenta los conceptos del capítulo II, el circuito debe llevar los siguientes elementos:

- Elementos de ligación a la red

P = 41,6 KW

In = 85 A

	CONTACTOR	RELE TERMICO
	3TF50 SIEMENS	3UA60 SIEMENS

3.4 SELECCION DE DISPOSITIVOS DE PROTECCION (2), (3), (5), (6), (9), (16), (18), (19), (20).

La protección industrial no debe alejarse de sus principios a los cuales se destina; pero en sistemas industriales debe tomarse y considerarse lo siguiente:

a. Que las distancias de los circuitos a los motores son sumamente cortas.
b. Las potencias utilizadas son muy pequeñas, y
c. Que la protección se lleva más a los equipos, y depende de la falla que se pueda producir.

EQUIPO DE PROTECCION:

La capacidad y selección de los elementos viene a ser función de las condiciones térmicas y esfuerzos magnéticos que soportan los elementos, los cuales son sensibles al flujo de corriente, eliminando por tanto la parte que se halla afectada del sistema.

Entre los elementos principales dentro de la protección de las industrias se tiene:

a. Fusibles
b. Interruptores termomagnéticos de caja moldeada
c. Seccionador fusible de maniobra bajo carga
d. Interruptor automático de potencia para bajo voltaje
e. Relés

a. Fusibles

Se los utiliza para protección de sobrecorrientes o cortocircuitos francos, el propósito es eliminar lo más rápido posible la corriente de cortocircuito, que afecta grandemente a los equipos, y por ende la falla se elimina lo más pronto.

La función principal de estos elementos es la de proteger contra los cortocircuitos, y también deben permitir el arranque de motores.

Los fusibles a utilizarse dentro de industrias son generalmente de bajo voltaje; y deben poseer: dimensiones, corriente y voltaje, establecido por los respectivos fabricantes, normalizados. Un calentamiento normal o el paso de la corriente nominal, no debe producir la fusión o alteración de las propiedades. Al fundirse, se debe reemplazar por otro de iguales características, pues de lo contrario la protección no es garantizada. Para la selección del fusible adecuado, se debe considerar los siguientes factores:

1. Rango de voltaje de operación
2. Rango de corriente
3. Rango de interrupción
4. Rango de limitación
5. Selección para coordinar con otros elementos del sistema.

Sobre los puntos indicados arriba, se señalará lo siguiente:

El rango de voltaje que tenga el elemento a utilizarse debe ser i-

gual al del circuito en el cual se va a aplicar el fusible. No es recomendable la utilización de fusibles de cierto valor normal marcado en ellos, en sistemas que exceden el valor indicado.

El rango de corriente se debe seleccionar de acuerdo al tipo de carga. La corriente que circula normalmente debe ser el equivalente de la carga aplicada y a una temperatura de 25°C. La operación de estos elementos se ve afectada por la temperatura. Los fusibles poseen la capacidad para abrir el circuito bajo severas condiciones de falla, destruyéndose violentamente.

Los fusibles de bajo voltaje, poseen rangos de interrupción de orden de: 50.000 - 10.000 - 200.000 A. RMS.

Los fusibles, como se ha dicho, brindan la protección adecuada a los cortocircuitos y además protegen a los conductores y otros elementos dentro del circuitos.

Fusibles con capacidad del 150 al 400% de la corriente nominal del motor son generalmente requeridos para permitir el arranque de los motores.

En el caso de usar relé de sobrecarga térmica y fusibles, la curva tiempo despeje del fusible debe interceptar a la curva térmica del relé térmico a corriente más de 10 veces.

Cuando los fusibles con retardo de tiempo son utilizados se debe seleccionar en acompañamiento a los relés térmicos, fusibles de capaci

dad de 115 a 125%, la corriente nominal del motor.

La capacidad de interrupción de los fusibles debe ser igual o mayor que la corriente de falla de cortocircuito.

En las tablas adjuntas se puede apreciar, los valores, tamaños y característica de los elementos fusibles utilizados dentro de la industria.

b. Interruptores termomagnéticos de caja moldeada

Los interruptores en sí, son aparatos de maniobra para proceder a la conexión y desconexión voluntaria o automática de circuitos, en los cuales las piezas que sirven para la interrupción están fijas sobre una base común.

Entre los interruptores de bajo voltaje, se tiene a los de caja moldeada (termomagnéticos).

Los termomagnéticos cortan al circuito bajo condiciones de carga. Tienen un mecanismo de operación de disparo libre, tipo articulado, con acción de cierre rápido-apertura rápida e indicación variable de la manija en sus tres posiciones: abierto, cerrado, disparado.

Los cortacircuitos contienen una unidad permanente de disparo, consistente de elementos individuales tipo térmico y magnético sobre cada polo; para cortocircuito de dos y tres polos el disparo es común.

Todos estos cortacircuitos son suministrados con un botón externo para comprobación de funcionamiento del mecanismo de disparo.

Entre las características principales se tiene:

a. Protegen contra sobrecargas y cortocircuitos.
b. La desconexión es automática y su reconexión es manual.
c. Se puede disponer con compensación de la temperatura ambiente, o sin ella.
d. Son baratos y de tamaño apropiado.

Terminología de los Cortacircuitos Termomagnéticos

1. Cortacircuito: dispositivo para abrir o cerrar un circuito por medios no automáticos y abrir automáticamente un circuito con una determinada sobrecorriente o corriente de cortocircuito.

2. Termomagnético: describe un cortacircuito que tiene simultáneamente disparo con característica de tiempo inverso (térmico) e instantánea (magnético).

3. Disparo instantáneo: indica que ningún retardo de tiempo ha sido introducido en la acción de disparo.

4. Tiempo inverso: que se ha introducido un retardo de tiempo en la acción del disparo. Este retardo decrece a medida que la corriente aumenta.

5. Disparo instantáneo ajustable (sólo magnético): describe la acción sobre el disparo instantáneo (magnético) de un cortacircuito pero no sobre el disparo con característica de tiempo inverso (térmico).

6. Cortacircuito en caja moldeada: interruptor que abre sólo en respuesta a la acción de un operador. No tiene protección de sobrecorriente.

7. Botón de disparo: es un botón que dispara mecánicamente al interruptor simulando el disparo por sobrecorriente.

Los interruptores de caja moldeada son especialmente utilizados en la protección de derivados; el costo es muy razonable en comparación a otros elementos.

TABLA DE FUSIBLES

TIPO	INTENSIDAD NOMINAL											
	5	8	10	12.5	16	20	25	31	40	50	63	x
MH-00	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	
	6.8	11	13.5	17	22	27	34	43	55	68	85	xx
	10	12.5	16	20	25	31	40	50	63	80	100	x
MH-0	20	15	32	40	50	63	80	100	125	160	200	
	13.7	17	22	27	34	43	55	68	85	110	137	xx
			25	31	40	50	63	80	100	125	160	x
MH-1			50	63	80	100	125	160	200	250	315	
			34	43	55	68	85	110	127	171	217	xx
				50	63	80	100	125	160	200	250	x
MH-2				100	125	160	200	250	315	400	500	
				68	85	110	137	171	216	274	343	xx
						100	125	160	200	250	300	x
MH-3						200	250	315	400	500	630	
						137	171	216	274	343	407	xx
								250	300	375	450	x
MH-4								500	630	800	1000	
								343	407	509	610	xx

Las intensidades de las tablas corresponden a valores normalizados.
Si se desea utilizar fusibles tipo gl en la protección de motores, se recomienda seleccionar los de intensidades nominal 1,6 veces superior a las del cuadro.

x Para fusibles gl: potencia máxima del equipo a proteger en KW a 380 V.
xx Para fusibles aM: potencia máxima del motor a proteger en CV a 380 V, cuando se utiliza en acompañamiento con relés térmicos de sobrecarga.

TABLA No. 3

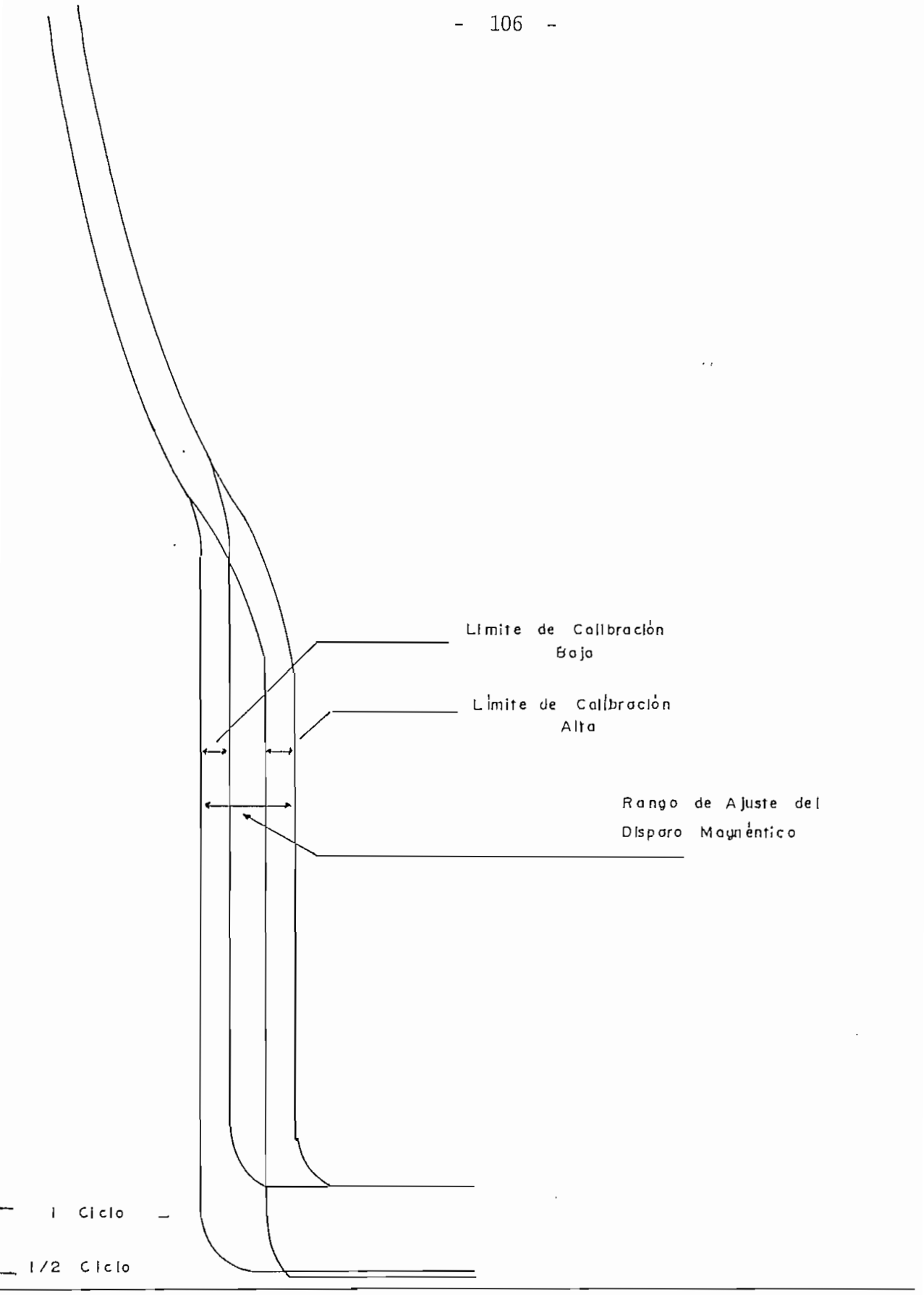
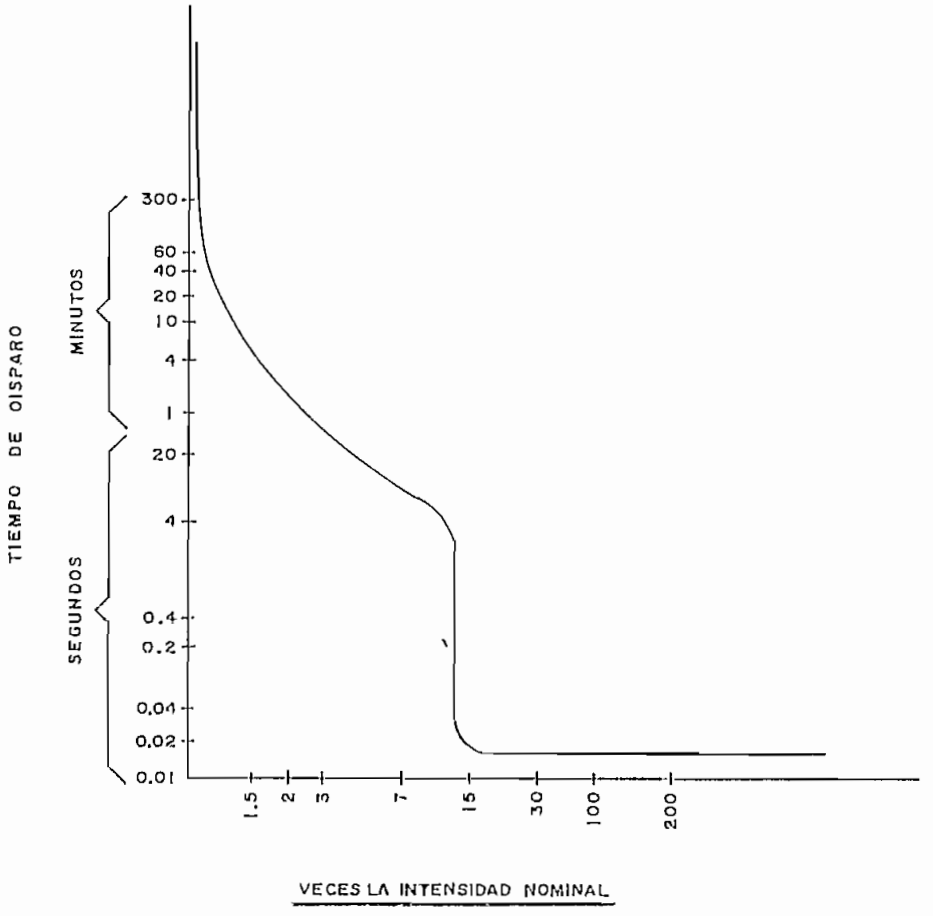

Límite de Calibración Baja
Límite de Calibración Alta
Rango de Ajuste del Disparo Magnético
1 Ciclo
1/2 Ciclo
Múltiplos de la Corriente Nominal

FIGURA No. 6



a = disparador de retardo dependiente de la corriente, estando el disparador frío. Con el disparado caliente por el servicio, se reduce el tiempo de disparo al 25% de los valores de la curva.

n = disparador de sobreintensidad no retardado (instantáneo).

FIGURA No. 7

c. Seccionadoras-fusible de maniobra bajo carga

Son aparatos destinados a conectar y desconectar sin peligro alguno todos los polos y bajo carga, los equipos eléctricos acoplados tras ellos, junto con los cartuchos fusibles que sirven para proteger cortocircuitos. Dependiendo del tipo de fusible estos elementos, pueden dar protección contra las sobrecargas.

Estos elementos, cumplen con las normas VDE, y por tanto no es necesario utilizar equipos más sofisticados.

Utilizando fusibles de tamaño y poder de rupturas adecuados, se los puede utilizar en la protección de sistemas en los cuales el nivel de cortocircuitos es alto (100 KA), además son resistentes a las influencias climatológicas. Los cartuchos fusibles pueden fácilmente ser recambiados, a fin de que puedan verse vienen dos mirillas por cada polo, los datos característicos y el estado de los fusibles. Estos seccionadores fusibles de maniobras bajo carga, están disponibles en el mercado en el rango normal de 100-630 amperios.

d. Interruptores automáticos de potencia para bajo voltaje

Estos elementos brindan la adecuada protección contra sobrecargas y cortocircuitos: para proteger sobrecargas térmicas, tienen en cada uno de los polos elementos disparadores de sobreintensidad con retardo dependiente de la corriente.

Dentro de estos elementos se tiene aquellos utilizables para protección general del sistema, y su conexión y reconexión es automática (eléctrica), accionada por medio de bobinas. Vienen acoplados en su interior para ser disparados por intermedio de relés de sobrecorriente y relé de sobrecarga. Los interruptores con accionamiento por motor tienen un dispositivo de conexión rápida, tienen además un mecanismo de disparo libre e indicación de la posición de maniobra.

Dentro de estos tipos de interruptores se puede mencionar a los construidos por SIEMENS tipo 3WE tripolares.

e. Relés

Dentro de éstos se tiene a los relés térmicos, que son los que se utilizan en la protección.

Son destinados a controlar el calentamiento de los devanados de los motores, provocando la apertura del contactor cuando el calentamiento sobrepasa un límite establecido.

El calentamiento del bimetal de estos aparatos, puede obtenerse, bien por el paso directo de la corriente por él, bien por el paso de la corriente a través de una pequeña resistencia calefactora, dispuesta cerca del bimetal, o bien por la corriente proveniente de un transformador de corriente.

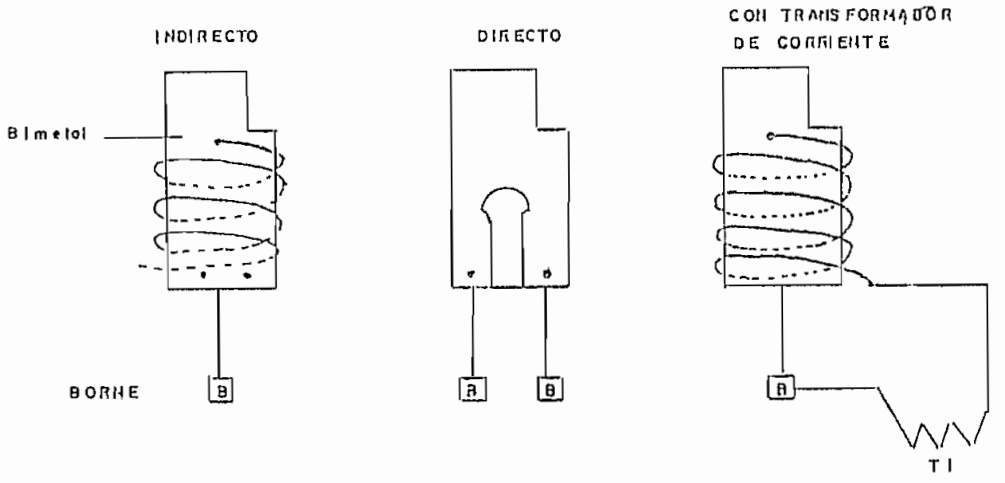


FIGURA No. 8

La figura 9 muestra el dispositivo del relé térmico normal, con los 3 bimetales que actúan sobre la reglilla deslizante, y está sobre un mecanismo que opera a un contacto. Los bimetales se deforman por el paso de la corriente absorbida por el motor. Al aumentar la corriente, más aumenta la curvatura de los bimetales, actuando la reglilla, que activa al tope de disparo.

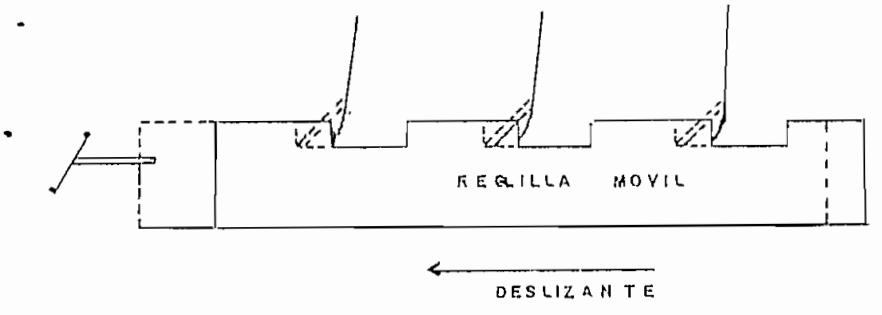


FIGURA No. 9

Curva del Relé Térmico

La curva del relé térmico es función de la intensidad. Estas curvas indican en la abcisa el valor de la intensidad en función de la corriente nominal y en ordenadas el tiempo que tarda en producirse la desconexión. Estas curvas características son proporcionadas por los fabricantes.

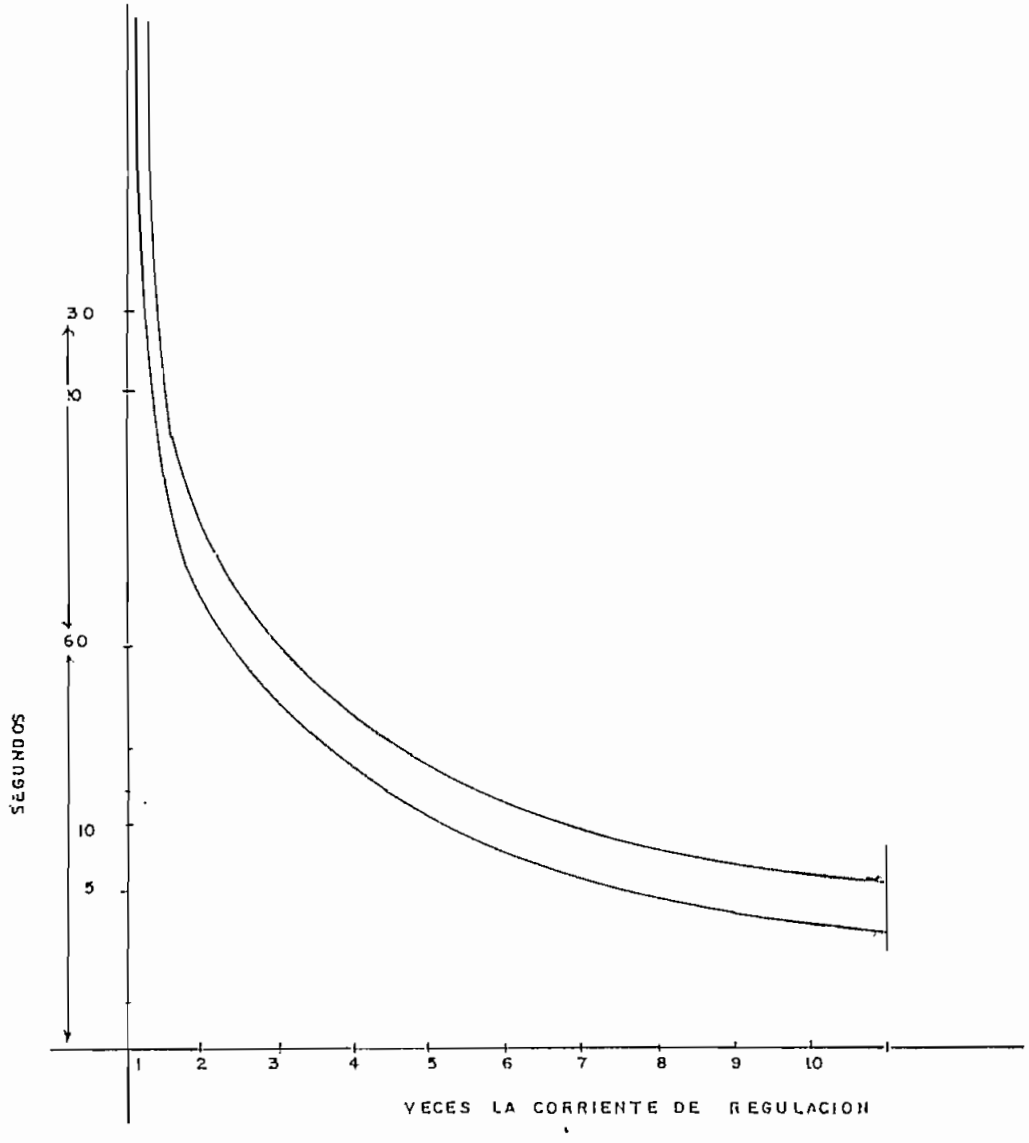


FIGURA No. 10

Relés Térmicos con Dispositivo de Disparo Diferencial

Al protegerse a un motor trifásico contra daños por sobrecargas, se utiliza comúnmente dispositivos conocidos como GUARDAMOTORES (contactor-protector) que tiene como misión provocar el paro del motor en caso de que la intensidad sobrepase cierto valor.

Estos guardamotores son en sí compuestos de los elementos: un contactor que tiene el deber de ligar el motor a la red y de un relé térmico que tiene como misión desconectar al motor cuando la corriente sobrepase el límite establecido por él.

Sin embargo se puede decir, que los relés normales no ofrecen la suficiente garantía para proteger al motor por falta de fase, especialmente cuando el motor está conectado en triángulo.

Se puede afirmar con certeza que la mayoría de los motores dentro de la industria se queman, porque les ha faltado una fase, a pesar de que el relé térmico estaba bien elegido y además bien regulado en su valor.

De acuerdo a las normas establecidas, el motor debe soportar en forma continua la plena carga, con tensión y frecuencia nominales, y deberá soportar sobrecargas del 20% durante 1 hora y del 50% durante 2 minutos. Por ello, es necesario que un buen relé térmico cumpla con lo mencionado.

Analizando un ejemplo típico: de un motor conectado en triángulo las corrientes se distribuyen en las tres fases y en dos fases.

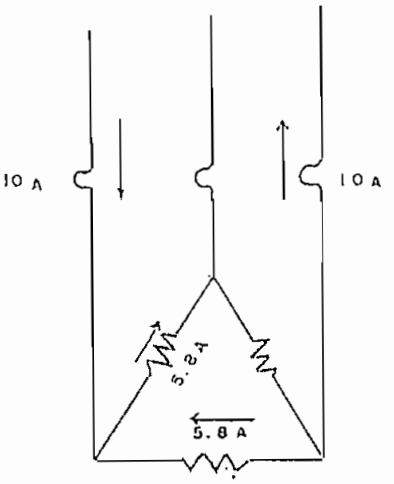


FIGURA No. 11

En la figura 11 por el relé circulan 10 A; por el devanado debe circular 5,8 A. Una sobreintensidad del 10% (11 A), hace que por el bobinado circule 5,8 x 1,1 = 6.4 A, insuficiente para disparar al relé térmico y de quemar el motor.

En la figura 12 se ve que no existe una fase (cualquiera de ellas).

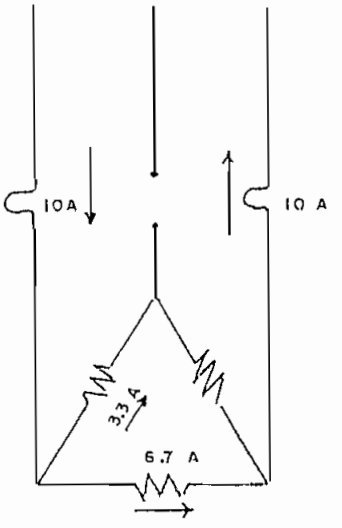


FIGURA No. 12

En los devanados del motor, dos de ellos están en serie y circulará una corriente de 10 x 1/3 = 3.3 A, valor inferior al nominal; y por el otro circulará 10 x 2/3 = 6.7 A., equivalente a una sobrecarga del 14% y el relé aún no desconectará.

Pero con una sobrecarga del 10%, por los devanados circula una corriente de:

$$I\ 1 = 11 \times 1/3 = 3.7$$

$$I\ 2 = 11 \times 2/3 = 7.3\ A$$

El segundo devanado acusa una sobrecarga de 27%, ya perjudicial para el motor, y el relé térmico normal aún no disparará.

Intensidad del relé	% de sobrecarga	Sist. equilibr.				Sist. desequil.			
		Bobinados			% Sobre carga	Bobinados			% Sobre carga
		R	S	T		R	S	T	
10	0	5.8	5.8	5.8	0	3.3	3.3	6.6	14
11	10	6.4	6.4	6.4	10	3.6	3.6	7.3	27

Por tal motivo es necesario utilizar relés térmicos capaces de poder distinguir si la sobrecarga es simétrica y comportarse como un relé normal, o si la sobrecarga es desequilibrada (falta de fase), produciendo la desconexión del motor aún en el caso de que la intensidad de circulación por el relé no sea superior a la tarada del relé.

Entre las características que deben tener estos relés se tiene:

- Protección térmica contra sobrecargas simétricas y asimétricas.
- Compensación contra las variaciones de la temperatura ambiente.
- Utilizable en corriente alterna, mono, bi y trifásica, si bien en sistemas monofásicos y bifásicos se debe tomar la precausión de conectar los bimetales en serie con el fin de que no se produzca el disparo por el sistema diferencial.
- Fácil regulación y gran sensibilidad en el ajuste.
- Reconexión manual y automática.
- Que cumplan las normas específicas más exigentes como las: UTE, VDE, IEC, BS, NEMA, etc.

Funcionamiento

El principio de funcionamiento se basa en la diferencia de curvatura de los tres bimetales de un relé térmico normal, cuando la corriente de fase que calienta a uno de ellos es diferente a las otras dos.

Estabilización de Bimetales

En la Figura 13 los tres bimetales levemente curvados, posición equivalente al estado de normal funcionamiento del motor. La reglilla D aún no ha alcanzado el tope V construido por láminas bimetálicas que mediante el botón R se puede desplazar acercándola o alejándola de la reglilla, según la regulación.

Sobrecarga Simétrica

En la Figura 14 se puede apreciar el funcionamiento en el caso de sobre-

carga simétrica. Los 3 bimetales curvados desplazan la reglilla T hacia la izquierda y el tope situado en la palanca B arrastra la reglilla D en el mismo sentido. Cuando la reglilla D alcanza la lámina de regulación V queda parado, pero cuando la lámina sigue actuando sobre la reglilla T, el centro basculante de la palanca B avanza hacia su izquierda venciendo la posición de la varilla Z que al actuar sobre la excéntrica E la hace girar hacia la derecha, provocando el disparo del relé.

Sobrecarga asimétrica

En la Figura 15 indica la forma de actuar el relé en caso de asimetría. En este caso los bimetales 1 y 3 están en la posición de funcionamiento normal, en tanto que el otro (2), por el que no circula corriente se desplaza hacia la posición de estado frío. En este movimiento arrastra la reglilla D hacia la derecha y mediante el tope B hace girar dicha palanca alrededor del centro basculante que permanece parado, hacia la derecha. Esta rotación de la palanca B, desplaza hacia arriba la varilla Z, que venciendo la excentrica E hacia la derecha, provoca el disparo del relé por ausencia de una fase.

El disparo por sobrecarga asimétrica se produce aún en el caso de que el relé esté bien ajustado, al ser independiente del tope de regulación V.

Regulación del Relé Térmico

Es recomendable que este valor sea siempre ligeramente superior al que realmente consume el motor en funcionamiento.

La regulación del relé debe elegirse siempre de forma que la intensidad nominal quede comprendida en la zona en la cual el relé puede actuar.

Se sitúa el índice de regulación en la posición MAX, hasta que se produzca la estabilización térmica del motor, luego mover suavemente la perilla de regulación hasta la posición MIN, hasta que se produzca la desconexión del relé. Una vez que ha disparado y después de un pequeño tiempo de enfriamiento de los bimetales, se desplaza moderadamente el botón en sentido contrario, en donde el motor quedará listo para trabajar.

Se recomienda que, a los relés térmicos no se los ponga en la posición de rearme automático.

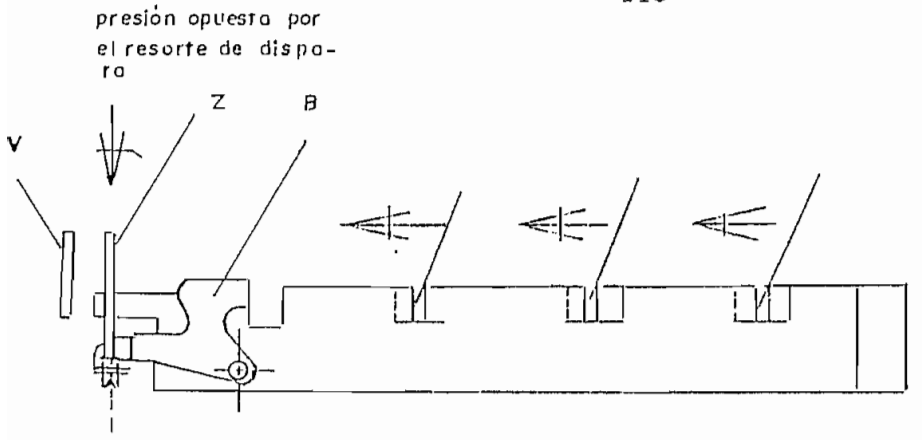


FIG. No 13

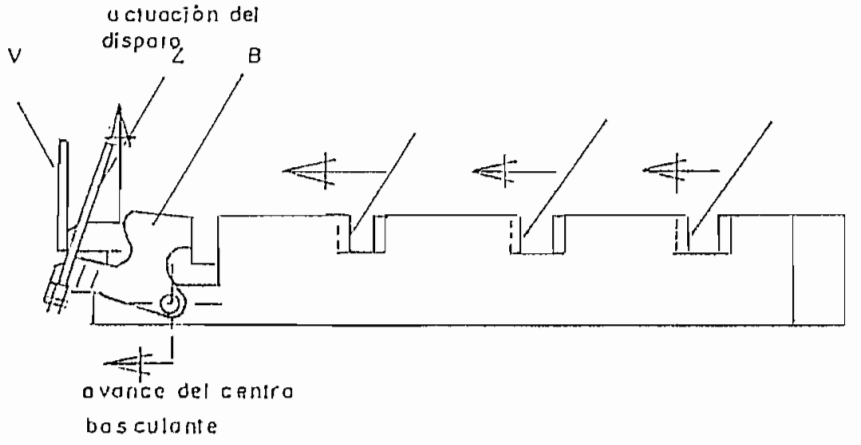


FIG. No 14

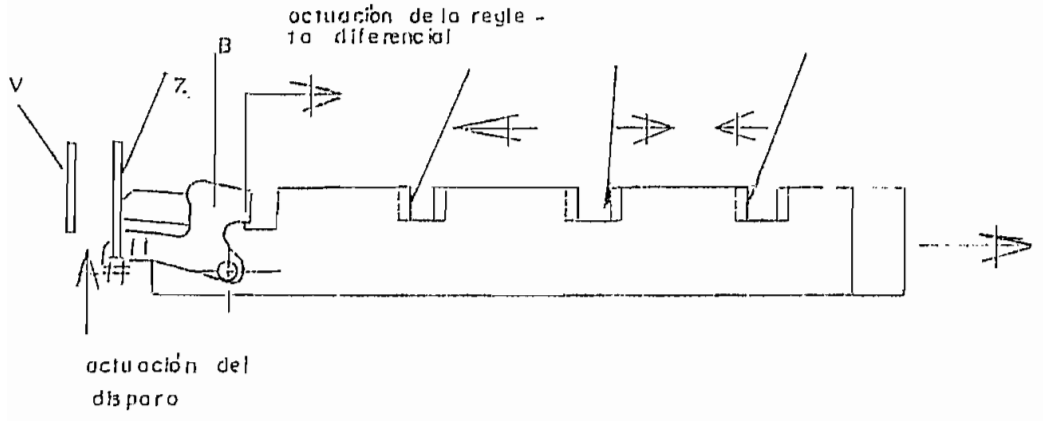


FIG. No. 15

3.4.1 PROTECCION DE MOTORES (1), (4), (5), (9), (15), (16), (17)

Es bastante conocido que dentro de la industria el motor se constituye como el caballo de carga, es decir es el instrumento que realiza todo el trabajo mecánico. Por este motivo, se debe tratar de protegerlo de la mejor forma.

Una corriente más elevada que la corriente nominal del motor puede dañar o reducir la vida útil del motor, ya que puede deteriorar el aislamiento.

Por ello corrientes de corta duración pueden producir deterioro del aislamiento y aún más aquellas que tienen una duración más larga; por lo que se debe tener mucho cuidado con las corrientes de cortocircuitos (sobrecorriente) y las fallas a tierra.

Estos cortocircuitos y fallas a tierra, se sabe por estudios de circuitos, que son las que presentan corrientes muy elevadas a las normales. Por estas razones a los motores se debe protegerlos de sobrecargas y de los cortocircuitos.

Es conveniente tener presente que un motor presenta calentamiento por efecto de las pérdidas en el cobre, las mismas que son proporcionales al cuadrado de la intensidad y de las pérdidas en el hierro las que son constantes a una tensión dada.

Ya en la realidad los motores asincrónicos (inducción) tienen una gran difusión dentro de las industrias, los mismos que se hallan sujetos a los

siguientes tipos de sobrecarga:

- Sobrecargas aplicadas constantemente por la máquina accionadā, debida a alguna anormalidad mecánica.

- Sobrecarga que simulan una anormalidad mecánica en la carga y que son debidas a que la tensión de la red llega muy reducida o debajo de su valor nominal.

- Las cargas mecánicas que retardan la aceleración y que en ocasiones, hacen que el motor pierda velocidad o que la alcance muy lentamente, la velocidad nominal. Esto ocasiona a que el motor absorba una corriente de arranque durante tiempos superiores al normal.

- Los ciclos de trabajo para servicio intermitente, cuyos frecuentes arranques y paradas provocan repetidas y elevadas corrientes.

- La falta de una fase en corrientes polifásicas, evita que el motor arranque, o bien causando una corriente excesiva si la falta se produce cuando el motor se halla en funcionamiento.

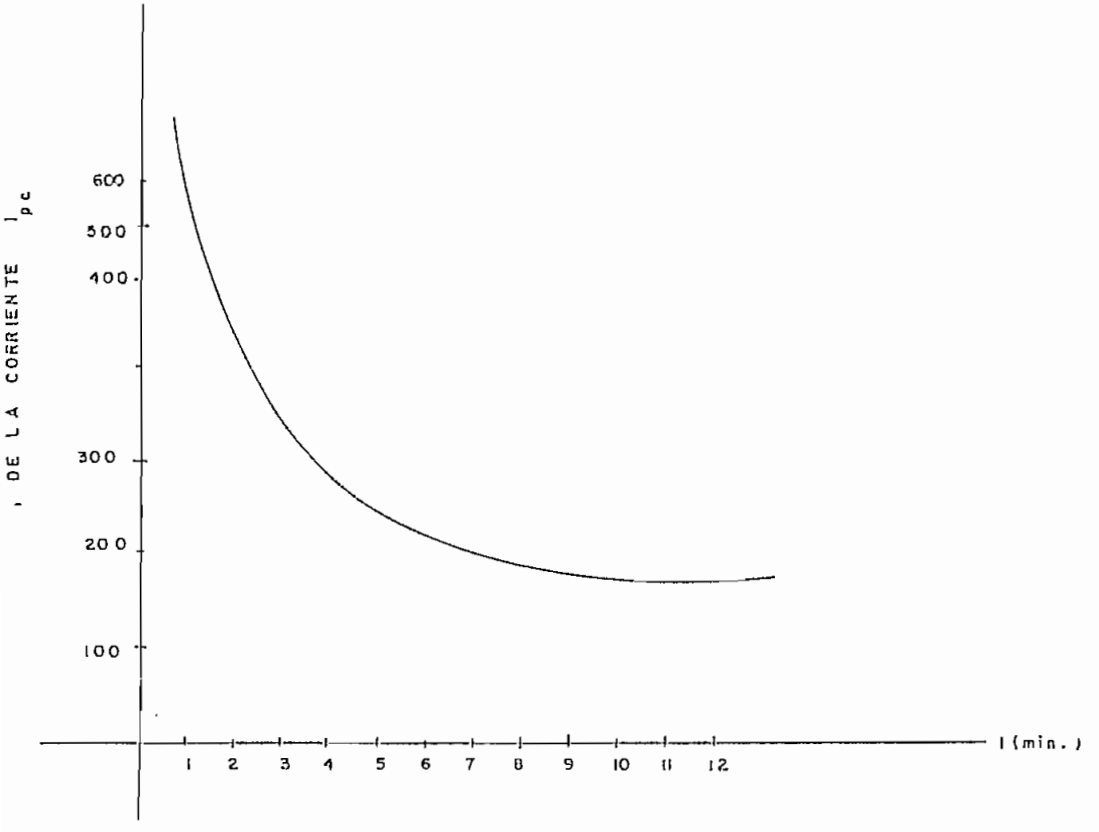
- Las elevadas temperaturas del medio ambiente en el cual se encuentra trabajando el motor, que incrementa aún más la temperatura normal del motor, aunque no sean excesivas las intensidades por las fases del motor.

Las sobrecargas producidas, lo que hace al motor es demandar una excesiva corriente por él.

La sobrecarga máxima que se pueda presentar será aquella que se produzca bajo condiciones de rotor bloqueado.

Mientras mayor sea la corriente que circula por los devanados del motor, más corto será el tiempo en que el motor se dañe o termine en quemarse.

La relación entre una sobrecarga y el tiempo se puede apreciar en el gráfico, que es una curva típica del calentamiento de un motor. (Figura 16).



CURVA DE CALENTAMIENTO
DEL MOTOR

FIGURA No. 16

Para obtener una adecuada protección es necesario que la característica de calentamiento del motor y del equipo a seleccionar tenga una forma idéntica.

De ello se puede deducir, que el elemento más eficaz para proteger al motor contra sobrecargas debe ser un elemento sensitivo de la corriente y con una curva similar a la de calentamiento del motor, y que debe abrir el circuito cuando se exceda de un cierto valor predeterminado.

De ello surge la inquietud de que se puede utilizar los fusibles para la protección indicada, pero no es así; ya que estos elementos deben soportar en el arranque de motores una elevada punta de corriente (del orden del 10 In) sin llegar a fundirse, o abrir el circuito. Para pequeñas sobrecargas el fusible no se enterará de lo que sucede, perjudicando por tanto al motor ya que puede llegar a quemarse en un determinado tiempo.

La protección básica que estos elementos ofrecen, es contra los cortocircuitos (sobrecorrientes).

Protección de Sobrecargas por Relés.-

El aislamiento de un motor es la parte más débil al calentamiento en un motor, esto se incrementa con el cuadrado de la corriente, y hace que el aislamiento se deteriore lentamente cada vez más; la vida del motor se ve reducida casi a la mitad por cada 10 °C de temperatura que sube, lo que hace indispensable en proteger adecuadamente al motor.

Los relés de sobrecarga son generalmente elementos básicos para brindar

esta protección y dar seguridad y lo que es más, son muy económicos, por este motivo se los considera de mucha importancia dentro de la protección de los motores.

La NEMA define a un relé de sobrecarga de la manera siguiente: como un dispositivo que funciona a un valor predeterminado de corriente, desconectando de esta manera a la carga de la respectiva fuente.

Los relés de sobrecarga pueden ser:

- Térmicos (1), y
- Magnéticos

De estos elementos (1) ya se habló en puntos anteriores.

En la selección de un relé térmico y tipo adecuado debe tomarse en consideración el tipo de motor, y la posible diferencia del aumento de temperatura, es decir, se debe considerar la placa de funcionamiento del mismo.

Debe tomarse muy en cuenta el tipo de relé, ya que en la práctica los relés térmicos normales no prestan una gran seguridad en la protección, debido especialmente a que se producen sobrecargas asimétricas y éste no logra detectarlas, especialmente en las conexiones en delta.

En estos casos, se debe pensar en colocar los relés térmicos compensados diferencialmente.

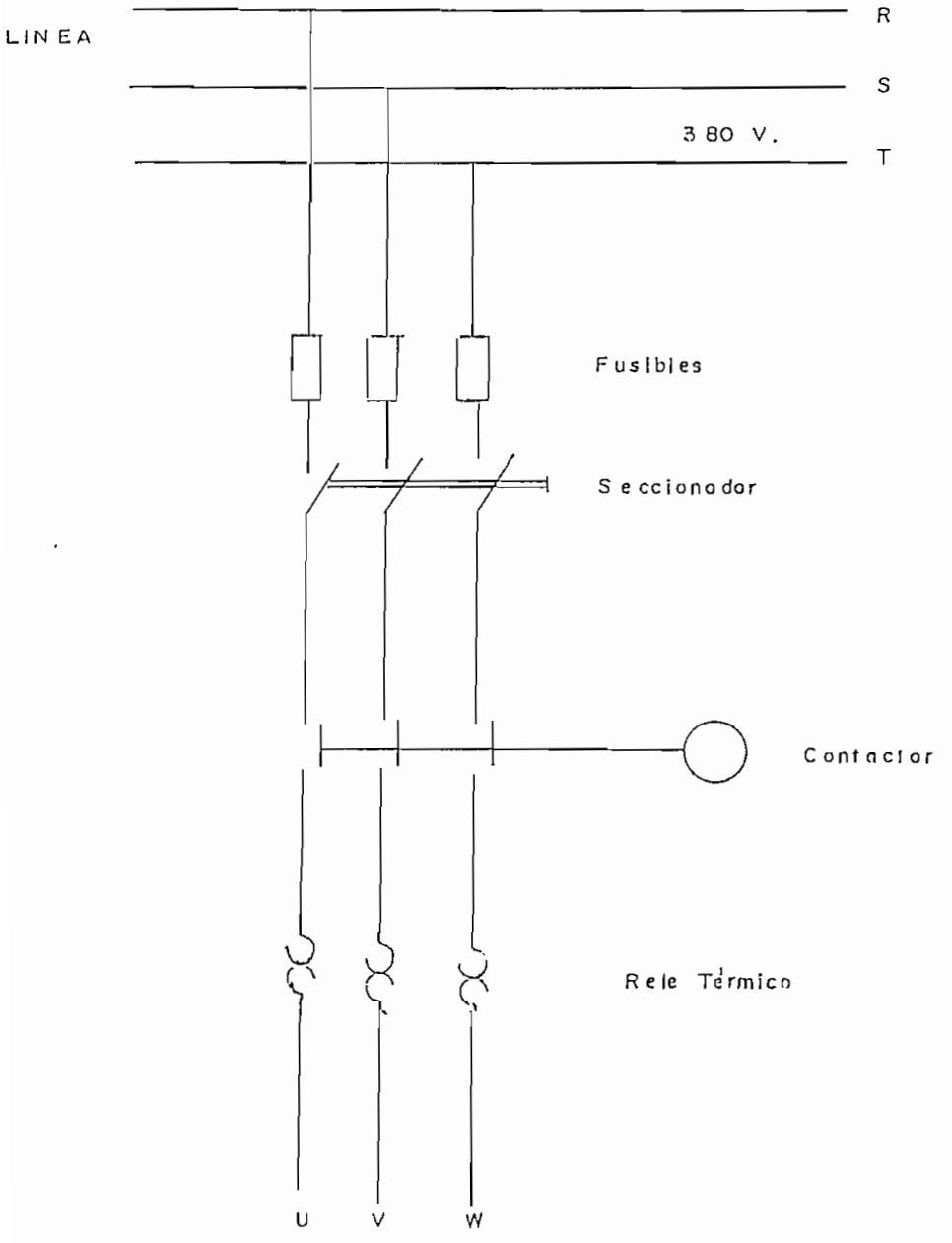
elementos, que normalmente son contactor, relé térmico de protección contra las sobrecargas y fusibles contra los cortocircuitos.

La misión del relé térmico es la de proteger contra las sobrecargas ocasionales hasta un límite de intensidad que será al menos igual a la intensidad absorbida por el motor durante el período de arranque, para más allá de estas puede dañarse.

En cambio los fusibles intervienen cuando la intensidad es superior a la establecida como máximo para las protecciones del relé térmico.

Es importante el uso de los fusibles para evitar la destrucción por cortocircuitos de estos dos elementos: contactor y relé térmico.

El esquema presentado a continuación deja ver una protección selectiva, donde cada uno de los elementos se protegen mutuamente y el funcionamiento de uno de ellos no produce desperfectos en los otros. (Fig. 17).



ESQUEMA DE SELECTIVIDAD

FIGURA No. 17

3.4.2 PROTECCION DE TRANSFORMADORES (1), (13), (16)

Para la selección adecuada de la protección se debe considerar los siguientes factores:

1. Corriente del transformador a plena carga

2. De acuerdo al NATIONAL ELECTRIC CODE.- Se da un punto de referencia que sirve para la limitación del tamaño del fusible a aparato de protección a usarse.

3. De acuerdo al ANSI.- Dice: para transformadores que posean una impedancia del 4% o menos, una utilización del mismo a 25 veces la corriente nominal durante 2 segundos es permitido.

   Para transformadores que posean una impedancia del orden del 7% o más una utilización de 4.3 veces la corriente norminal durante 5 segundos es permitido.

$$I_{ansi} = \frac{\text{Corriente de plena carga}}{Z \text{ p.u.}} \times 100$$

$$\text{Tiempo ansi} = Z\ \% - 2$$

La corriente de magnetización: que es del valor del 8-10 veces la nominal. Siempre su duración es de 0.1 segundos.

El escogetimiento de la protección de los transformadores, depende del tipo de falla y del grado de protección deseada. El elemento a

seleccionarse debe quedar comprendido dentro de las zonas formadas por los factores enunciados.

3.5 COORDINACION DE LAS PROTECCIONES (3), (4), (9), (13)

Como ya se ha mencionado uno de los aspectos importantes en el diseño es tener una adecuada protección a los equipos instalados y, evitar la salida de la mayoría de los alimentadores por fallas en los circuitos derivados.

Se debe fijar un criterio de operación en caso de falla de manera que opere en forma coordinada los elementos, a este criterio de coordinación se lo conoce como Coordinación de Protecciones y está basado en el análisis de las curvas tiempo-corriente de los diferentes dispositivos a utilizarse.

Dentro de la protección industrial son utilizados básicamente: fusibles, interruptores automáticos.

Por tanto se tiene los tipos clásicos de coordinación que son:

a. Coordinación fusible-fusible
b. Coordinación fusible-interruptor automático
c. Coordinación interruptor-interruptor

Es conveniente antes de tratar lo mencionado, hablar sobre el grado de protección exclusivamente de los circuitos derivados en los que intervienen comúnmente fusible-contactor y relé térmico de sobrecarga.

La mayoría de los circuitos derivados y que sirven a los motores presentan el diagrama de la Figura 18.

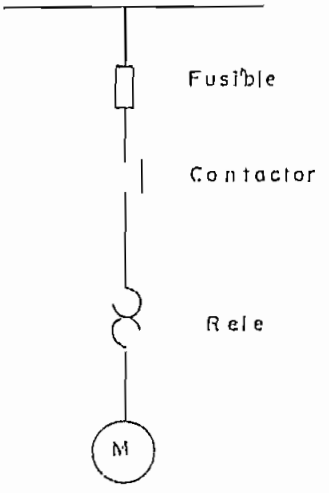


FIGURA No. 18

El contactor es utilizado para ligamiento del motor a la red, el relé de sobrecarga protege al motor, cable del motor y al contactor de las sobrecargas.

La protección contra cortocircuitos del contactor, relé de sobrecarga, cables de alimentación del motor y al motor en sí mismo, la brindan los fusibles.

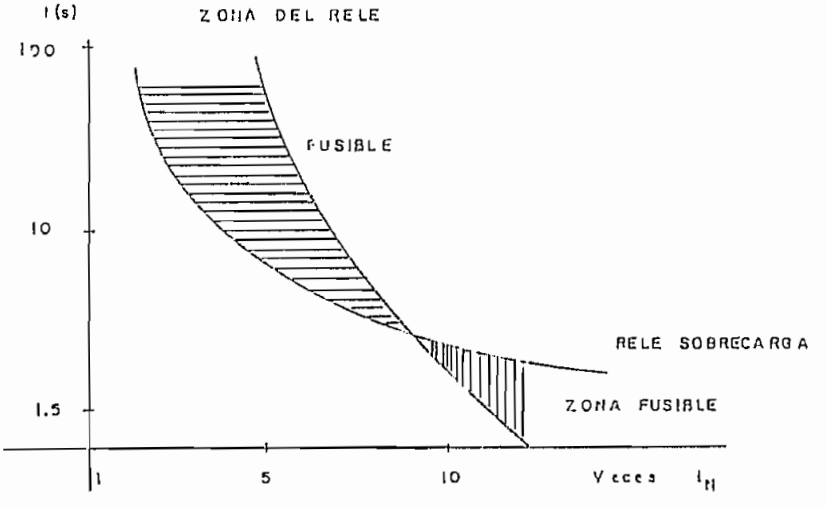


FIGURA No. 19

Por tanto, para cumplir los requerimientos de protección de los ramales, debe requerirse lo siguiente:

- La curva característica del relé de sobrecarga y del fusible son con retardo de tiempo, de forma que el motor pueda alcanzar la velocidad nominal.
- El fusible debe proteger al relé de sobrecarga de la destrucción por corrientes de cortocircuito, que excedan a la corriente nominal del relé. (Fig. 19).
- Los fusibles también deben interrumpir las corrientes elevadas que pueden destruir al contactor.

El fusible limita la corriente de cortocircuito a un valor más bajo. (Figura No. 20).

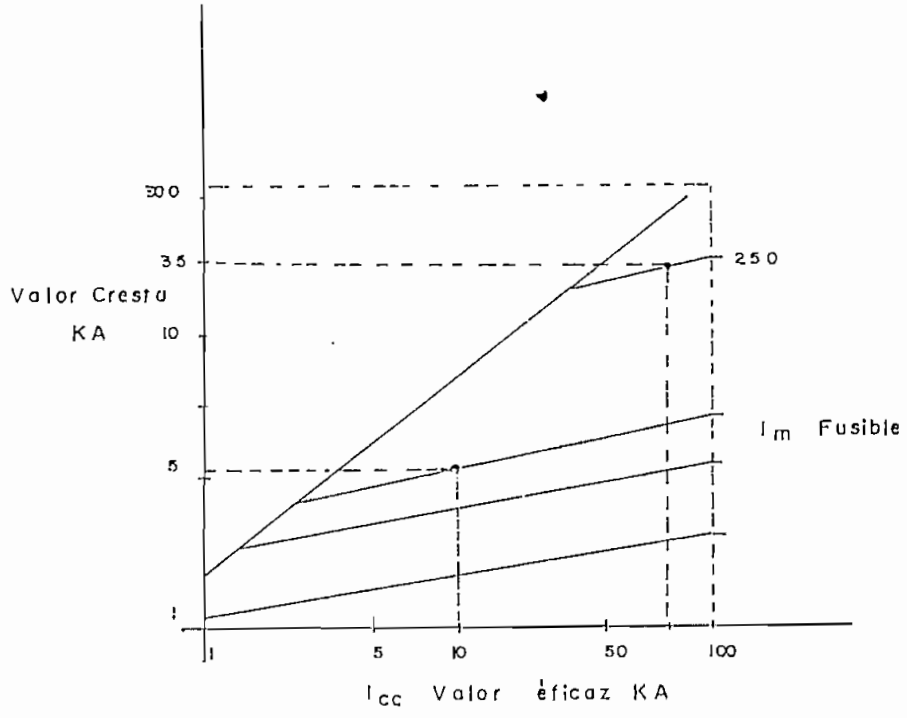


FIGURA No. 20

- Coordinación fusible-fusible.-

El fusible debe cumplir con un requisito primordial, que es el proteger contra cortocircuitos a los equipos.

Se debe empezar eligiendo al fusible denominado protección que es el que protege al equipo, luego se debe coordinarlo con otro llamado de respaldo.

Una regla esencial para la aplicación y coordinación de los fusibles es la siguiente:

$$\frac{\text{máximo tiempo despeje de protección primaria}}{\text{mínimo tiempo de fusión de protección respaldo}} = 0.75$$

El factor del 75% considera las variaciones de operaciones tales como: temperatura ambiente, sobrecarga y calor de fusión. Otro punto importante es que la corriente de carga en el punto de aplicación no debe exceder la capacidad de corriente del fusible.

El tiempo de despeje y de fusión son realizados por las casas proveedoras del elemento.

La adecuada coordinación entre fusibles se establece por medio de las curvas características tiempo-corriente.

Las curvas características de los fusibles no deben superponerse en ningún momento.

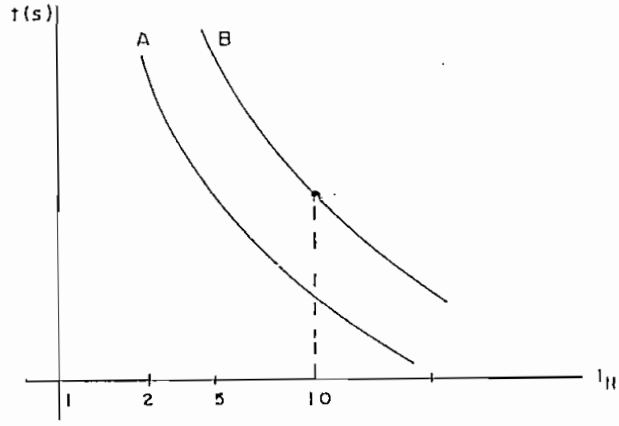


FIGURA No. 21

- Coordinación entre fusible-interruptor.-

Con estos elementos, debe también cumplirse con el requerimiento de las protecciones y coordinación: el fusible debe despejar un corto-circuito producido en A, mientras en B despeja el interruptor.

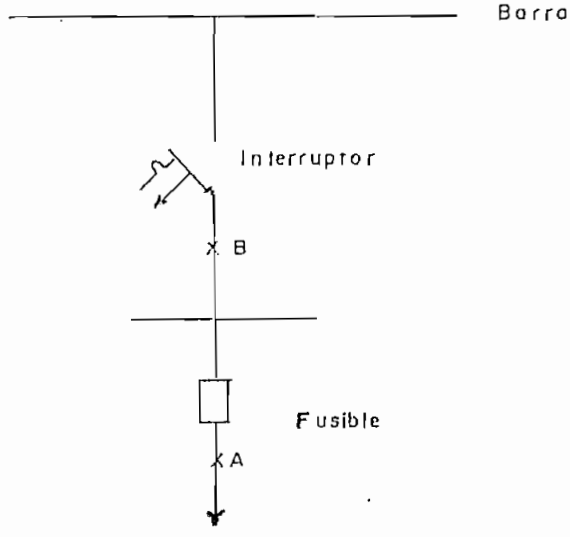
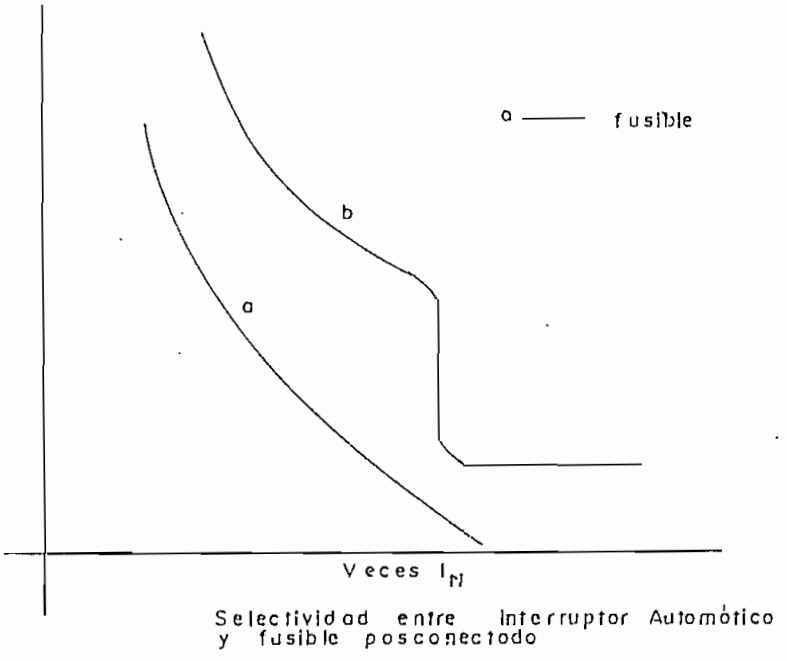


FIGURA No. 22

La curva del fusible debe encontrarse por debajo de la curva del interruptor automático.

Es decir que la coordinación se la realiza en base de las curvas tiempo-corriente de los elementos utilizados.



Selectividad entre interruptor Automático y fusible posconectado

FIGURA No. 23

- Coordinación entre interruptor-interruptor.-

Para la realización de la coordinación de estos elementos es indispensable también disponer de sus curvas características.

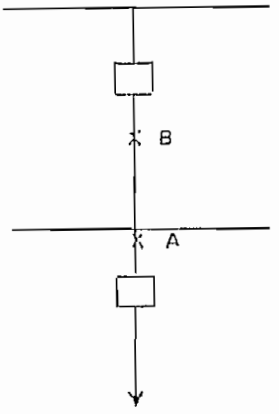


FIGURA No. 24

Aquí tampoco es permitido la superposición de las curvas de los interruptores.

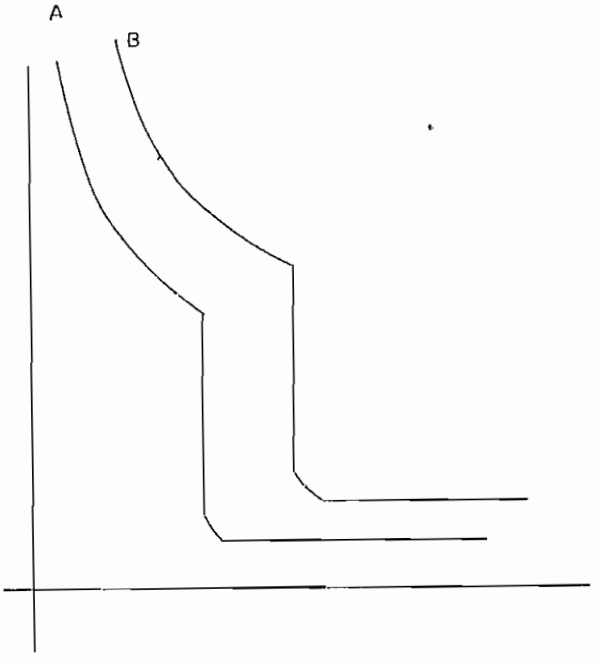


FIGURA No. 25

Es necesario poner de manifiesto que interruptores automáticos con limitación de corriente no es apropiado para escalonamiento selectivo con interruptores automáticos pospuestos.

La selectividad entre los dos interruptores automáticos es posible al presentarse un cortocircuito y de intensidades diferentes. La intensidad de reacción del interruptor automático colocado en primer lugar, se fija de forma que el valor esté situado por encima de la máxima intensidad de cortocircuito posible en el lugar de montaje del interruptor en segundo término. (Figura 25).

Si el cortocircuito es apenas diferente en los puntos de montaje de los interruptores automáticos, a consecuencia de la pequeña resistencia de los diferentes conductores, la selectividad se puede conseguir si el interruptor preconectado (B) dispone de disparadores electromagnéticos de retardo de tiempo.

Además, la intensidad de reacción del disparador de retardo de tiempo se debe regular a 1,25 veces como mínimo, el valor de la intensidad del interruptor automático posconectado (A).

COORDINACION DEL CIRCUITO EN ESTUDIO.-

Para la coordinación del circuito en estudio, es indispensable los siguientes puntos:

1. Tener el conocimiento adecuado de los elementos a utilizarse y las características de los mismos.

2. No permitir la superposición de las curvas características de los elementos.

3. Dibujar en gráfico conjunto las curvas tiempo-corriente de cada uno de los elementos en estudio.

4. Verificar que cada uno de los elementos despejen la falla, para los valores máximos y mínimos de corriente calculadas en el punto de aplicación.

Las curvas en conjunto de los elementos, se pueden apreciar en el gráfico 4, además se presentan las características de cada uno de los elementos individualmente. (Figs. 27, 28, 29).

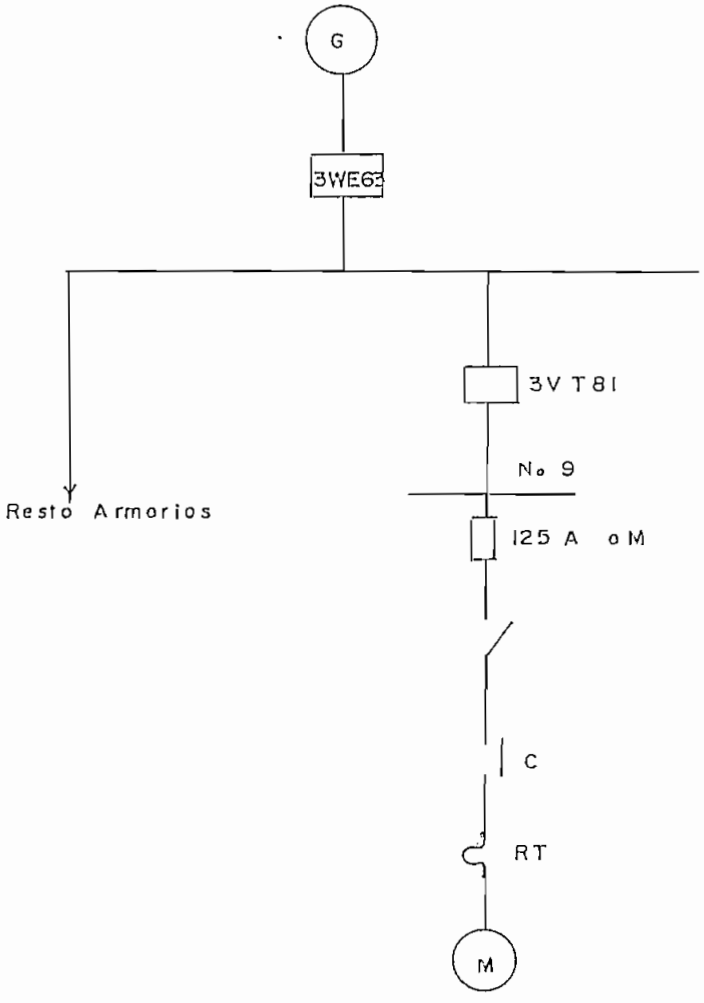


FIGURA No. 26

Es necesario indicar que los valores de corriente RMS calculadas y corriente pico permitida por los diferentes fusibles tipo aM utilizados dentro de las diferentes protecciones son:

1. Para Corriente Máxima (falla fase-tierra)

Fusible (amp)	I_{RMS} (A)	I_{PICO} (A)
25	34632	3200
40	34632	4500
63	34632	6500
80	34632	8000
100	34632	9500
125	34632	13000
250	34632	21000

2. Para Corriente Mínima (falla fase-fase)

Fusible (A)	I_{RMS} (A)	I_{PICO} (A)
25	27843	2400
40	27843	3900
63	27843	5900
80	27843	6700
100	27843	8900
125	27843	11000
250	27843	18000

Se debe manifestar que:

El tiempo máximo de despeje de los fusibles se toma como el 20% más del tiempo mínimo de fusión; debe satisfacer lo estipulado para los fusibles.

CURVA CARACTERISTICA TIEMPO-CORRIENTE

FUSIBLE 125 A. TIPO aM.

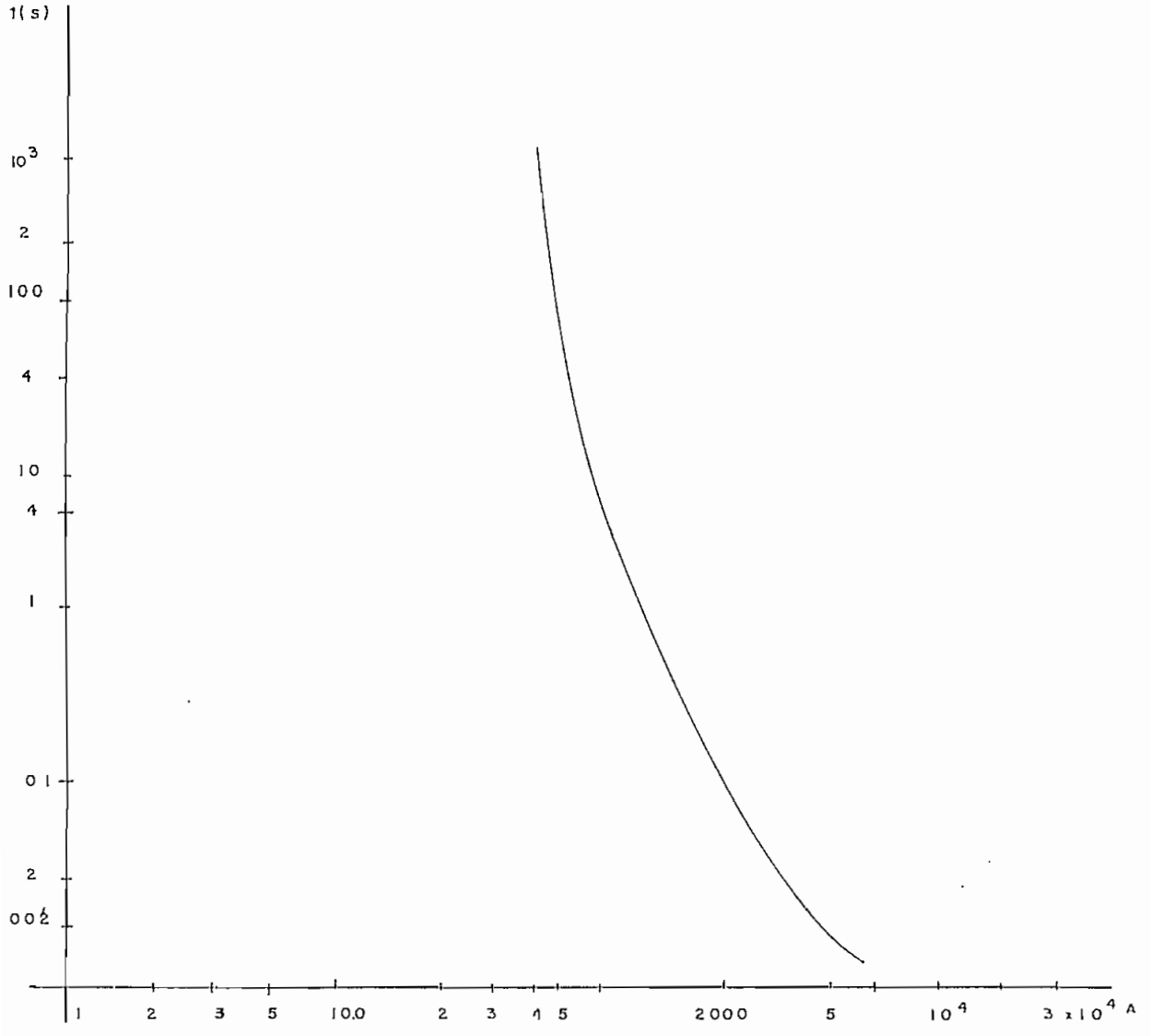


FIGURA No. 27

CURVA CARACTERISTICA DEL INTERRUPTOR AUTOMATICO

TIPO 3 VT 81

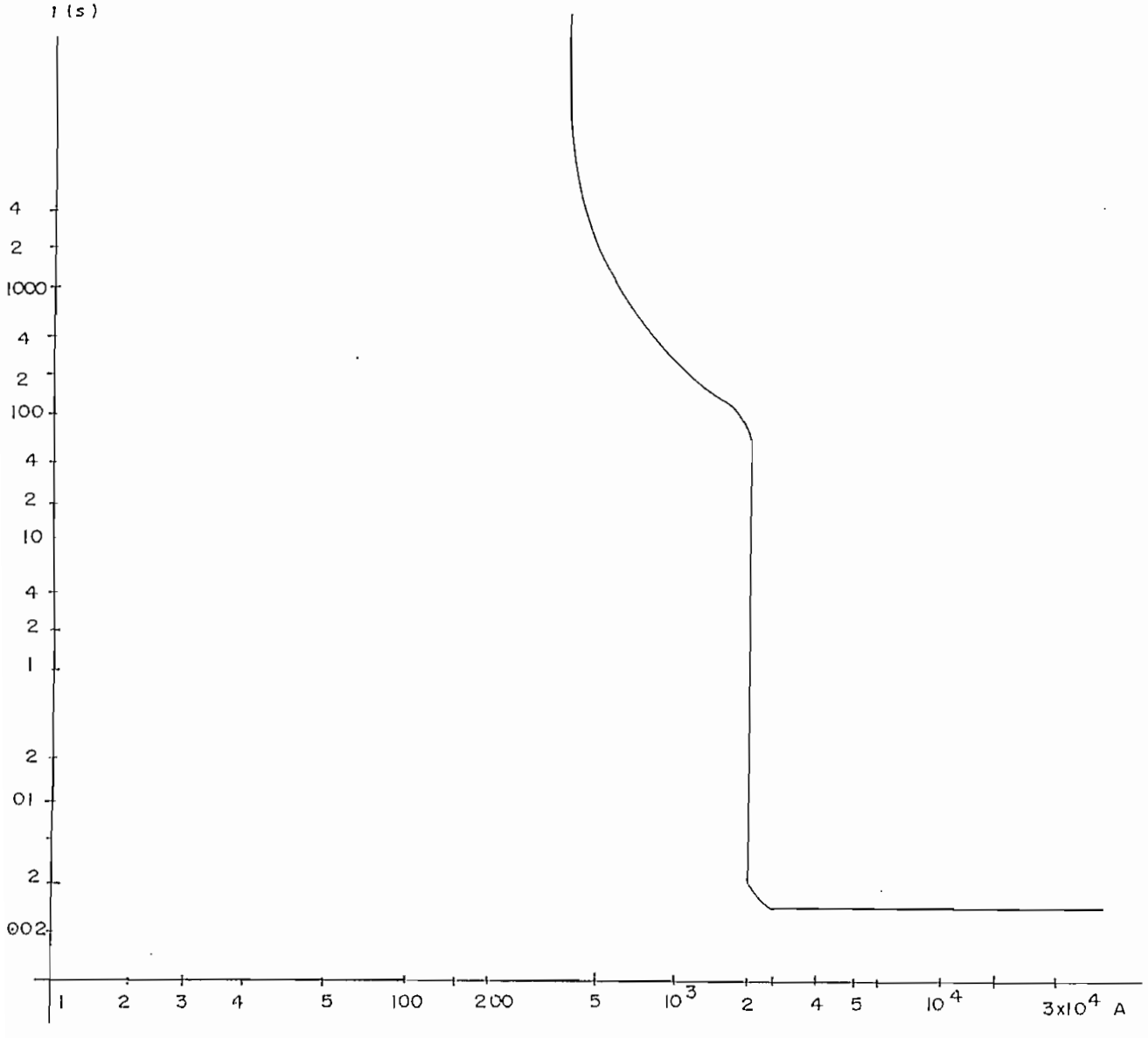


FIGURA No. 28

CURVA CARACTERISTICA TIEMPO-CORRIENTE

DEL ELEMENTO 3WE63

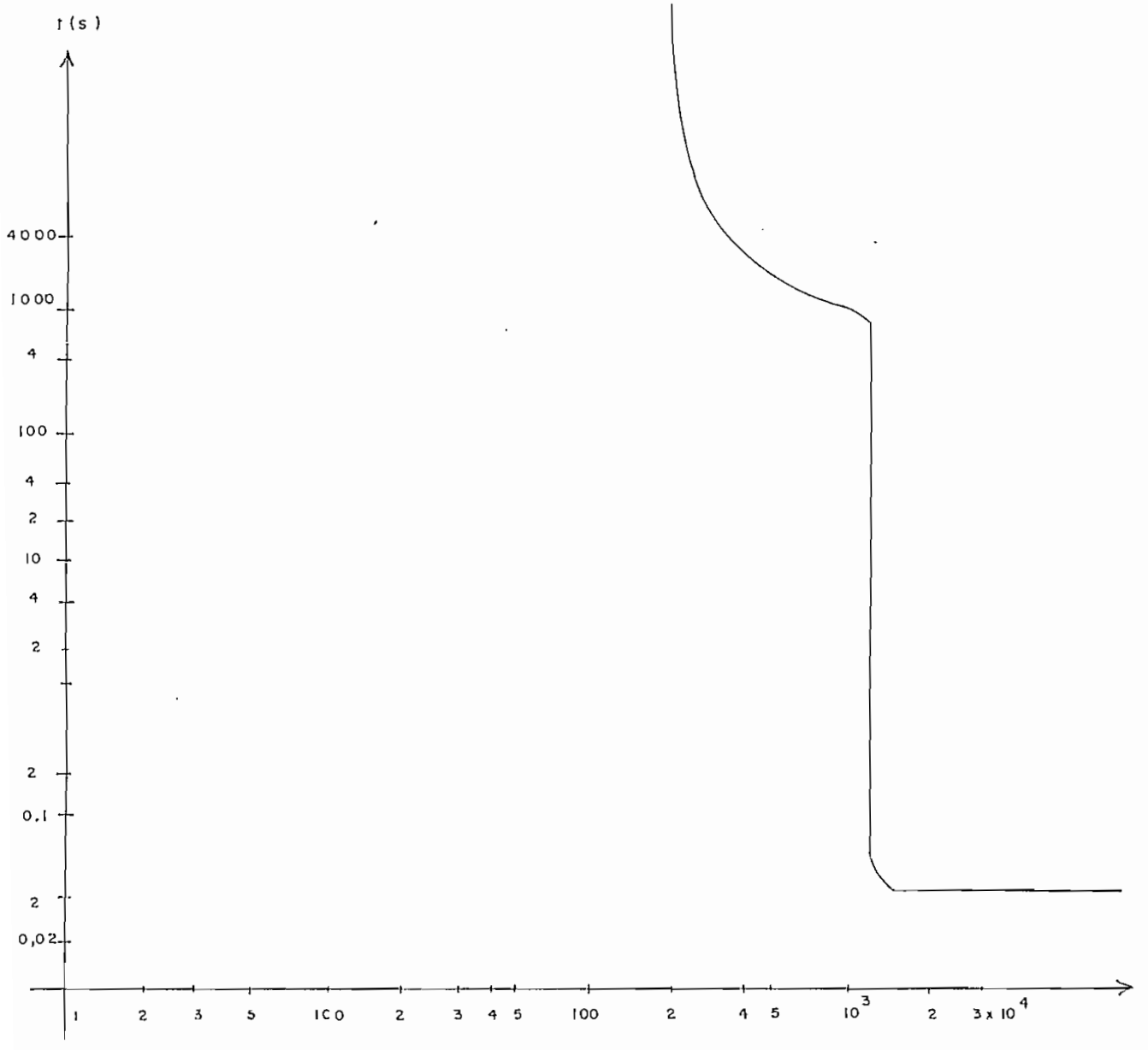
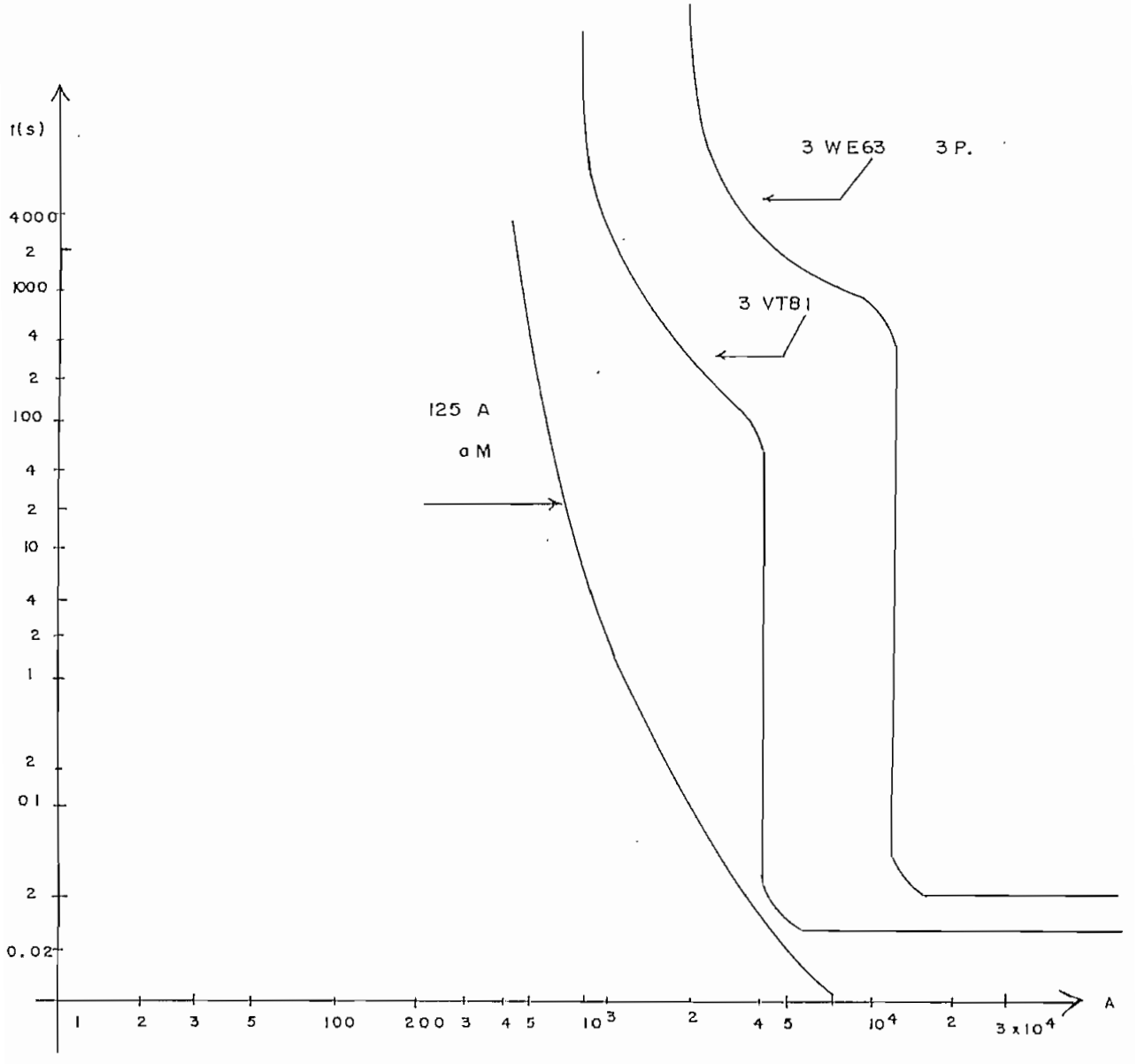
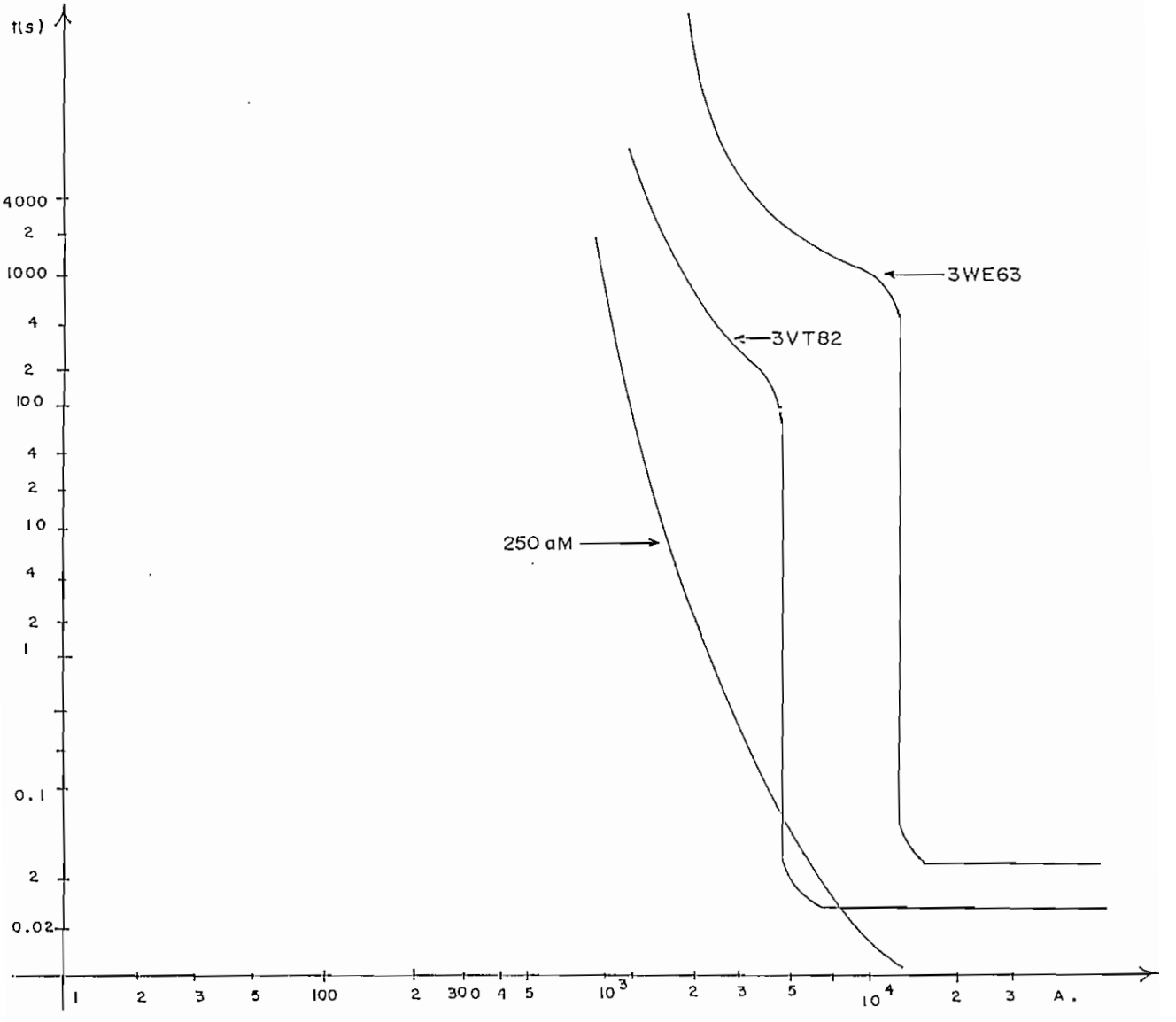


FIGURA No. 29



CURVAS CARACTERISTICAS DE TODOS LOS ELEMENTOS DE PROTECCION

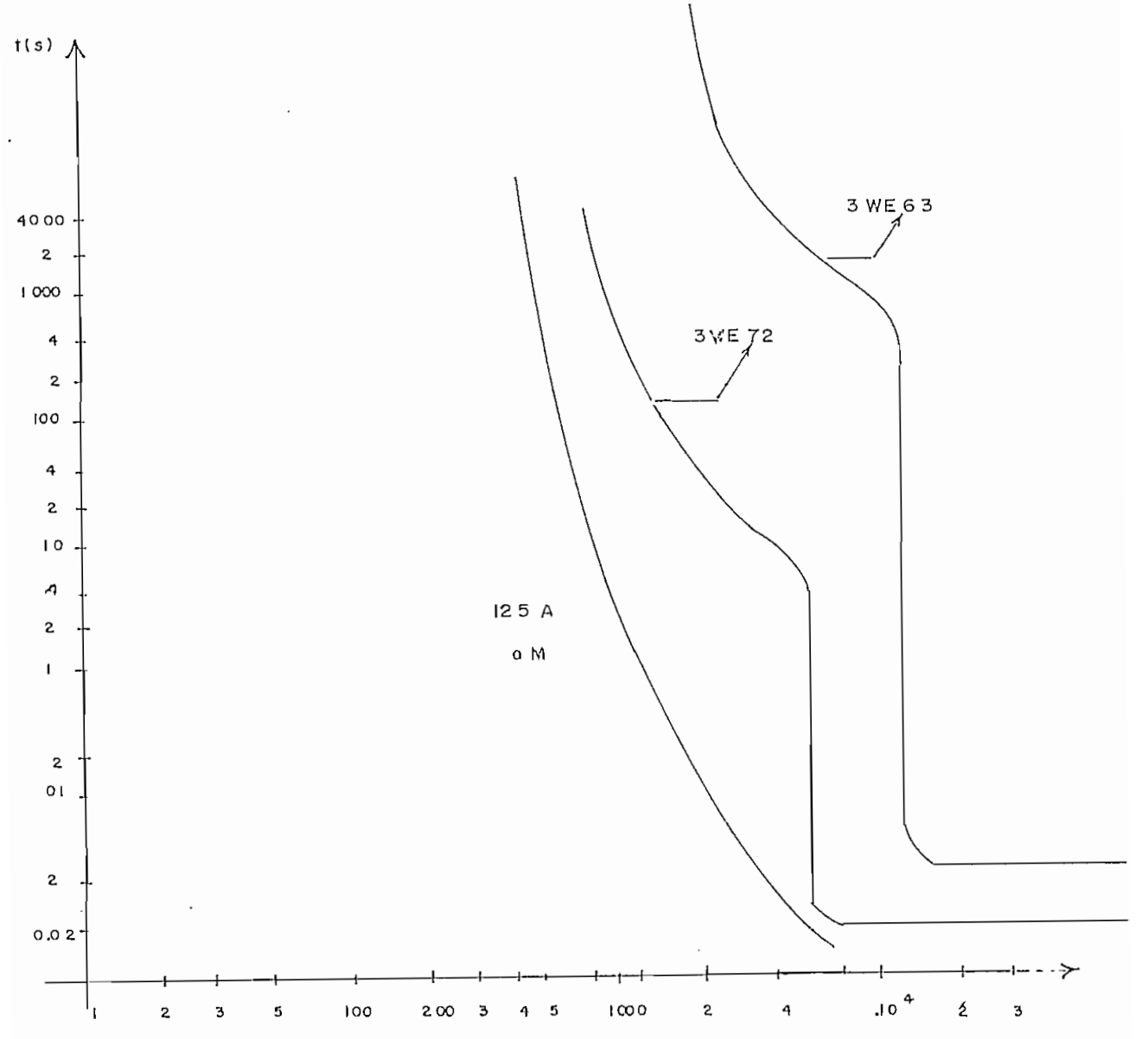
DE LA FIGURA No. 26



ARMARIO No. 1

FIGURA No. 30

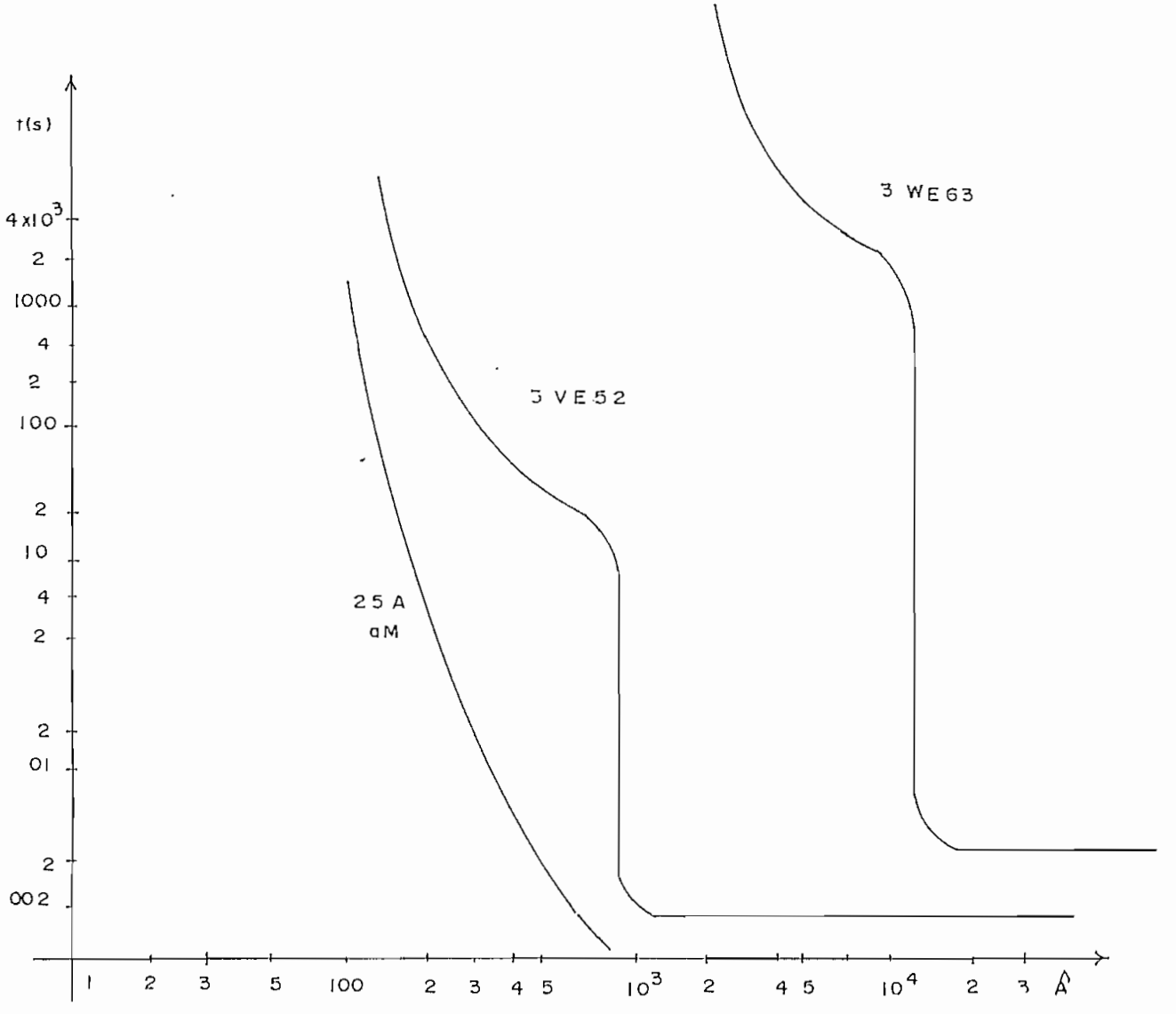
CURVAS CARACTERISTICAS DEL FUSIBLE DE 125 A DEL
INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 3VET2 Y DEL 3WE63



ARMARIO No. 2

FIGURA No. 31

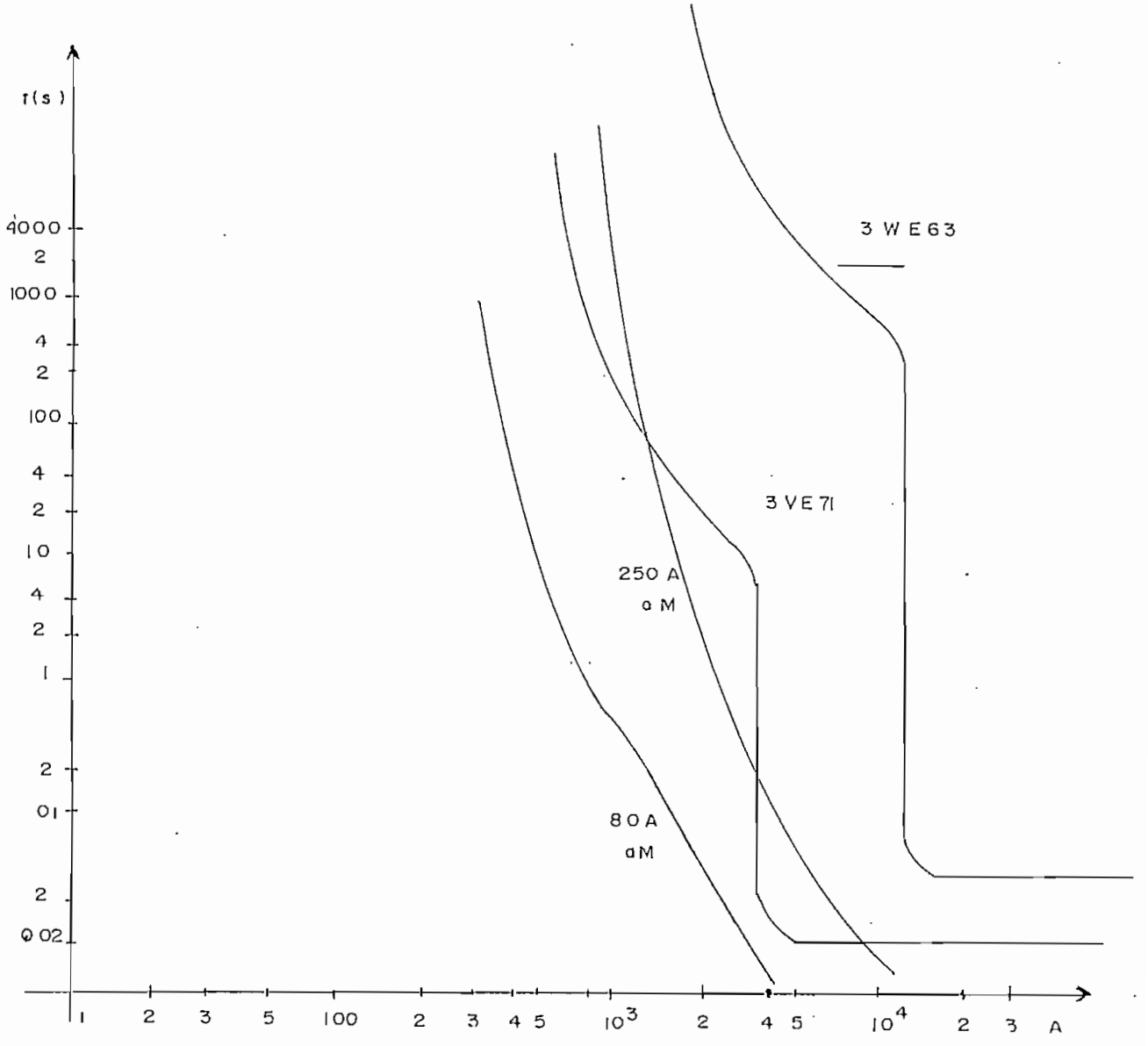
CURVAS DE LOS ELEMENTOS DE PROTECCION
UTILIZADOS EN EL ARMARIO 3



ARMARIO No. 3

FIGURA No. 32

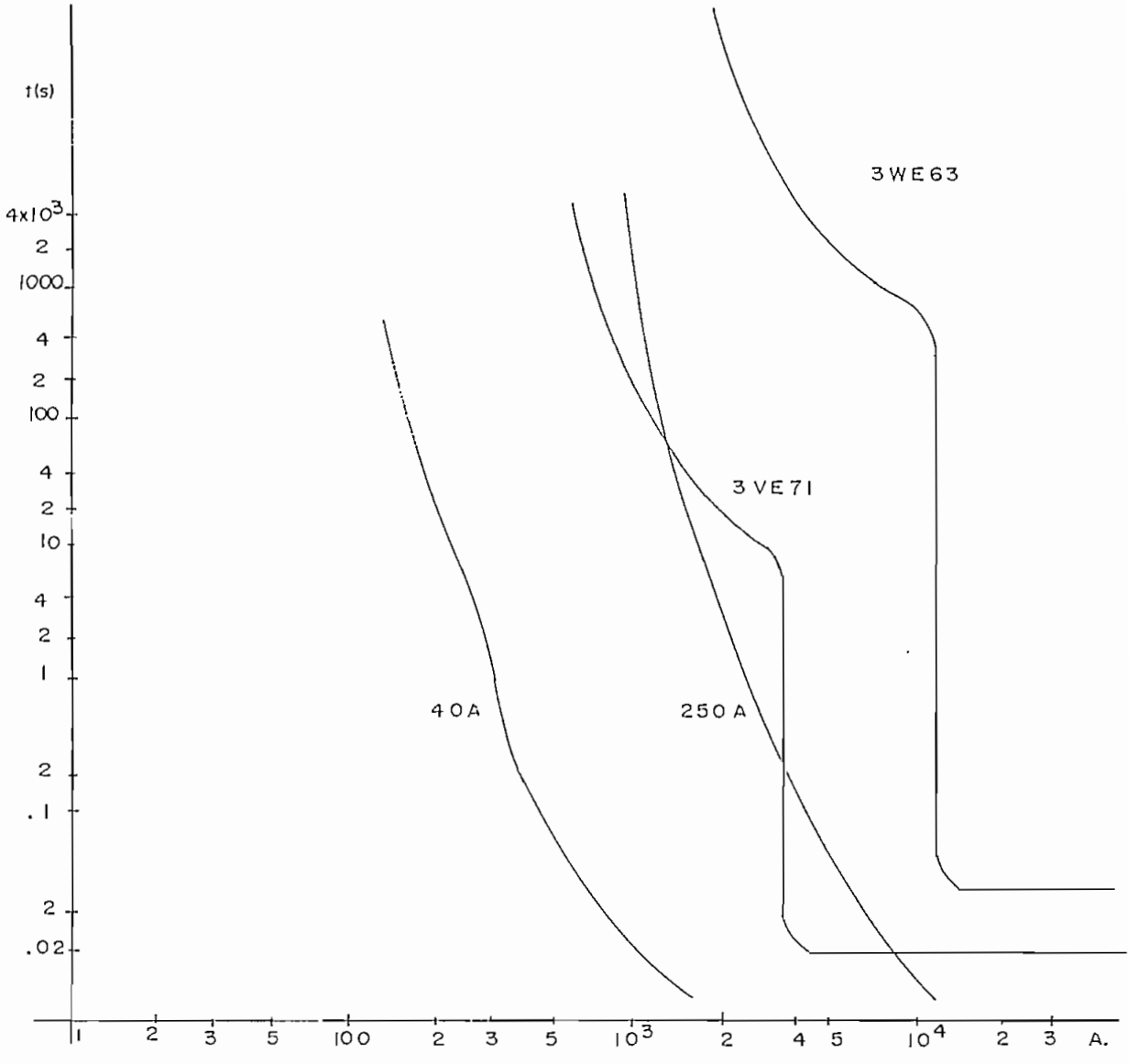
CURVAS CARACTERISTICAS



ARMARIO No. 4

FIGURA No. 33

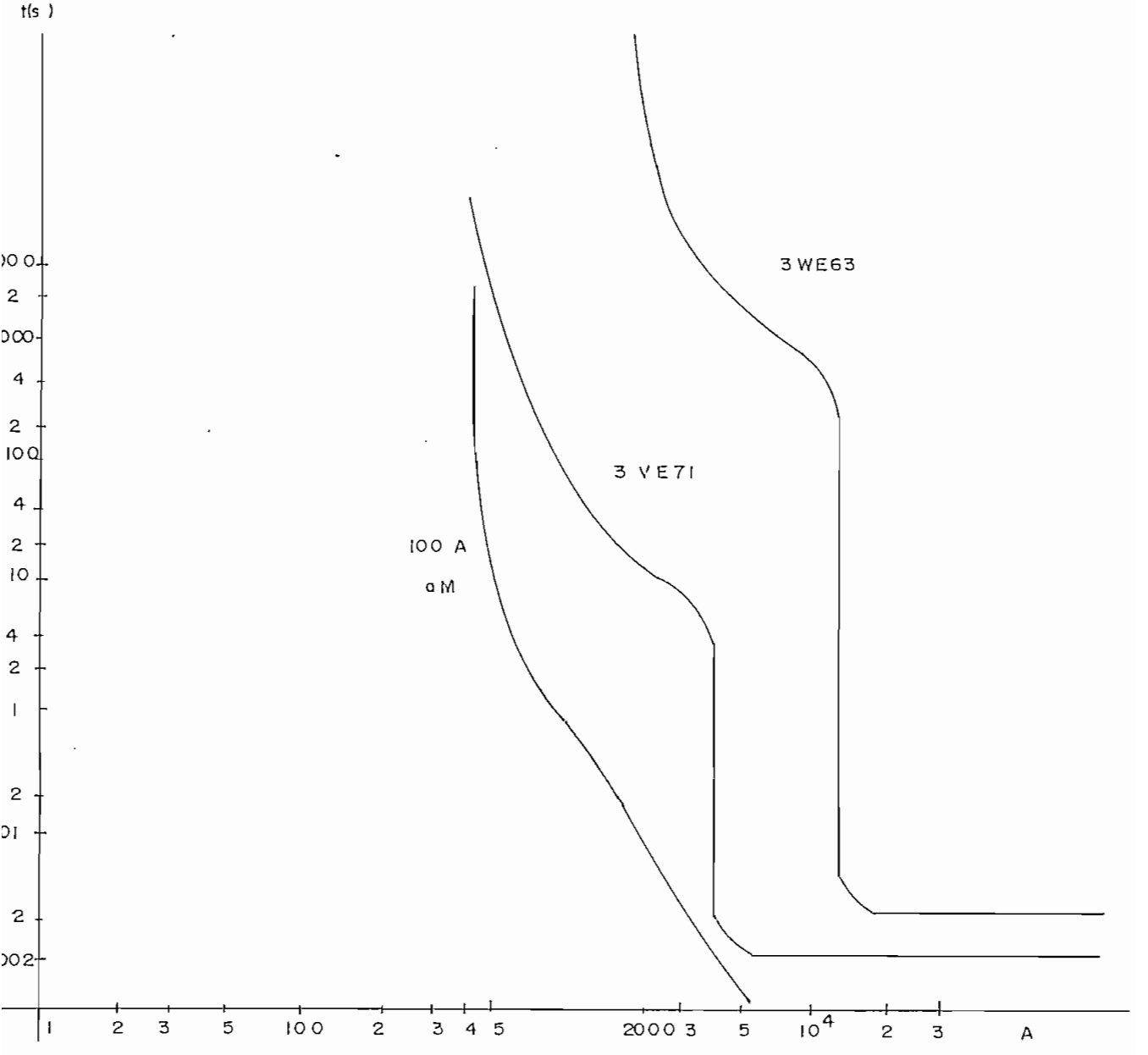
CURVAS CARACTERISTICAS



ARMARIO No. 5

FIGURA No. 34

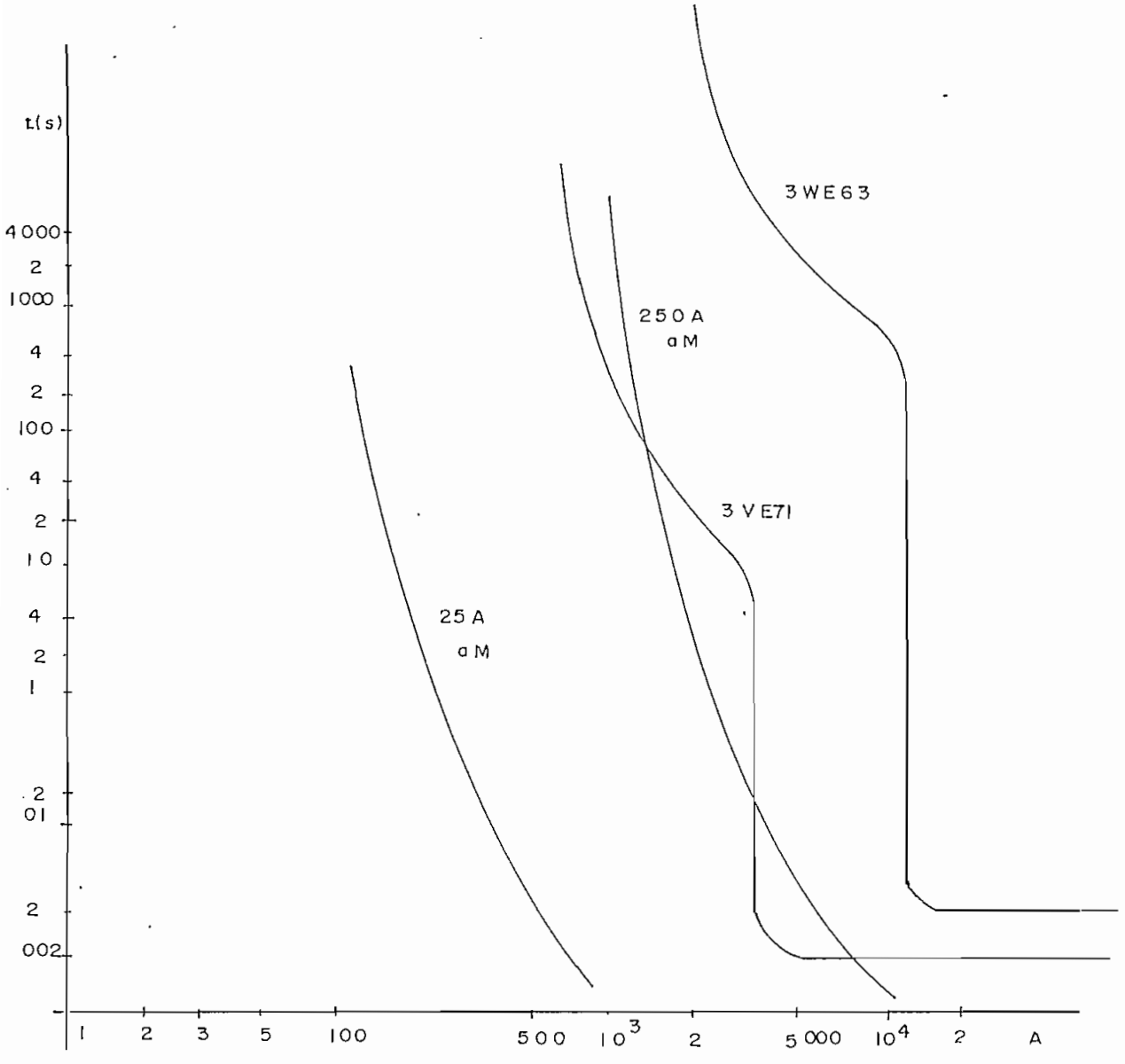
CURVAS CARACTERISTICAS



ARMARIO No. 6

FIGURA No. 35

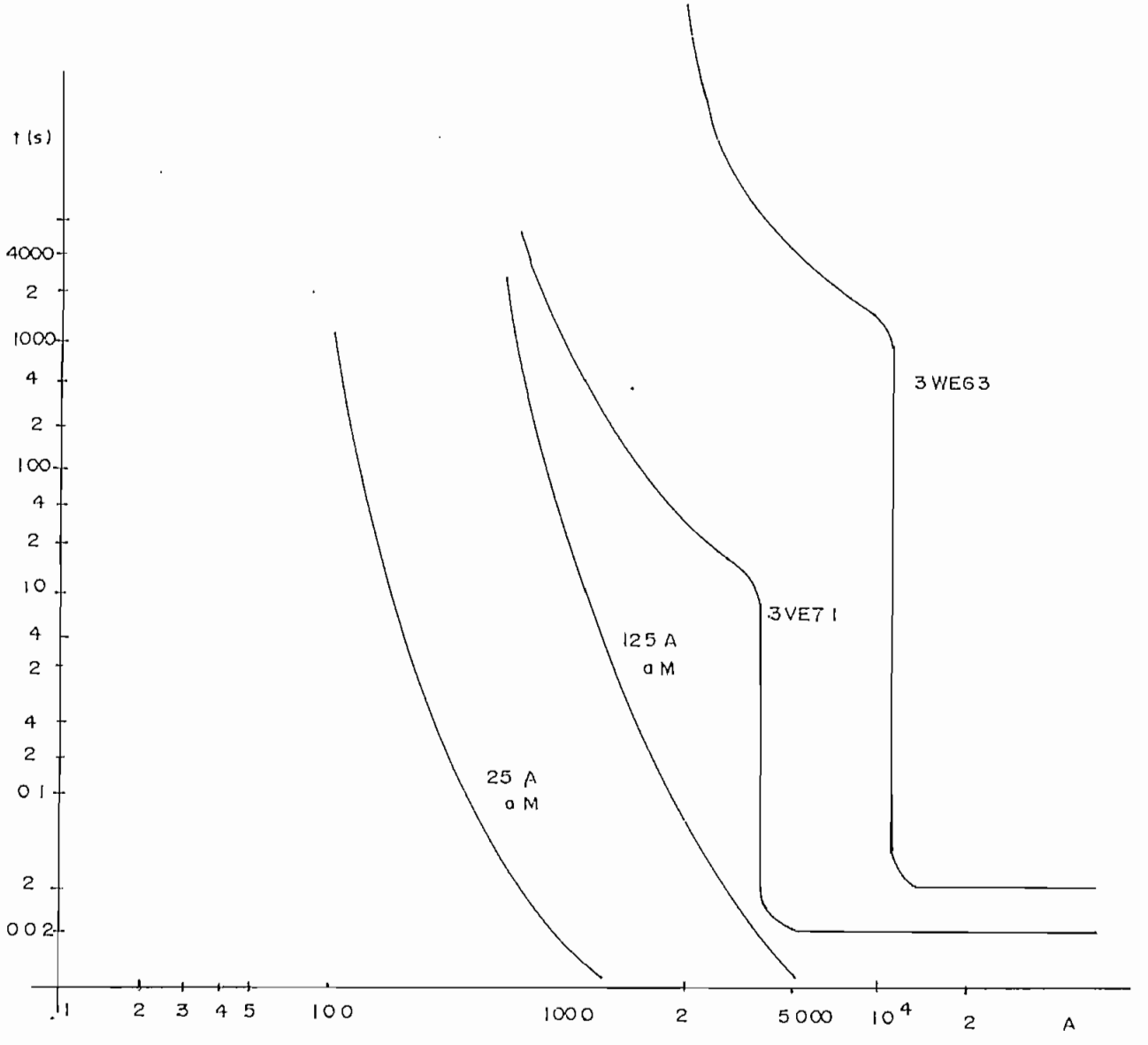
CURVAS CARACTERISTICAS



ARMARIO No. 7

FIGURA No. 36

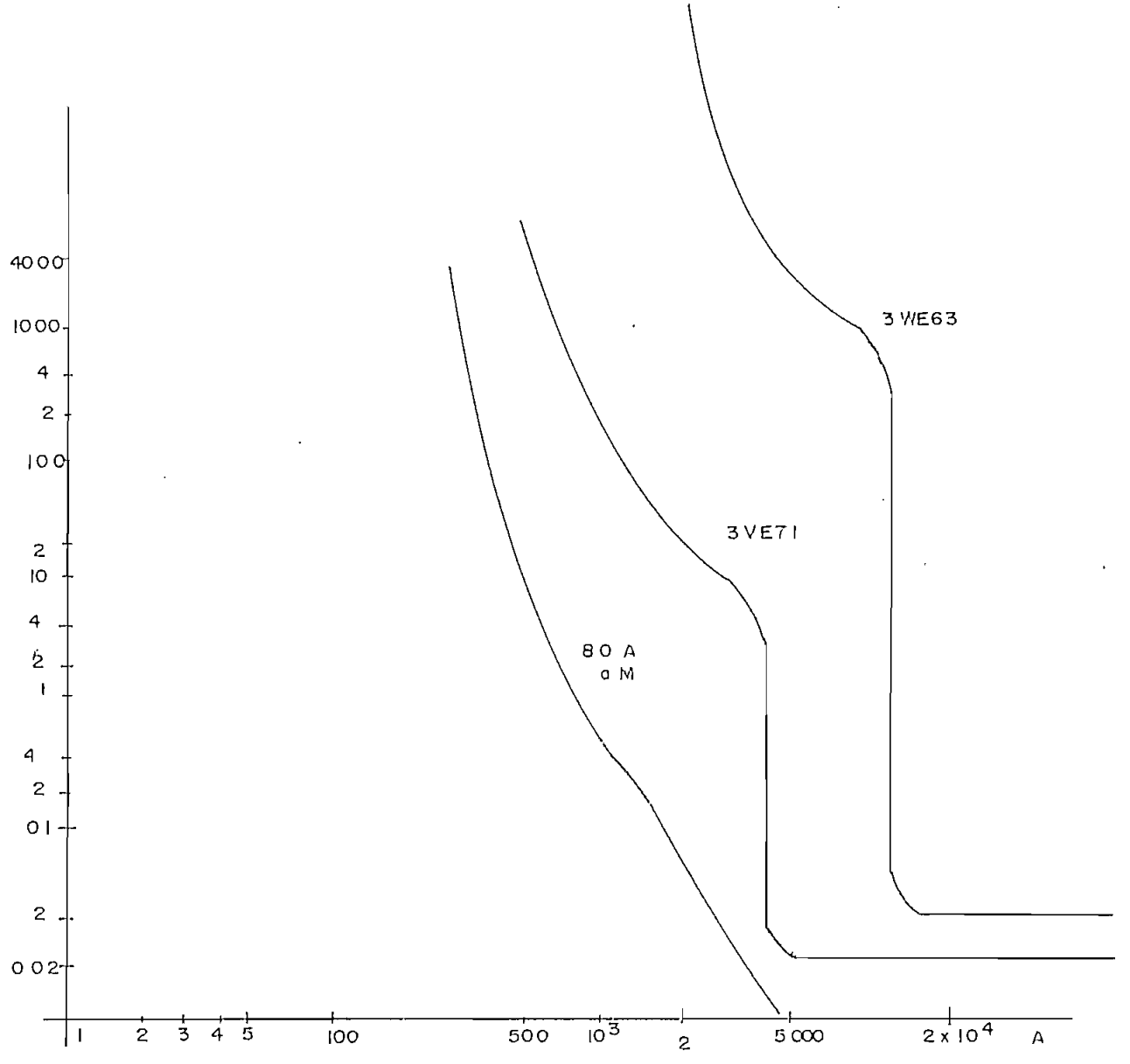
CURVAS CARACTERISTICAS



ARMARIO No. 8

FIGURA No. 37

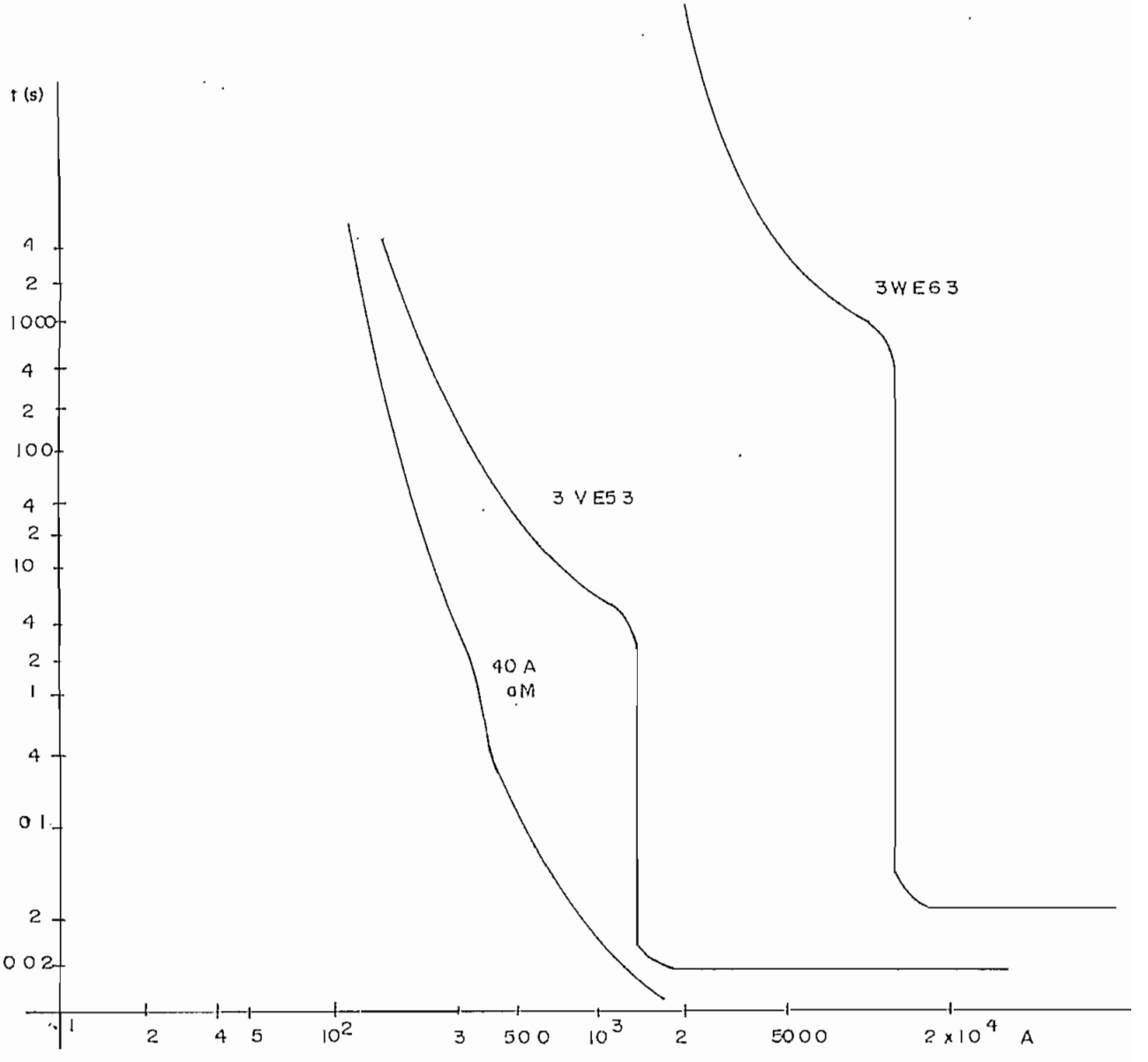
CURVAS CARACTERISTICAS



ARMARIO No. 10

FIGURA No. 38

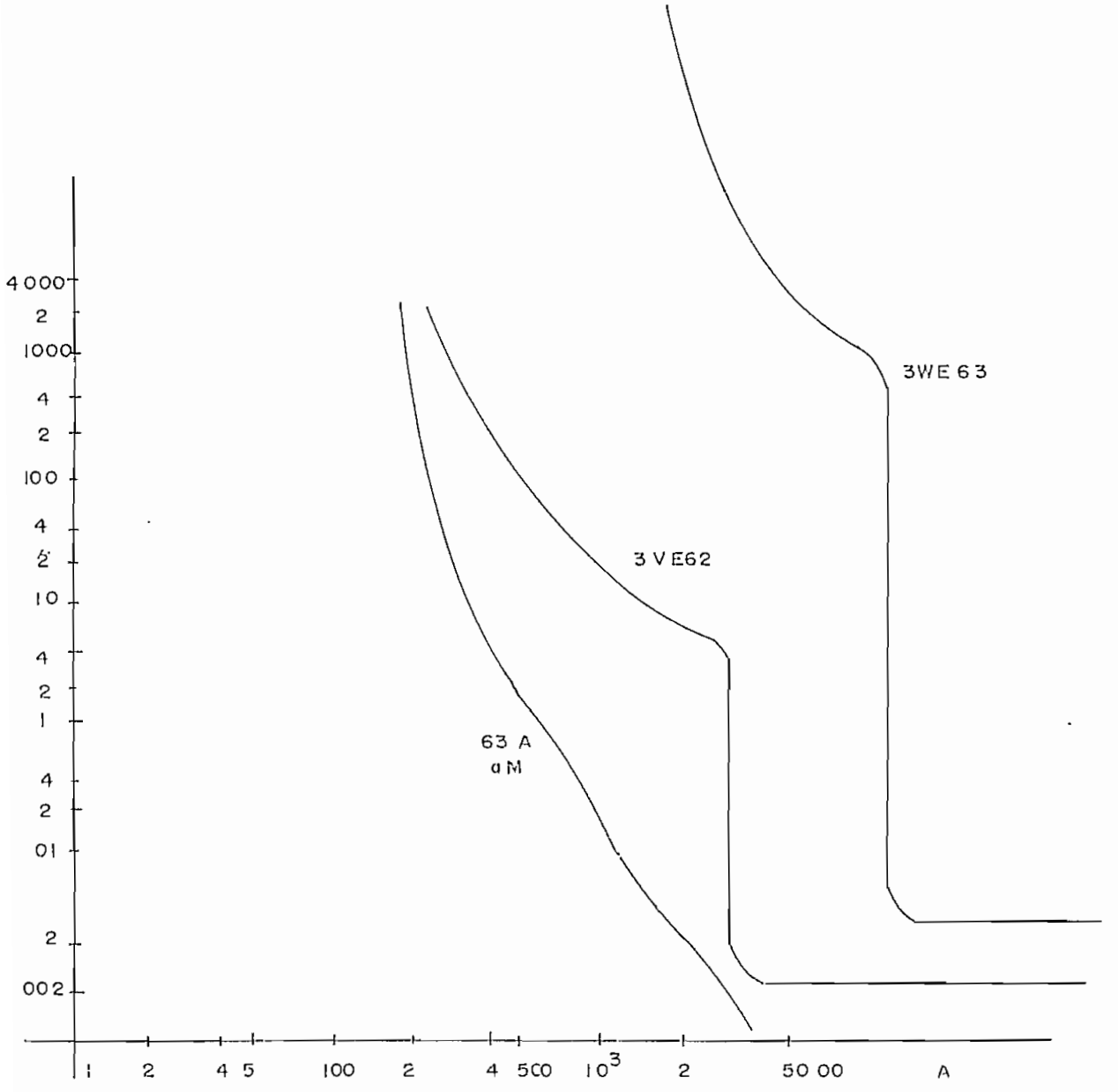
CURVAS CARACTERISTICAS



ARMARIO No. 11

FIGURA No. 39

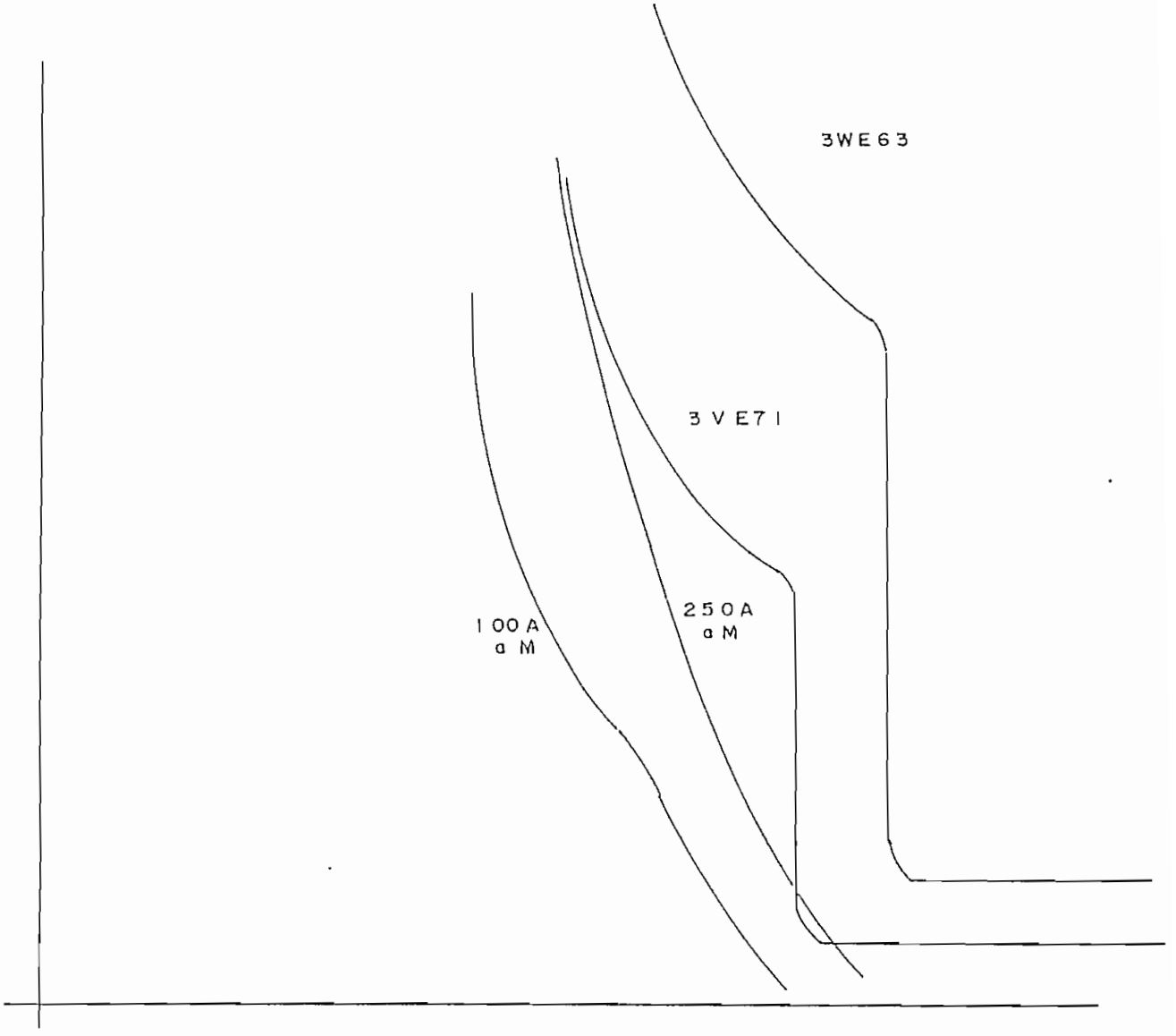
CURVAS CARACTERISTICAS



ARMARIO No. 12

FIGURA No. 40

CURVAS CARACTERISTICAS



ARMARIO No. 13

FIGURA No. 41

Una vez seleccionados los diferentes elementos se debe especificar que:

- Los elementos están adecuadamente seleccionados.

- Existe la adecuada coordinación para los elementos del circuito en estudio, de los diferentes armarios.

- Al sustituirse determinado elemento, debe hacerse tomando como referencia las tablas del anexo, o en caso contrario, por uno de similar característica.

C A P I T U L O I V

RECOMENDACIONES DE MEJORAS TECNICAS

Una vez que se han determinado los diferentes alimentadores y derivados hacia los motores y tratado los diferentes elementos de protección utilizados en bajo voltaje (600 voltios), se ha creído conveniente tratar sobre algunas recomendaciones que se consideran dentro del Ingenio Azucarero.

La planta industrial cuenta con un gran número de maquinarias (bombas, etc.), movidas cada una de ellas por un motor individual, y ésta presenta un gran número de inconvenientes que debe ser entendido por el personal que conforman el grupo de mantenimiento y control del funcionamiento de la misma.

Por tal razón el personal en mención debe poseer cierta capacitación de la empresa para que el pueda tener una serie de iniciativas como:

- Poder sustituir los motores demasiado potentes y que trabajan con mal rendimiento y con un factor de potencia mediocre.
- Tomar en cuenta que corriente continua, es más cara que la corriente alterna.
- Procurar el equilibrio de las fases de los transformadores existentes y de igual forma en los motores.
- Realizar mejoras que aumenten el rendimiento de la industria.

A continuación se presenta algunos puntos que deben tomarse muy en

cuenta dentro de la planta, y que se ha recopilado como información debida a la experiencia y además por haberse constatado, lo que se mencionará:

4.1 SELECCION DE EQUIPOS Y ELEMENTOS ADECUADOS (1), (2), (3), (12), (15), (19)

Es muy importante la selección de los equipos, porque de ello depende el grado de protección que presten en la apertura de determinada falla. En el mercado existe una gran variedad de productos para estos menesteres, y cada uno de sus productores siempre trata de enaltecerlos como los mejores dentro del mercado, por tal motivo se debe tener mucho cuidado en la adquisición y tomar muy en cuenta las características de ellos. No porque un elemento es más caro que otro, significa que da mejor protección que otro más barato.

En el equipo de mando de motores, respecto a los contactores, se debe elegir un contactor adecuado a las características del motor instalado, ya que un contactor demasiado grande trabaja bien, pero económicamente no resultará lo correcto. Se debe elegir el contactor dependiendo del número de maniobras al que estará sometido.

Los fusibles e interruptores automáticos, debe elegírselos del tamaño apropiado, para evitar continuas desconexiones al momento de arranque de un motor determinado.

En la selección de la unidad térmica para protección de sobrecarga del motor, debe ponerse mucha atención en ella. Se recomienda tomar en

consideración el tipo de conexión que está el motor. En ocasiones los relés térmicos normales no tienen la suficiente garantía como para asegurar una total protección al motor cuando falta una fase, en este caso se deberá colocar relés térmicos compensados diferencialmente.

En la elaboración de los planos con las protecciones adecuadas y elementos de mando, se ha considerado todas estas recomendaciones descritas.

4.2 MOTORES SIN USO ADECUADO (15), (16)

Dentro de la planta y en cualquier industrial del país, se presentan una serie de problemas, que en ocasiones obligan a tener que utilizar ciertas máquinas en trabajos no específicos para ellas.

Los motores asincrónicros o de inducción, son los mayores consumidores de energía reactiva, la misma que es suplida por el Generador de la Planta, se debe tener o tomar muy en cuenta cuáles son los motores mal utilizados y que consumen una energía reactiva considerable. Se debe mencionar aquí que los equipos consumidores de energía deactiva dentro de la fábrica son motores de inducción, transformadores, soldadoras y lámparas de mercurio.

Dentro del Ingenio se presentan de lo que se ha podido investigar, los siguientes casos:

a. Motores que funcionan en vacío:

Se debe parar o cambiar estos motores por otros más pequeños, de a-

cuerdo a la carga. La energía de los motores trabajando en vacío no es tan grande como en carga (reactiva) pero significa una pérdida de energía en la planta. Un gran número de motores trabajando en vacío ya significará una pérdida considerable de energía, produciéndose además calentamiento de la línea, pues la energía reactiva debe transportarse desde el generador hacia el equipo que la necesita.

b. Motores demasiado potentes:

Se ha logrado determinar que están colocados motores que para determinado trabajo resultan demasiado grandes en la potencia.

Estos motores que trabajan con carga débil, tienen por lo general un rendimiento y un factor de potencia asímismo mediocre (bajo).

Es indispensable para poder tener un mejor rendimiento del motor, que el mismo se encuentre funcionando muy próximo a su potencia nominal. Es aconsejable que estos motores sean cambiados por otros de menor potencia, y que resultará en mejor beneficio.

c. Motores demasiado lentos:

Los motores de velocidad reducida, presentan en igualdad de condiciones un cos ø inferior que los motores de gran velocidad. Por ello debe examinarse cuidadosamente la posibilidad de reemplazarlos por otros, ya sea disminuyendo los diámetros de las poleas o mediante el uso de reductores en caso de disponérselos.

4.3 MOTORES QUE TRABAJAN A VOLTAJES DIFERENTES A LOS NOMINALES (15), (16)

Es importante que la persona encargada de la selección del motor a montarse en determinado sitio, inspeccione cuidadosamente el tipo de placa del motor, que debe concordar con el sistema eléctrico disponible para la alimentación del motor.

Entre los datos importantes a determinar se tienen los siguientes:

- Voltaje de la red
- Frecuencia de la red (motor)
- Voltaje de mando

Si la tensión de la red es superior a la de placa del motor, consume una exagerada corriente reactiva de la red. Esta elevación del voltaje dará lugar a una fuerte inducción y exigirá por lo tanto una mayor corriente de magnetización del núcleo, y por consiguiente el costo será muy bajo. Es recomendable siempre que en la fábrica se compruebe la tensión que está llegando a ellos, es permitido una variación de la misma del orden de 5 - 6% como máximo.

Esto que se indica se debe aplicar con mayor régimen a los transformadores.

De igual forma la corriente que circule por el motor es más elevada que la nominal, y esto se cumple esté o no el motor con carga.

En estos motores asincrónicos, el torque de arranque es proporcional al

al cuadrado de la tensión aplicada, de tal manera que cuando la tensión aplicada es baja, se reduce en forma considerable el torque de arranque y en plena operación la corriente de carga aumenta, con lo cual se produce un calentamiento excesivo del motor que puede resultar perjudicial, reduciéndose la vida útil del motor.

La velocidad prácticamente no es sensible a las variaciones de voltaje, pero normalmente estos motores son diseñados para trabajar con pequeñas variaciones de tensión.

Debe además prestarse atención a la frecuencia que indica la placa del motor, puesto que se puede incurrir en error de conectar un motor trifásico a una frecuencia diferente. Esto da como resultado que el motor se recaliente si la carga aplicada es superior al 50% de la nominal. Si esta carga no es muy grande el motor puede continuar marchando a velocidad ligeramente reducida, pero es probable que se llegue a calentar en exceso y que después de algunos minutos termine quemándose el bobinado. Lo explicado es muy importante porque se debe tomar muy en cuanta. Se mencionará algunos casos dentro de esta fábrica:

- Existen motores con placa 220/440 V, que se los tiene conectados en 380 V, para este caso se considera que el motor está trabajando con voltaje reducido al nominal, con lo cual las características de funcionamiento no son las normales.

- Debe tenerse en cuenta la forma de conexión del motor; pues resulta que algunos motores se conectan mal, en vez de conectar en Y, lo conectan en triángulo, sometiendo al devanado del motor a una sobre

tensión, que con el tiempo termina deteriorando al motor.

4.4 METODOS DE ARRANQUE DE MOTORES (1), (5), (9), (15), (16)

Puesto que se ha hablado que dentro del Ingenio el motor característico es el asíncrono, es indispensable que se conozca los diferentes medios de arranque existentes para los motores.

Dentro de los motores asíncronos se tiene:

a. Rotor en cortocircuito o de jaula de ardilla
b. Motor de rotor bobinado.

El NEC especifica lo siguiente:

Todo motor debe tener un control capaz de arrancar y parar el motor que controla. Para motores de corriente alterna debe tener la capacidad de interrumpir la corriente a rotor calado.

Lo enunciado se exceptúa para motores de hasta 1/8 de Hp y para los uso electrodoméstico.

El objeto principal de cualquier sistema de arranque utilizable es que durante lafase de arranque el motor desarrolle un par suficiente y pueda acelerarse hasta alcanzar el número de revoluciones nominales.

Otro factor importante y de consideración es el valor alcanzado por la corriente en el arranque. Para un motor de inducción arrancado a volta

je nominal de la línea, el valor de esta corriente es del orden de 4-10 veces la nominal, y aunque puede ser de corta duración, puede llegar a producir sobrecargas en la línea y consecuentemente fuertes caídas de voltaje en la red principal y además el consiguiente "Flicker" en las lámparas de alumbrado; estas características descritas no presentan los motores pequeños y los electrodomésticos.

Además se debe tomar en consideración lo que dice el NEC:

- Los motores pueden ser arrancados directamente de la línea hasta una potencia de 10 HP
- Los motores desde 10 HP en adelante deberán arrancárseles con voltajes reducidos, utilizando los diferentes métodos existentes.

Si un sistema eléctrico permite, sin tener problemas en el mismo, arrancar directamente motores de hasta 30 HP, puede realizárselo.

No se encuentra razón alguna por la cual determinado motor de inducción no pueda arrancárselo conectándolo directamente a la red, pero el inconveniente que se tiene en caso de realizarlo así, como se dijo, es el consumo alto de corriente. Este consumo inicial no perjudica en nada al funcionamiento del motor.

En máquinas que arrancan directamente desde el vacío o con una carga muy débil, se pueden presentar en choque en la máquina accionada.

Los diferentes métodos de arranque de los motores se clasificarán en:

Para jaula de ardilla:

1. Arranque directo a plena tensión
2. Arranque a tensión reducida que puede realizarse por alguno de los siguientes procedimientos:
   a. Arranque Estrella-Triángulo
   b. Arranque por eliminación de resistencia estátorica.
   c. Arranque por medio de autotransformador.

Para rotor bobinado:

1. Arranque por resistencia rotórica.

1. Arranque Directo a Plena Tensión.-

Este procedimiento de arranque es el más simple y elemental y por consiguiente el más empleado dentro de la industria (Ingenio), se realiza en un solo tiempo (paso) por acoplamiento directo del motor a la línea.

En este tipo de arranque se tiene las siguientes consideraciones:

- El arranque se lleva a voltaje nominal, aplicado directamente al motor.
- Utilizable en motores de pequeñas potencias o al menos compatibles con la red.
- Utilizables para máquinas que no requieren aceleración gradual.

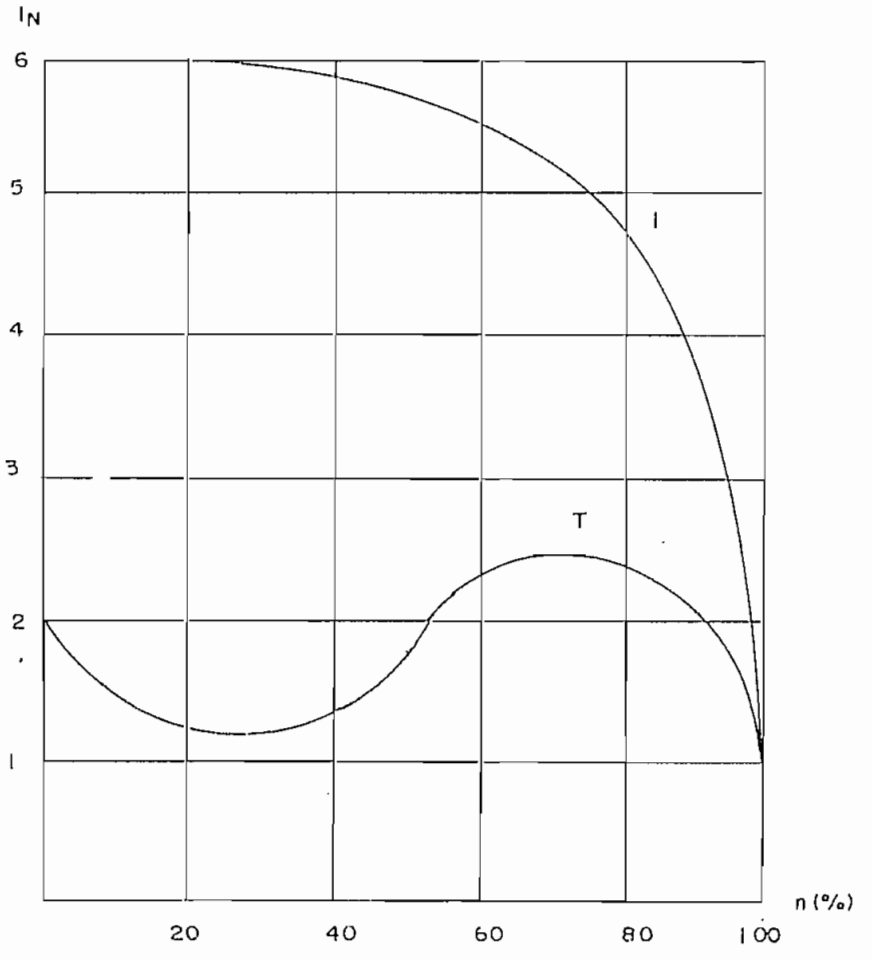
En la forma más sencilla el arrancador directo consta de un contactor, dimensionado para la potencia o corriente nominal del motor. El relé de sobrecarga debe ser tal que abra en los motores trifásicos, por falta de tensión en una de las fases.

Para los casos en que el motor debe girar en ambos sentidos de rotación, basta permutardos fases de alimentación al mismo, con lo cual se estará invirtiendo el sentido del campo giratorio en el estator.

La figura muestra un arrancado simple y uno con inversión del giro del motor. (Figura No. 42).

El sistema de protección conformado por fusibles y relé térmico deberán soportar la corriente de arranque durante el tiempo de aceleración del motor hasta que alcance la velocidad nominal.

Conviene mencionar que un motor de deble jaula de ardilla, el par de arranque es siempre muy superior al nominal y permite el arranque rápido de la máquina.



ARRANQUE DIRECTO

FIGURA No. 42

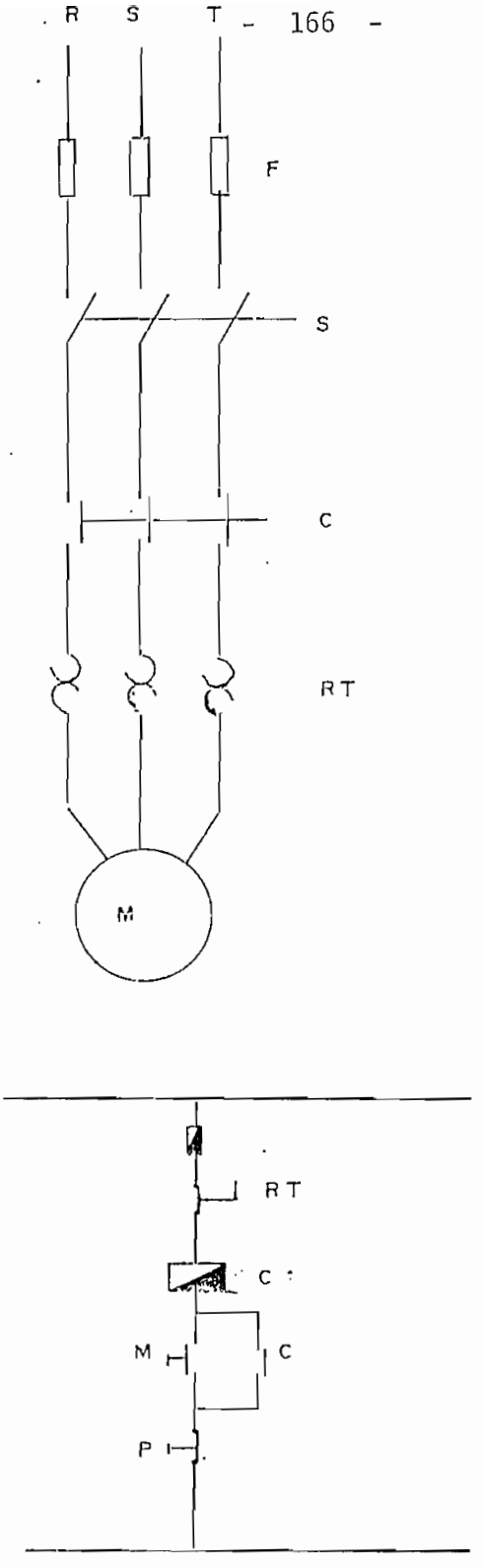
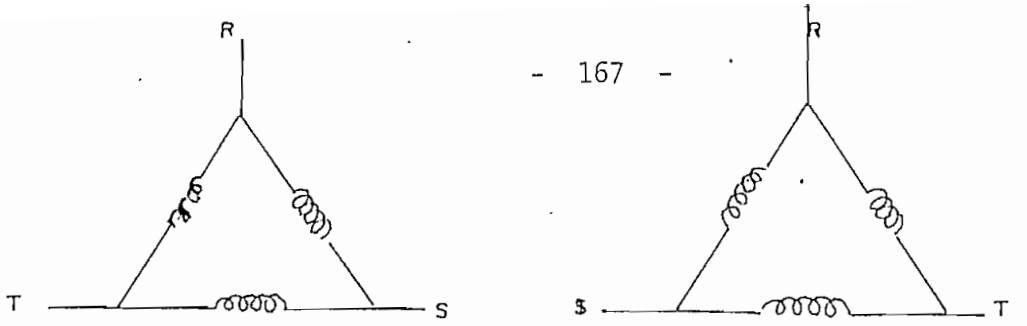
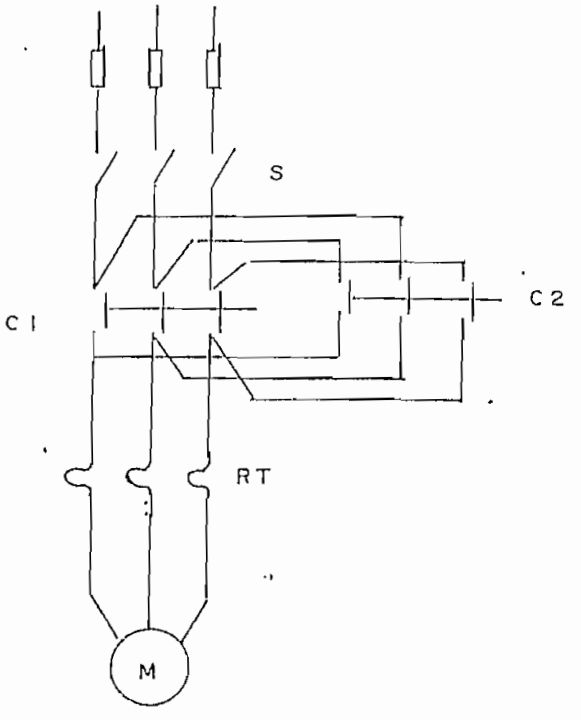


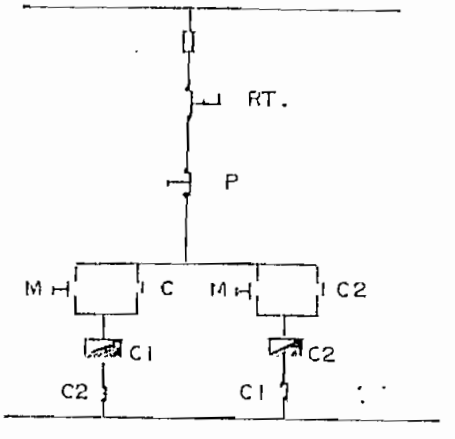
DIAGRAMA DE CONTROL Y FUERZA PARA ARRANQUE DIRECTO

FIGURA No. 43



Cambio del sentido de giro en motores de ca.





CIRCUITO DE CONTROL Y DE FUERZA PARA ARRANQUE DIRECTO CON INVERSION DE GIRO

FIGURA No. 44

2. Arranque a Tensión Reducida.-

Considera este método en alimentar al motor durante un cierto período del arranque con una tensión inferior a la de la línea, con lo que el par y la intensidad de arranque se ven reducidos de sus valores nominales.

Todo arrancador a tensión reducida debe proyectarse de forma que dé valores adecuados para el par que se necesita y la corriente tomada de la línea.

a) Arranque Estrella-triángulo

Este método de arranque a tensión reducida, es uno de los más difundidos dentro de las industrias. El arranque se efectúa en 2 tiempos, que se explicarán a continuación:

Primer tiempo: Acoplamiento de las fases del motor en conexión estrella. El motor por tanto arranca a tensión reducida.

$$V = V_L/\sqrt{3}$$

$$V = 380/\sqrt{3} = 220 \text{ voltios}$$

V = Tensión que recibe el motor al conectarse en estrella

V_L = Tensión de la línea (380)

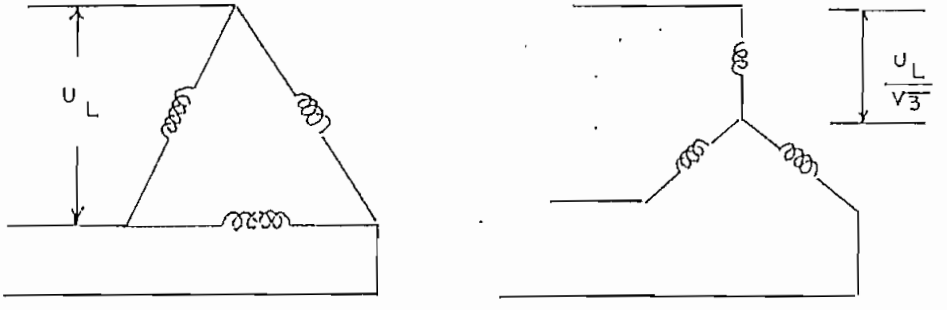
El par de arranque en estrella $T\lambda$, con respecto al de arranque en triángulo T_K a la tensión V_L es:

$$\frac{T\lambda}{T_K} = \left(\frac{V\lambda}{V_L}\right)^2 = \left(\frac{V_L/\sqrt{3}}{V_L}\right)^2$$

$$\frac{T\lambda}{T_K} = \frac{V_L^2}{3\,V_L^2} = 1/3$$

$$T\lambda = 1/3\ T_K$$

La corriente de arranque en estrella $I_{a\lambda}$ estará con respecto a la corriente de arranque en triángulo $I_{a\Delta}$ en la siguiente relación:



De lo cual se concluye que la corriente y el torque se ven reducidos en:

$$I_a = 1/3$$

$$T_a = 1/3$$

Segundo Tiempo.- En este instante se produce la supresión del acoplamiento en estrella para pasar a la conexión final (triángulo). El motor adquiere sus características naturales con una punta elevada de intensidad y par.

Este punto de transición va acompañada de fenómenos transitorios complejos y depende de la velocidad del motor al final del primer tiempo.

Este método requiere que el par resistente originado por la máquina, durante el arranque, sea muy débil y que el acoplamiento a triángulo se efectúe entre el 70% y 80% de la velocidad nominal del motor.

En el momento en que se pasa de la conexión estrella a la conexión triángulo, el motor lo hace con punta elevada de corriente, y ello hace que algunos no lo utlicen en elevadas tensiones y potencias altas.

El tiempo de permanencia en la conexión estrella durante el arranque viene regulado de acuerdo a la siguiente tabla:

ARRANCADOR AMPERIOS	TENSION 220/230	TENSION 500 V
21	8 segundos	10 segundos
31	9	11
43	10	12
53	12	14
63	14	16
73	18	20
83	18	20
93	20	22
103	25	27

tiempo = segundos

Es aconsejable que el usuario se asegure que el motor accionado alcance la velocidad especificada, antes de pasar a la conexión triángulo; para medir la velocidad puede valerse del uso de un tacómetro.

En caso de no suceder lo indicado, debe aumentarse el tiempo de permanencia en la conexión estrella, hasta que el motor adquiera la velocidad especificada (máquinas con elevado momento de inercia PD^2). Caso de no ser posible alcanzar esta velocidad por equilibrase el par motor con el par resistente, se debe considerar que el sistema no es el adecuado para accionar la máquina.

Este método de arranque es utilizable solamente cuando se disponga de los seis terminales del motor en el exterior y cuyo voltaje de

de conexión en triángulo sea correspondiente al voltaje de la red. Generalmente los valores nominales de voltaje son de 220/380 V.

Este tipo de arranque es relativamente sencillo de aplicarlo y además más económico que otros.

Para arranques pesados el tiempo de conmutación se ajusta entre los 20-50 segundos.

Se debe utilizar un relé de tiempo para el cambio de estrella a triángulo. El relé de sobrecarga puede colocarse de acuerdo a las posibilidades siguientes:

- En la línea, para arranques no muy pesados (5-10 segundos) con lo cual la corriente para que debe dimensionarse el relé es la de la línea del motor.

- En arranque muy pesados, puede darse el caso de que se sobrecaliente el motor y se dispare antes de que la máquina haya terminado de arrancar, para lo cual se debería colocar en la fase y no estaría conectado durante la conexión en estrella. En este caso debe dimensionarse el relé para la corriente de fase del motor. Es decir, la corriente de placa del motor dividida para la raíz cuadrada de tres.

Para corriente elevadas del motor, se acostumbra colocar transformadores de corriente en cada una de las líneas de relación adecuada (secundario 5A) y estas corrientes reducidas hacerlas pasar por el

relé térmico de sobrecargas.

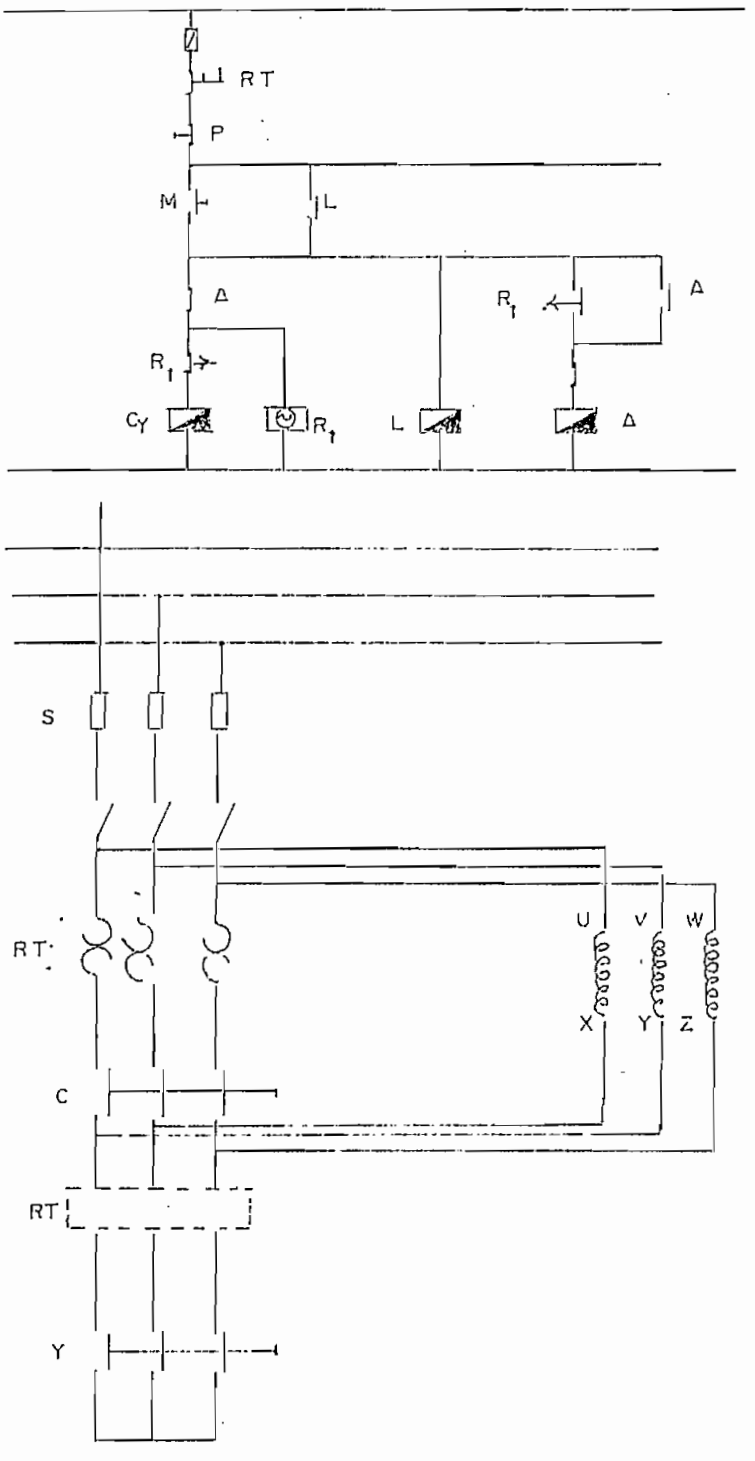
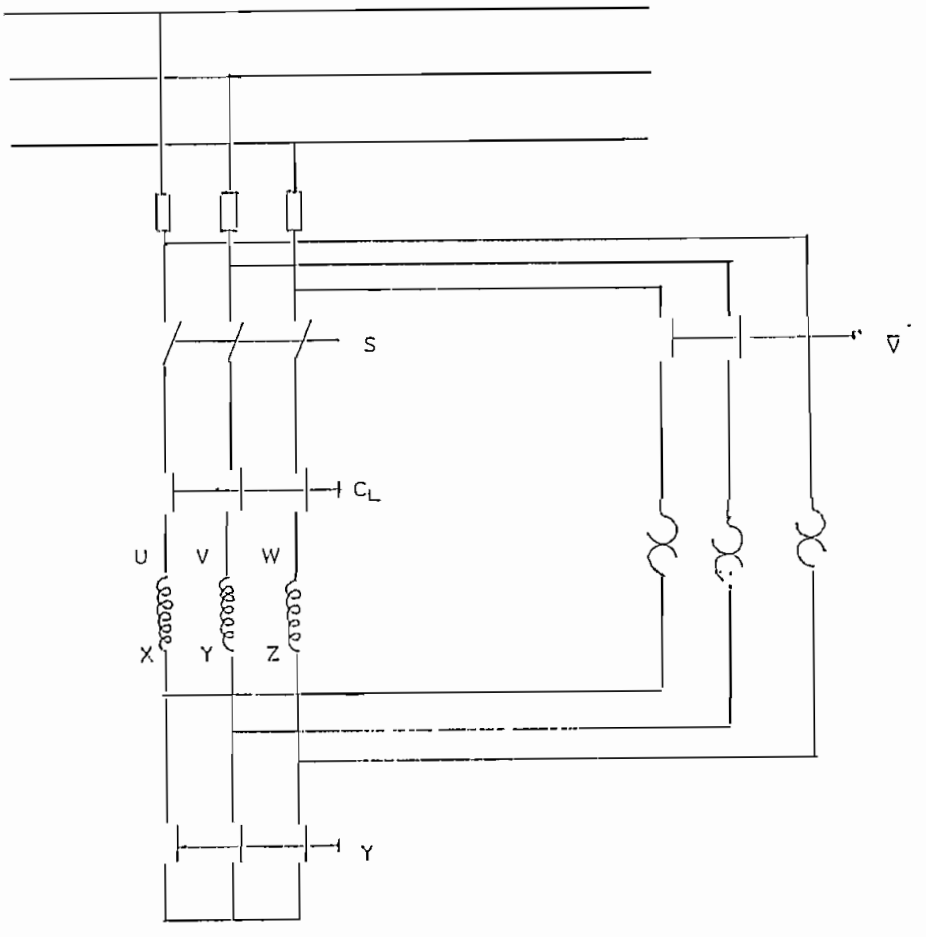


DIAGRAMA DE UN ARRANCADOR Y-Δ

FIGURA No. 45

En este siguiente diagrama No. 46, se muestra una variación en la cual los contactores C_L y C soportan únicamente la corriente de fase, pudiendo por tanto disminuirse el tamaño del contactor de línea.



ARRANQUE Y - Δ.- FUERZA

FIGURA No. 46

El par de arranque del motor en arranque directo se considera 2 veces el par nominal y la corriente de arranque de 5 veces la nominal

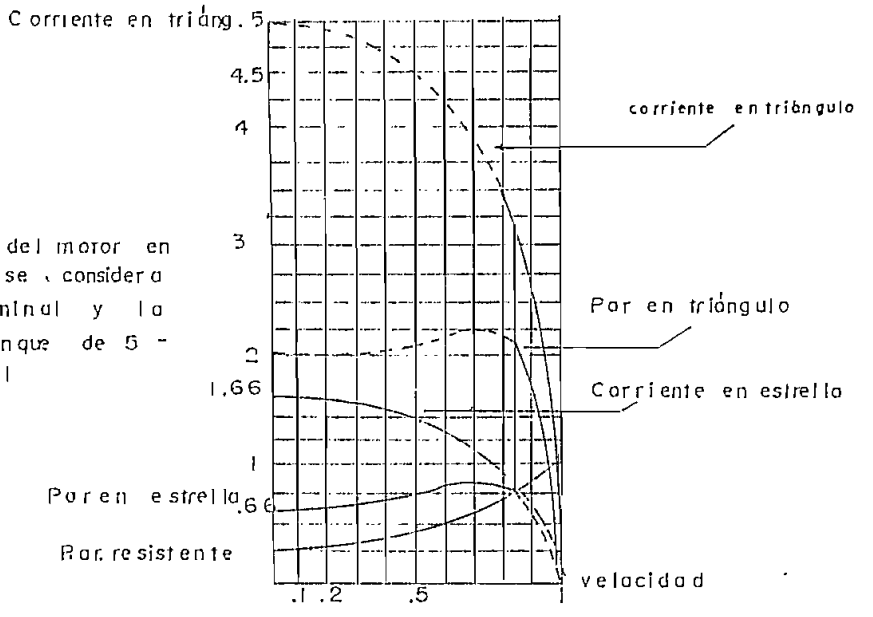


FIGURA No. 47

APLICACIONES:

El uso de estos arrancadores se lo aplica en motores que accionan máquinas en los dos sentidos de rotación.

Las características de dicho arranque en los dos sentidos de giro siguen siendo las mismas.

CORRIENTE DE ARRANQUE	33%	DE LA CORRIENTE DE ARRANQUE DIRECTA
PAR DE ARRANQUE	33%	DEL PAR DE ARRANQUE DIRECTO

Como una aplicación de este arranque es recomendable realizarlo para el motor de tiro inducido de la caldera, toda vez que en la actualidad se tiene el arranque con resistencia rotórica, el cual no presta servicio apropiado, por el estado en que se encuentra la resistencia. Además siempre ha sido mal utilizada, pues una vez que se encendió el motor ésta debe quedar totalmente cortocircuitada y no trabajando a mitad de resistencia, salvo en casos de que se necesita regulación de velocidad, que no es el caso.

Además el motor de rotor bobinado, presenta muchas molestias dentro del proceso de producción, puesto que en ocasiones hay que pararlo, para verificación del estado de sus escobillas, debido a que las mismas se pegan o no realizan contacto adecuado. Con un motor de rotor de jaula de ardilla, se habría superado el inconveniente y utilizando el arranque estrella-triángulo

Arranque por eliminación de Resistencias Estatóricas

A pesar de que este sistema es muy sencillo, es sin embargo muy poco utilizable; consiste en arrancar a tensión reducida intercalando en el circuito de alimentación al estator una resistencia por cada fase, la cual es eliminada progresivamente. El par motor disminuye gradualmente (proporcional) al cuadrado de la tensión aplicada a los terminales del estator, y la corriente de línea disminuye solamente en proporción a la disminución de la tensión.

El arranque a tensión reducida mediante una resistencia en serie con el estator mejora el factor de potencia en el arranque, pero se producen pérdidas algo mayores.

En este tipo de arranque, la tensión aplicada a los bornes del motor no se mantiene constante durante el período de aceleración. La corriente absorbida es máxima en el instante de poner el motor bajo tensión y va disminuyendo a medida que el motor se acelera, de forma que la caída de tensión exterior disminuye y la tensión en bornes del motor aumenta progresivamente. El arranque puede efectuarse en dos o más tiempos.

Este sistema presenta una ventaja sobre el arranque estrella triángulo, y que es la continuidad de la alimentación del motor, ya que se evita el período transitorio de la conexión de estrella a triángulo.

Describiremos el proceso que sigue a la conexión del motor

- Acoplamiento a tensión reducida.- Por intermedio de resistencias conectadas entre la línea y el motor; la punta de corriente se reduce en la siguiente proporción:

$$\frac{I_K}{I_d} = \frac{V_L}{V_d}$$

$$I_d = \frac{V_d}{V_L} \cdot I_K$$

V_d = tensión en el momento de arranque

I_d = intensidad en el momento de arranque

V_L = tensión de la línea

I_K = intensidad a rotor calado

El torque de arranque se reduce en la siguiente relación:

$$T_K = \left(\frac{V_L}{V_d} \right)^2$$

$$T_d = \left(V_d/V_L \right)^2 \cdot T_K$$

De donde se puede apreciar que el torque motor crece mucho más rápido en función de la velocidad que en el arranque estrella-triángulo y permite obtener en el primer tiempo una velocidad bastante elevada. Se tiene en cuenta en máquinas cuyo torque re

sistente durante el arranque crece rápidamente con la velocidad.

- El segundo paso consiste en eliminar la resistencia y aplicar la tensión nominal a los bornes del motor.

Las puntas de intensidad en este segundo tiempo son más reducidas que en el estrella-triángulo, porque el acoplamiento es realizado a una velocidad superior.

La eliminación de los escalones de resistencias tiene lugar a tiempo fijo y es instantáneo, a fin de no disminuir la velocidad del motor.

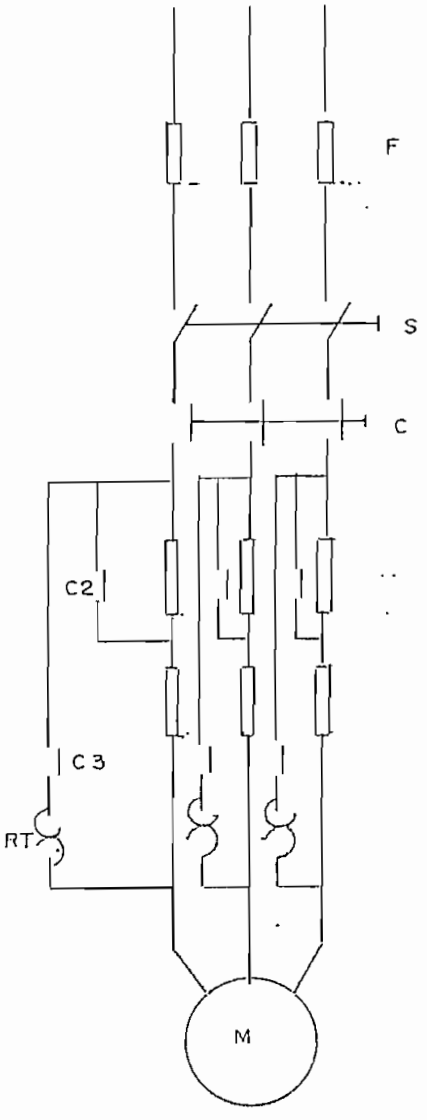
El factor principal es la reducción del torque motor en al arranque, teniendo un interés secundario la reducción de la corriente.

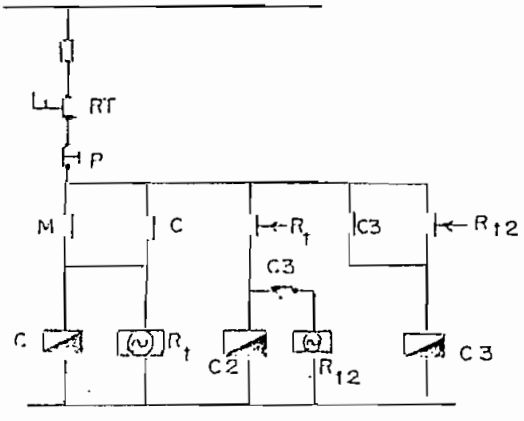
Es utilizable en motores de rotor en cortocircuito con un solo sentido de giro, y que accione máquinas cuyo torque resistente en el arranque es bajo.

El contactor de arranque se dimensiona por la corriente nominal multiplicado por el factor de reducción de voltaje, pero puede ser de tamaño superior, si el tiempo de arranque es extenso.

El contactor de línea directa se dimensiona para la potencia o corriente nominal del motor.

El relé térmico debe ajustarse a la corriente nominal del motor.





ARRANCADOR CON RESISTENCIAS ESTATORICAS

FIGURA No. 4.8

la característica de este arranque para diferentes valores de la tensión son:

NUMERO DE PUNTOS ARRANQUE	2	3	4	
Tensión en bornes del motor en el primer punto	58 %	52 %	47 %	De la tensión de línea
Corriente de arranque en el primer punto	58 %	52 %	47 %	De la corriente en arranque directo
Par de arranque en el primer punto	33 %	27 %	22.5 %	Del par en arranque directo

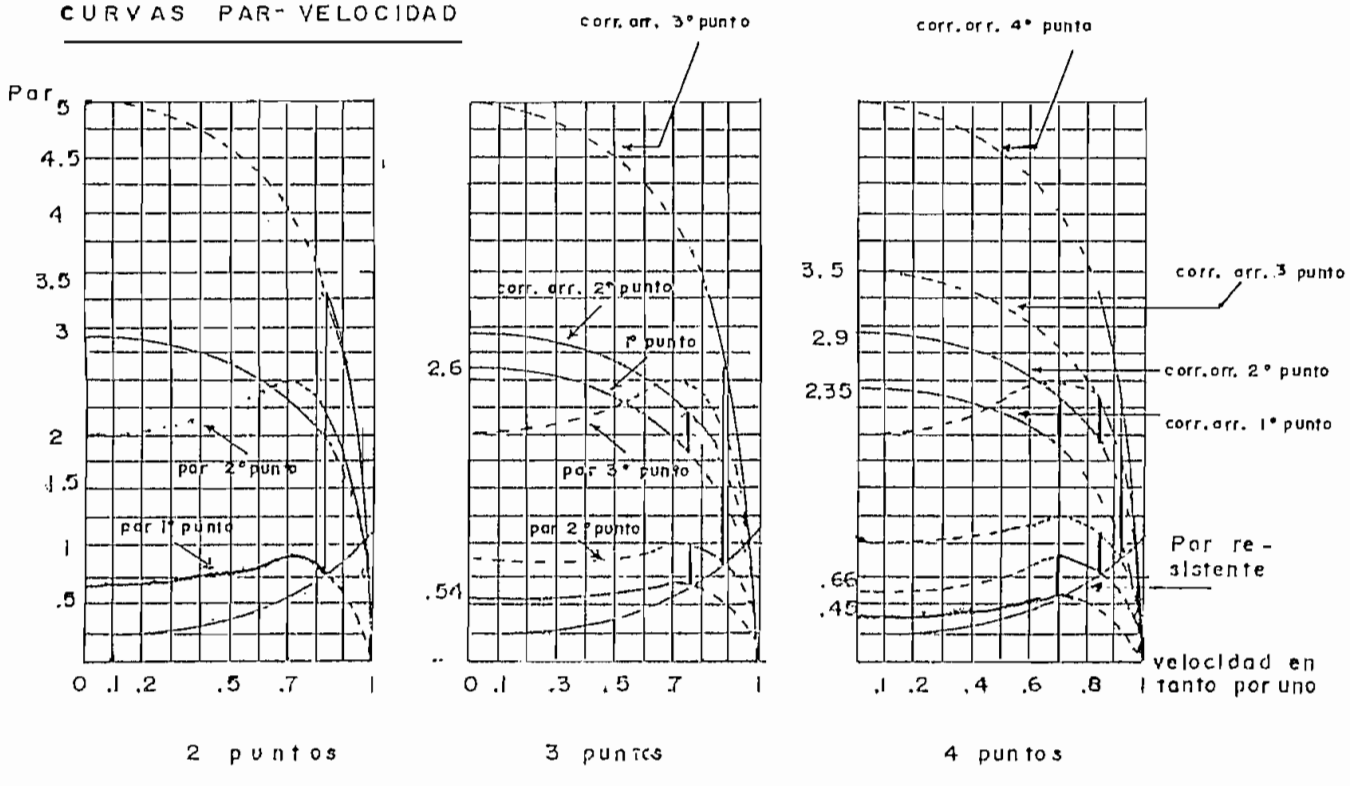


FIGURA No. 49

c. Arranque por Autotransformador

Este procedimiento es el que mejor satisface las condiciones de arranque de un motor de jaula de ardilla y por tanto es el sistema más opcional de arranque.

Consiste en alimentar al motor a tensión reducida, a través de un autotransformador, de manera que las tensiones aplicadas en los bornes del motor sean crecientes durante el período de arranque, desde un valor determinado por las condiciones iniciales del arranque, hasta alcanzar la tensión nominal de la línea, obteniéndose de esta forma una reducción de corriente y par en la misma proporción.

Si el autotransformador está directamente conectado a la red puede preverse una serie de tomas para el 55%-65% y 80% de la tensión de la línea.

La conmutación creciente de tensiones se las realiza automáticamente por paso de una a otra toma, mediante relés temporizados. El número de puntas de arranque dependerá de la potencia del motor y del tipo de máquina accionada. Si el arranque se logra efectuar en dos tiempos, estos serán:

1er. tiempo: Alimentación al motor a tensión reducida, a través del autotransformador, la punta de corriente y el torque de arranque se reducen proporcionalmente al cuadrado de la relación de transformación.

Si V_L es la tensión de la línea, y V_d la tensión de la toma elegida.

$$n = \frac{V_L}{V_d}$$

Si se designa por I_d la intensidad de corriente por el motor y por I_K la corriente a rotor calado, es evidente:

$$\frac{I_d}{I_k} = \frac{V_d}{V_L} \qquad I_d = \frac{V_d}{V_L} \times I_k$$

$$I_d = \frac{I_k}{n}$$

Por otro lado, la corriente de la línea se reduce en la misma proporción que V_d/V_L y entonces:

$$I_L = I_d \cdot \frac{V_d}{V_L}$$

$$I_L = \frac{I_k}{n} \left(\frac{V_d}{V_L} \right)$$

$$I_L = \frac{I_K}{\frac{V_L}{V_d}} \cdot (V_d/V_L)$$

$$I_k = (V_d/V_L)^2$$

$$I_L = \frac{I_K}{n^2}$$

De donde se deduce, que otra de las ventajas al usar el autotransformador, es que la corriente se reduce en la misma relación que la tensión de alimentación.

De la misma manera, el par preestablecido T_d se relaciona con el par a rotor bloqueado T_k y con la tensión de línea V_L y elegida V_d según la relación:

$$T_d = T_k \left(V_d / V_L \right)^2 = \frac{T_k}{n^2}$$

2do. tiempo: Apertura del punto neutro del autotransformador y acoplamiento a la plena tensión.

En el gráfico No. 51 se indica las variaciones de par e intensidad en el accionamiento de una máquina de par resistente creciente durante el arranque.

Si se proyecta adecuadamente el esquema de conexiones, se puede arrancar al motor hasta su velocidad nominal sin interrumpir la alimentación, ya que el pasar de una toma a pleno voltaje, el motor queda en un instante desconectado de la línea, produciéndose luego una punta de corriente transitoria elevada, esta es la llamada transición abierta.

El sistema queda limitado para motores de potencia media. Se debe - mencionar el sistema de transición cerrada, el cual no existe interrupción alguna de la alimentación del motor.

En el arranque por autotransformador se debe considerar los siguientes puntos:

- El sistema de arranque es muy costoso.

- Cuando se realiza el arranque por transición abierta, en el paso de voltaje reducido a voltaje nominal se produce un incremento de la corriente, que en muchos casos puede ser capaz de producir el disparo de los disyuntores. De igual manera, se produce un impulso en el torque, que puede producir un esfuerzo adicional sobre el motor y la carga accionada. Este problema puede ser minimizado.

  Si el relé de tiempo se ajusta correctamente, el período de transición es más pequeño.

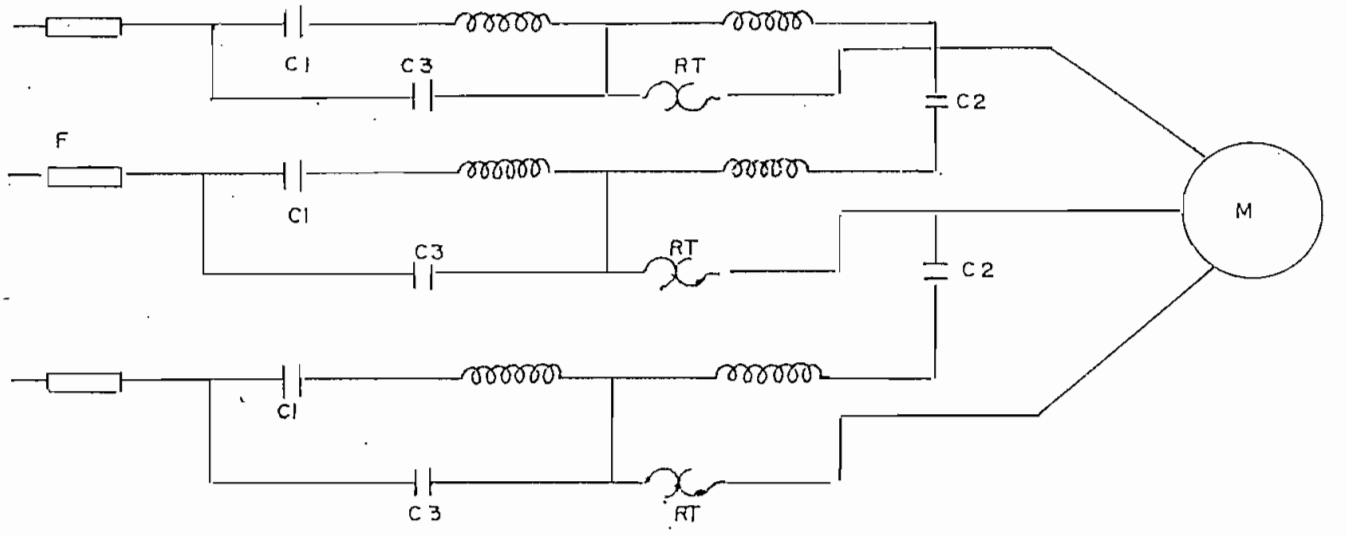
Además el autotransformador debe ser dimensionado correctamente en función del tiempo de arranque y del número de arranques por hora, ya que son diseñados para funcionamiento continuo.

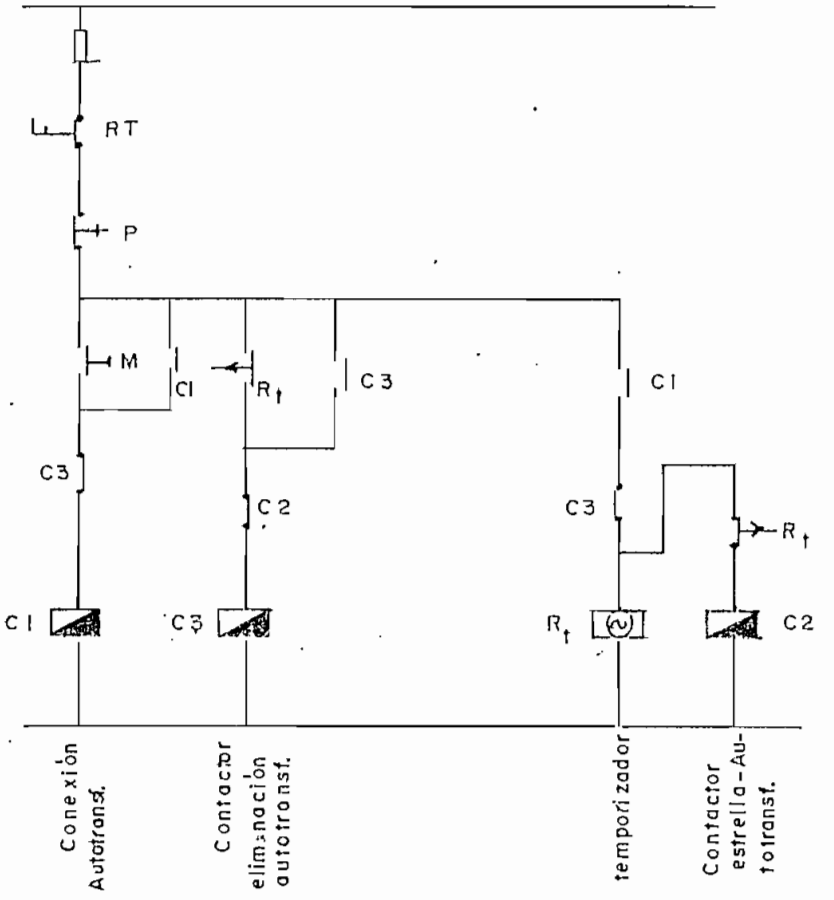
Los contactores de arranque y marcha se deben dimensionar con el mismo criterio que para el arranque por resistencias; aunque en este caso, el contactor de arranque cerrará una corriente menor que el caso señalado, lo que permite un período de aceleración más prolongado.

El contactor que realiza la conexión estrella del autotransformador, puede dimensionarse de un tamaño menor al de arranque. El relé térmico debe ajustarse a la corriente nominal del motor.

Es indispensable señalar que para la realización de pedidos de estos equipos se debe señalar al proveedor los siguientes datos:

- Tipo de arrancador.
- Potencia nominal del motor.
- Tensión y frecuencia nominal de la red.
- Tensiones en bornes del motor en el 1ro. tiempo (ver tabla adjunta) o bien el tipo de máquina a accionar.
- El número de maniobras por hora.





ARRANQUE AUTOTRANSFORMADOR TRANSICION CERRADA

FIGURA No. 50

NUMERO DE PUNTOS DE ARRANQUE	2	3	
tensión en bornes del motor enel primer punto	65 %	55 %	De la tensión de linea
Corriente de arranque en el primer punto	42 %	30 %	De la corriente en arranque directo
Par de arranque en el primer punto	42 %	30 %	Del par en arranque directo

CURVAS PAR - VELOCIDAD

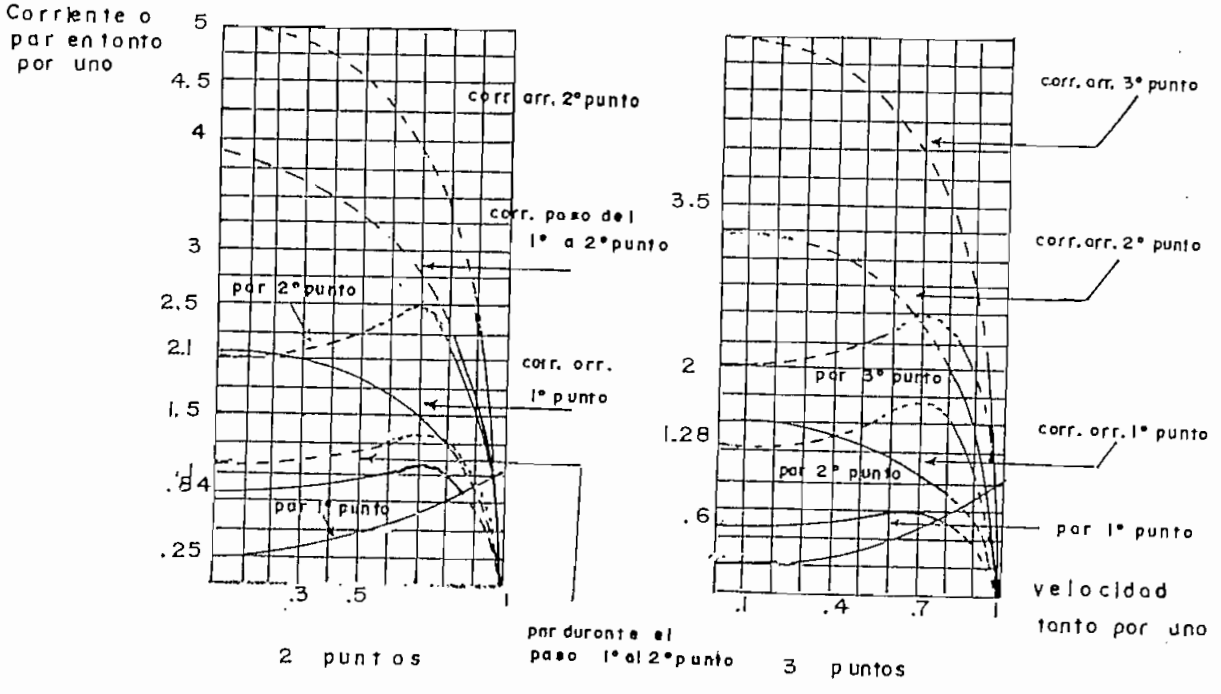


FIGURA No. 51

MOTOR DE ROTOR BOBINADO

Estos motores son excelentes para servicios en los cuales se necesita utilizar velocidad variable, es decir controlar la velocidad del motor.

Estos motores son construídos con anillos rozantes o de fases devanadas, tienen los devanados del estator exactamente del mismo tipo a los utilizados por los motores de rotor en cortocircuito, pero los devanados del rotor se realiza con alambre o barras de cobre. Sobre los anillos rozantes se apoyan escobillas de carbón a las que se conectan resistencias exteriores.

Poseen excelente torque de arranque con corrientes de arranque moderada, y debido al hecho de que pueden emplearse para prestar servicios en los casos en que es necesario variar la velocidad, los motores de este tipo tienen gran aplicación en las industrias.

Dentro de la industria, se los utiliza para impulsar máquinas que hay que poner en marcha y parar con frecuencia y cuyo arranque resulta difícil, por la naturaleza de las cargas (pesadas).

Estos motores se los arranca por:

a. Arranque por resistencias rotóricas.

   La eliminación de la resistencia exterior, se efectúa de las formas siguientes:

1. Acción manual.
2. Acción automática.

1. Acción manual.-

Se utiliza mucho el esquema que a continuación se indica, los 3 brazos de contacto deslizante indicados por la flecha, están unidos en el punto central y dispuestos para disminuir la resistencia cuando se hacen girar en el sentido del reloj.

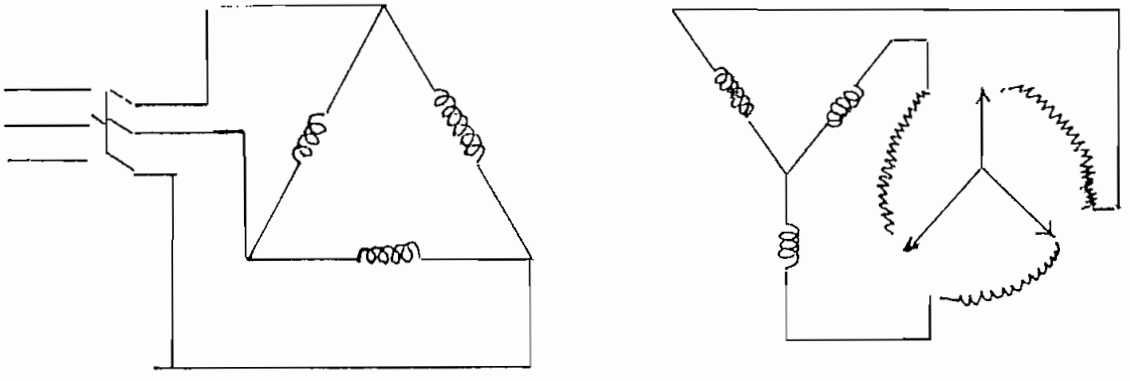


FIGURA No. 52

Esta resistencia utilizable para arrancar motores de anillos rozantes y también para provocar control de velocidad, hacen que estos motores posean un par de arranque muy bueno con intensidades moderadas de la corriente de arranque.

Antes de poner en marcha al motor, debe ponerse la resistencia en su valor máximo, y luego se debe ir disminuyendo gradualmente a medida que el motor va adquiriendo velocidad.

En muchos de los casos, el utilizar este tipo de motor es en el sentido de aprovechar su buen par de arranque que tiene con corriente de arranque poco elevadas, aunque no sea necesario luego variar la velocidad, es decir sólo para arrancar al motor.

Si la resistencia es empleada solamente para arranque, puede ser mucho más pequeña y ligera, que cuando se usa para regular la velocidad. En este último caso, el reóstato debe tener resistencia suficientemente gruesa para poder soportar continuamente la corriente de plena carga sin calentarse excesivamente.

2. Arranque en forma automática.-

Esto se realiza por intermedio de contactores y relés temporizados, para que transcurrido determinado tiempo vaya sacando escalonadamente resistencias colocadas en cada una de las fases.

Una vez pulsado el botón de marcha, el proceso se realiza automáticamente.

Se puede resumir brevemente las ventajas e inconvenientes de los diferentes métodos de arranque detallados.

ARRANQUE ESTRELLA-TRIANGULO:

El torque de arranque es invariante a 1/3 del par nominal. La intensidad de arranque se reduce 1/3 del valor de arranque directo.

En el paso de estrella-triángulo existe un período pequeño de tiempo en el que el motor se queda sin tensión de línea.

ARRANQUE POR RESISTENCIA ESTATORICA:

El par de arranque se ve reducido con el cuadrado de la relación entre tensiones.

A par inicial equivalente a los otros arranques, ocasiona una punta de intensidad superior a la que se obtendría con uno de los otros procedimientos.

Presenta sobre el estrella-triángulo una ventaja importante, como es la continuidad de la alimentación al motor.

El torque crece más rápidamente en función de la velocidad que en el arranque estrella-triángulo.

ARRANQUE MEDIANTE AUTOTRANSFORMADOR:

El torque de arranque puede variarse según la toma del autotransformador que se elija.

La corriente de arranque se reduce sensiblemente de idéntica forma que las tensiones de entrada y salida del autotransformador.

Si se proyecta adecuadamente el esquema de conexiones, se puede arrancar al motor hasta su velocidad nominal sin interrupción de la alimentación.

En estos arrancadores, además de las dos puntas del autotransformador, hay un paso intermedio mediante reactancias estatóricas constituídas por los devanados del autotransformador conectados durante algunos segundos.

ARRANQUE POR RESISTENCIAS ROTORICAS:

Permite la regulación de la velocidad del motor.

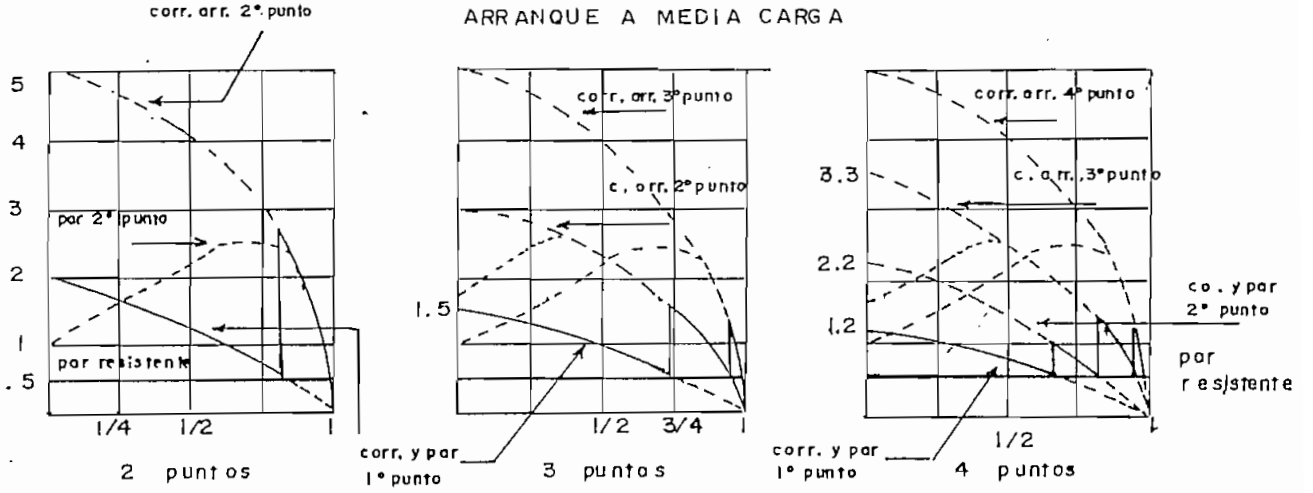
La corriente de arranque se ve reducida enormemente y el par de arranque es elevado.

CURVAS PAR-VELOCIDAD

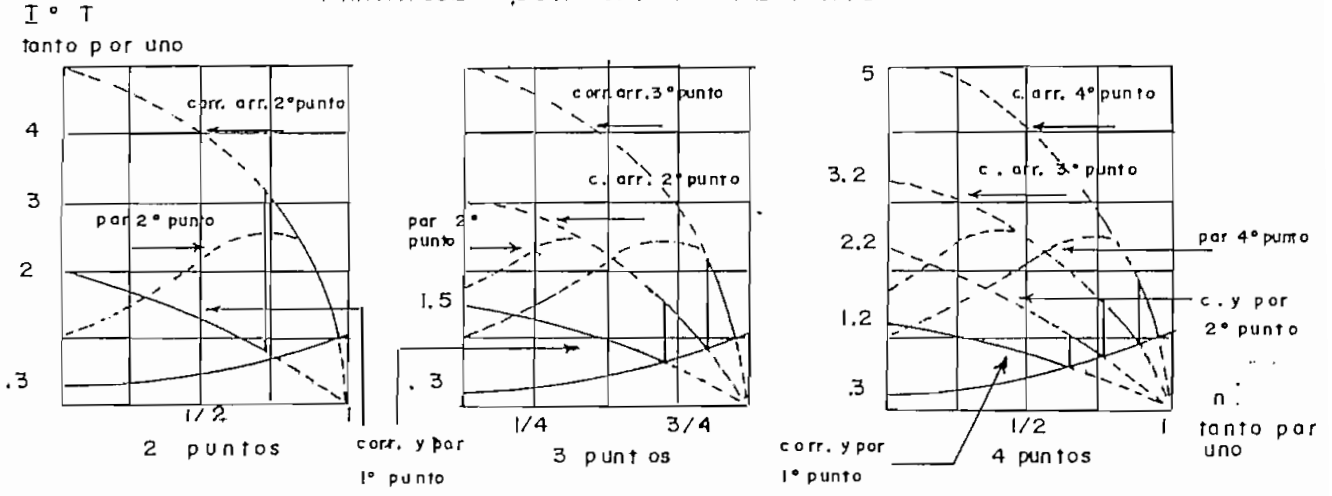
En los equipos normalizados para el arranque de motores de rotor trifásico, se considera que el arranque se desarrolla de acuerdo con las curvas par-velocidad indicadas a continuación.

CURVAS PAR VELOCIDAD : RÓTOR BOBINADO

ARRANQUE A MEDIA CARGA



ARRANQUE CON CARGA CRECIENTE



ARRANQUE A PLENA CARGA

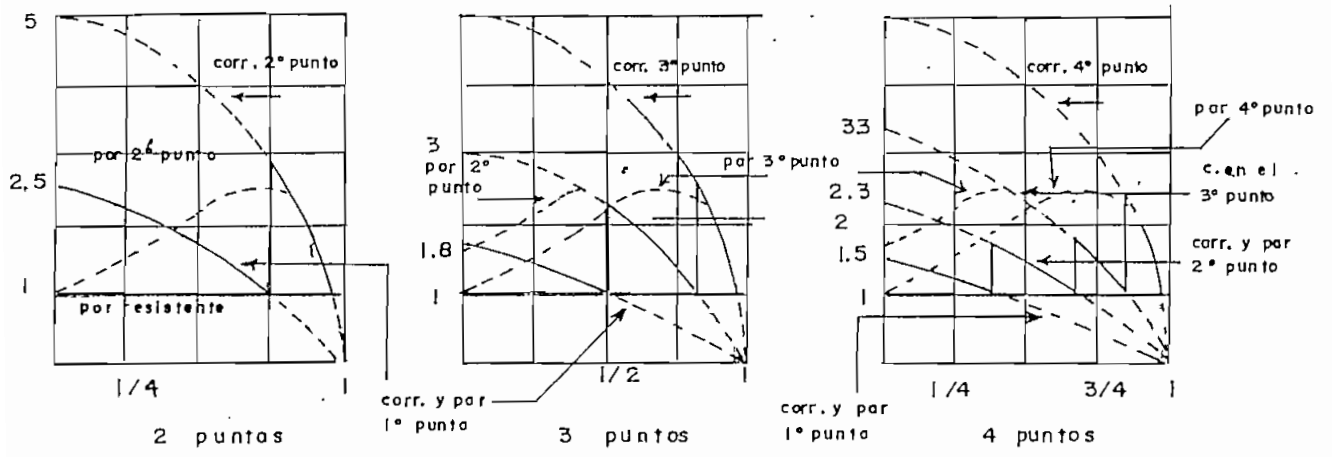


FIG. No. 53

4.5 USO DE CAPACITORES (4), (9), (17), (21)

Una de las medidas al alcance del industrial y de una planta, para juzgar el grado de eficiencia con el cual se está utilizando la enegía eléctrica, es el llamado factor de potencia. Un mal factor de potencia, entendiéndose por mal cuando es del orden de 0.6 - 0.7, exige potencias aparentes mayores para los alternadores y transformadores.

La Figura No. 54 deja ver un diagrma que representa en magnitud y en fase, la intensidad y la tensión de un sistema.

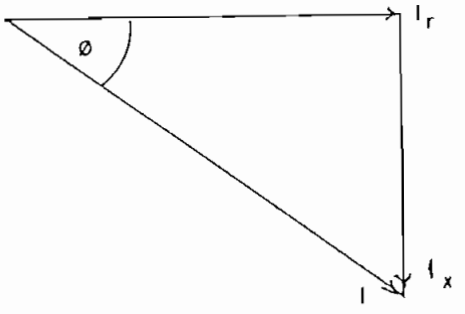


FIG. No. 54

Triángulo de corrientes

$$I = \sqrt{I^2_r + I_X{}^2}$$

$$Fp = \cos \emptyset = \frac{I_r}{I} = \frac{\text{corriente activa}}{\text{corriente total}}$$

Es sabido que por los circuitos eléctricos circulan dos componentes, la

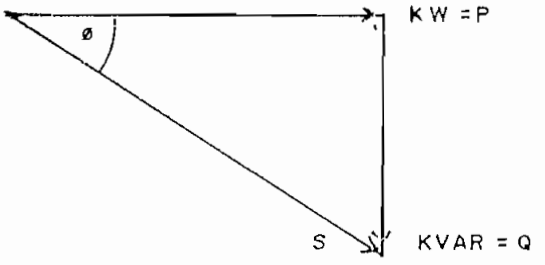
activa y la reactiva (I_r , I_x).

La corriente reactiva es aquella que magnetiza a los núcleos de hierro de los motores, de transformadores, etc.; y la corriente activa o de fuerza es la que hace posible el trabajo efectivo, en el eje de los motores.

Las potencias activas y reactivas, tienen la misma relación de la figura anterior, ya que son producidas por las corrientes antes mencionadas.

La potencia reactiva requerida por todas las cargas inductivas debe suministrarlas el Generador y ser transportadas por los conductores hasta el sitio donde es requerida.

Una planta industrial (como la del Ingenio), cuya carga requiere de potencia reactiva, posee un factor de potencia en atraso (-) y además bajo, del orden de 0.6 - 0.65.



Triángulo de potencias

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

$$Fp = \cos \phi = \frac{P}{S}$$

Los motores de inducción, que constituyen dentro de la fábrica el mayor número de equipos instalados, poseen ellos un factor de potencia bajo y en atraso (-). Los capacitores son los equipos que suministran reactivos y poseen un factor de potencia en adelanto (+).

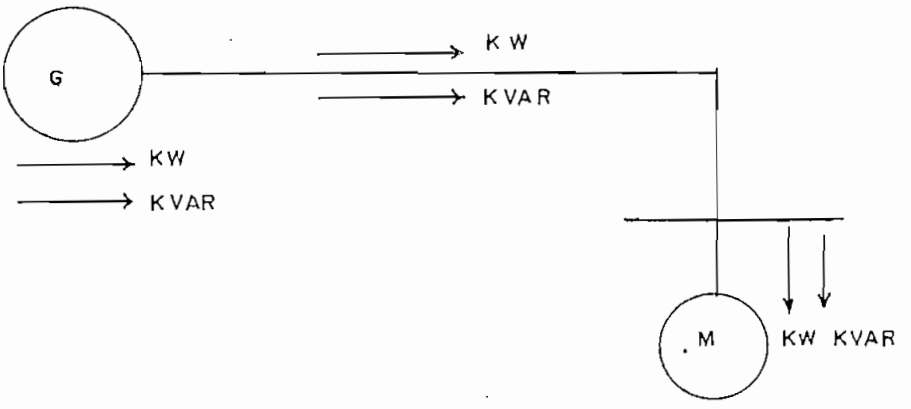


FIG. No. 55

Dentro de las causas primordiales para que la fábrica posea un factor de potencia bajo se debe mencionar, las siguientes:

a. Iluminación de descarga: lámparas de mercurio, fluorescentes, etc. Las lámparas de mercurio requieren para su funcionamiento de una inductancia o de un transformador; la inductancia es para el encendido de la lámpara y para limitar además la corriente en la descarga, y por consiguiente tienen un factor de potencia bajo; y las que utilizan transformador, éste es utilizado de maner que tenga suficiente reactancia de dispersión, para servir a la vez de transformador y bobina de carga, esta reactancia posee bajo factor de potencia.

b. Motores de Inducción:

Constituyen la causa principal para los factores de potencia bajos, primeramente por ser numerosos y segundo por su propia naturaleza (funcionan con un circuito magnético).

c. Circuitos de alimentación largos:

En éstos la inductancia representa un factor de potencia bajo.

d. Soldadoras eléctricas de C.a:

Son máquinas que se caracterizan por tener o producir un factor de potencia bajo, ya que son construidas con una reactancia interna, para limitar la corriente de cortocircuito, en el momento que se produce el arco, se produce un bajo factor de potencia.

Entre los inconveniente de poseer dentro de la fábrica un factor de potencia bajo, se menciona los siguientes:

- Menor durabilidad de los conductores y equipos instalados, ya que el consumo de corriente por ellos acorta la vida útil de los mismos.

- Aumento de la caída de tensión en las líneas y alternador.

- Utilizar alternadores y transformadores más grandes, conductores más gruesos y motores de tamaños más grandes para poder realizar un trabajo mecánico dado.

- Menor rendimiento de los equipos de generación para producir los KW, esto trae consigo la disminución de capacidad de la instalación.

- Mayor consumo de KW-h, provocado por el exceso de pérdidas en las instalaciones; estas pérdidas traen consigo un Fp bajo.

- Si la empresa pagara por el consumo de su energía eléctrica en el proceso de la producción, pagaría cantidades fabulosas.

De lo expuesto hasta ahora, se puede tomar en cuenta que para mejorar el factor de potencia, se debe tratar de producir energía reactiva, para ello uno de los métodos es el uso de los condensadores estáticos. (Fig. No. 56).

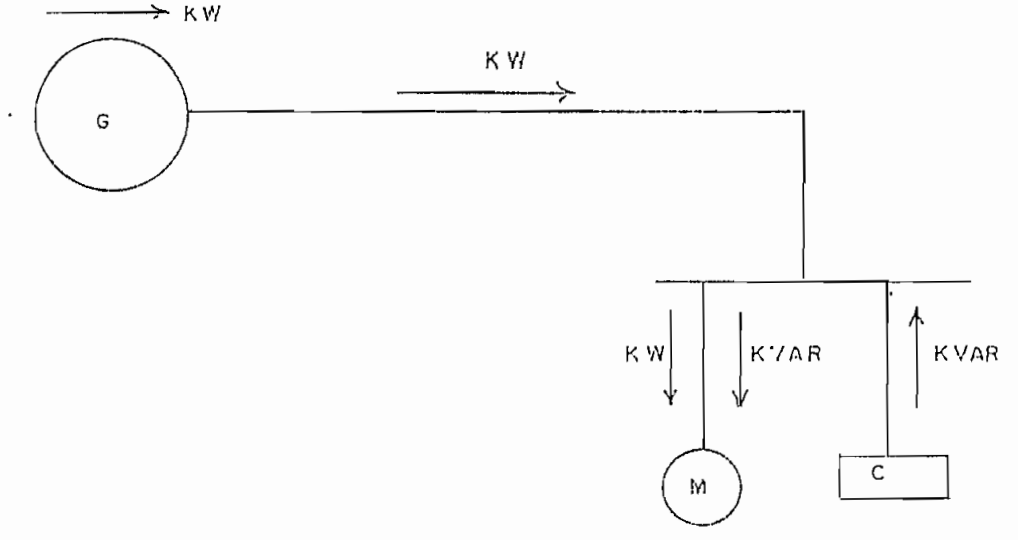


FIG. No. 56

En las hojas siguientes se presenta una serie de valores de Potencia, Amperaje y Voltaje de la planta, en ellas se puede apreciar los factores de potencia de la misma, a diferentes horas.

VALORES TOMADOS DE UNA JORNADA COMPLETA DE TRABAJO

HORA	KW	K A	VOLTAJE	COS Ø
3:00	550	1.35	380	0.62
4:00	350	0.9	380	0.59
5:00	450	1.10	380	0.62
6:00	400	0.9	380	0.62
7:00	350	0.75	380	0.7
8:00	500	1.1	380	0.69
9:00	500	1.2	380	0.63
10:00	450	1.1	380	0.62
11:00	450	1.1	380	0.62
12:00	400	0.9	380	0.62
13:00	400	0.9	380	0.68
14:00	550	1.3	380	0.58
15:00	500	1.2	380	0.63
16:00	400	0.9	380	0.68
17:00	450	1.10	380	0.62
18:00	500	1.2	380	0.63
19:00	450	1.1	380	0.62
20:00	400	0.9	380	0.68
21:00	450	1.1	380	0.62
22:00	300	0.75	380	0.61
23:00	400	0.95	380	0.64
24:00	450	1.1	380	0.62
01:00	500	1.2	380	0.63
02:00	500	1.2	380	0.63

KWp = 447,92
fp = cos Øp = 0,62

De las tablas se puede apreciar el bajo factor de potencia de la planta.

Es necesario además hablar sobre los siguientes puntos:

a. Método de medir el factor de potencia.
b. Método de determinar el factor de potencia de un grupo de motores.
c. Funcionamiento de los condensadores estáticos.
d. Situación de los condensadores.
e. Corrección del factor de potencia eligiendo y cargando bien a los motores trifásicos de jaula de ardilla.
f. Elección del equipo para la corrección del factor de potencia dentro de una planta.
g. Tamaño correcto a elegir del condensador necesario.
h. Tabla para determinar el tamaño del condensador necesario.

a. METODO DE MEDIR EL FACTOR DE POTENCIA (16)

Existen varios métodos para la medición del factor de potencia, nosotros nos valdremos de los instrumentos instalados en el panel general de la planta, para su determinación.

Los fasímetros, no se toman en cuenta puesto que ellos no están marcando el valor correcto, ya que los instrumentos que acompañan a éstos están quemados y no se ha hecho nada por reponerlos, a pesar de las varias insinuaciones hechas.

Se debe valer de las lecturas de potencia, amperaje, por las líneas y el valor del voltaje generado.

Procedemos de la siguiente manera:

1) Anotamos el valor de la potencia en KW (activa).
2) Conocemos el valor del voltaje generado, en este caso es de 380 voltios.
3) Anotamos el valor de la corriente por la línea en KA. La potencia aparente consumida se calcula de la forma siguiente:

$$S = \sqrt{3}\ V\ I \quad (KVA)$$

$$fp = \text{Cos } \emptyset = \frac{P}{S} = \frac{KW}{KVA}$$

b. METODO PARA DETERMINAR LA POTENCIA DE UN GRUPO DE MOTORES (16)

Se puede determinar dentro de la planta, el factor de potencia considerando grupos de motores, los cuales se encuentran distribuídos desde sendos tableros.

Para su determinación se procede así:

1) Para cada uno de los motores, multiplíquese su caballaje (CV) por su factor de potencia al 75% de la carga clasificada.
2) Súmense todos estos productos encontrados para todos los motores.
3) La suma obtenida en el punto 2, se divide para el caballaje total conectado al tablero de distribución y dará el factor de potencia bastante cerca al real (pero suficientemente exacto para la mayoría de los cálculos) del circuito. La corrección de este

factor a un valor establecido deseado, se lo puede realizar luego utilizando los KVAR necesarios, para lo cual se debe seleccionar el capacitor apropiado, ello se puede realizar valiéndose de las tablas proporcionadas por los fabricantes.

c. FUNCIONAMIENTO DEL CONDENSADOR

Es conocido que cuando se aplica una diferencia de potencial a los terminales de dos superficies conductoras paralelas que están cerca una de la otra, pero aisladas entre sí; almacenan una carga electrostática. Cuando se suprime el voltaje aplicado y se pone en cortocircuito el condensador, esta energía estática se descarga bajo la forma de una corriente dinámica.

Si se aplica corriente alterna a un condensador, se carga durante el período en el voltaje de línea está creciendo desde cero hasta su valor máximo, y permite al condensador descargarse en la línea cuando el voltaje de éste empieza a decrecer desde el valor máximo hasta cero.

La intensidad de la corriente así suministrada por el condensador avanza, con respecto al voltaje de línea aplicado, aproximadamente a 90° y neutraliza así el efecto de la corriente retrazada que fluye por el circuito.

Cuando se conecta los terminales de un motor un condensador se puede apreciar en el gráfico anterior, que suministra una corriente devatiada o magnetizante de modo, que esta corriente no circula por las

líneas entre el generador y el motor.

Las características opuestas del motor de inducción y del condensador estático dan lugar a un paso continuo, o su intercambio, de corriente entre los dos, durante el funcionamiento. Impidiendo esta circulación de corriente por las líneas, el condensador reduce la caída de voltaje en la línea y hace posible el utilizar conductores más delgados en las líneas de alimentación al motor. Reduce tambiéń la corriente devatiada que circula por los devanados del alternador.

Los capacitores o condensadores deben operar a o cerca de su voltaje nominal.

$$KVARR = f\ (\ KV^2\ )$$

$$KVAR = \frac{E^2\ 2\pi\ f\ C \times 10^{-6}}{1000}$$

E = voltaje rms

f = frecuencia

C = capacidad en μf

d. SITUACION DE LOS CONDENSADORES

Cuando los motores son de tamaño grande o medianos, resulta mejor en ocasiones corregir el factor de potencia en su mismo origen, conectando pequeños condensadores en los terminales del motor. Esto hace que no circulen por las líneas de los alimentadores la corriente de magnetización al motor. Pero esto en ocasiones resulta demasiado

oneroso a las empresas, debido a la gran cantidad de motores que tienen en funcionamiento.

Cuando se desea corregir el factor de potencia de los transformadores, se conectan los condensadores en el secundario del mismo. Esto libera al transformador o equipo de soportar la corriente devatiada, pero no elimina el transporte por los conductores hasta los equipos, ni evita el bajo rendimiento.

Si es que se tiene grandes motores y que tienen enorme influencia resulta conveniente, corregir el factor de potencia en el origen. La situación de los condensadores depende por tanto de la economía de la empresa. Es conveniente tratar de corregir el factor de potencia en cada uno de los tableros que se encuentran en la fábrica.

En la Figura No. 54 se presenta un esquema de condensadores con motores corregidos en forma individual y con motores corregidos en grupos.

Los condensadores A, B y C de los motores grandes, limitan la circulación de la corriente devatiada a los conductores que hay entre uno y otro y si son del tamaño adecuado, nada de esta corriente devatiada circulará por los conductores de alimentación.

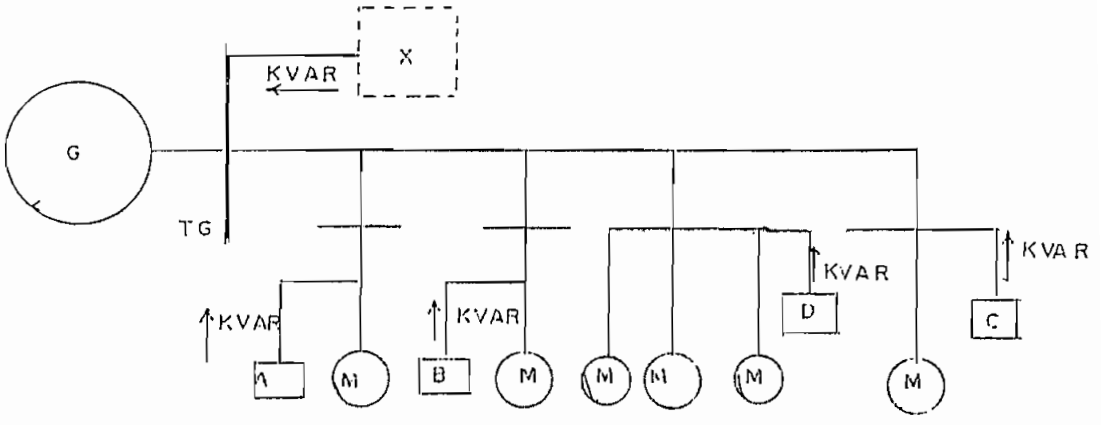


FIG. No. 57

Si el condensador D tiene el tamaño adecuado para suministrar reactivos a todos los motores, la corriente generada por el condesador circulará sólo por los conductores de los motores y se impediría que la caída de voltaje en las líneas sea representativa.

Si realizados estudios, se creyera conveniente no utilizar en los sitios indicados, se puede optar por colocar un condensador X en los terminales del generador (tablero general). Esta solución no eliminaría la corriente devatiada por los alimentadores, pero si aliviaría que el generador estuviera sobrecargado por las corrientes devatiadas.

e. CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA ELIGIENDO Y CARGANDO BIEN LOS MOTORES

Antes de proceder a colocar algún equipo para corrección del factor

de potencia, se debe primeramente o deberá hacerse en primer lugar todos los esfuerzos posibles por tratar de mejorarlo, pero cambiando o modificando los motores existentes. Como ya se ha hablado ampliamente existen motores que se encuentran moviendo cargas débiles. Sería bueno cambiar los motores grandes de inducción por rotor bobinado, pero esto no sería gran solución al problema, puesto que ellos son bastante caros y además el equipo utilizado es muy difícil de adquirirlo. Lo preferible es cambiar los motores de inducción, por otros motores que se adapten mejor a las necesidades de energía y quizás sólo sean necesarios reemplazar unos cuantos.

La planta que es movida por gran cantidad de motores de inducción, diferentes potencias, y que se sabe poseen un bajo factor de potencia, debe tenerse especial cuidado al elegir motores adicionales.

Cuando se realizan inspecciones en la fábrica, por parte del personal o se cambian viejos motores, o se instalan nuevos, debe tenerse siempre en mente lo importante que es realizar una selección y optar una carga adecuada de los motores de corriente alterna.

f. ELECCION DEL EQUIPO PARA CORREGIR EL FACTOR DE POTENCIA

Cuando la planta ha hecho todo lo posible por corregir su factor de potencia y todavía se determina que existe el bajo factor y que está dando calentamiento de líneas, motores, etc., se debe pensar en otros métodos de corrección.

Si la empresa recibiera energía de alguna conseccionaria, ella esta-

ría cobrando grandes sumas de dinero, inclusive por la penalización que ellas imponen por bajo factor de potencia.

El equipo a utilizar para este fin, no debe instalarse al azar, tan sólo por el hecho de haberse oído que surten los efectos mencionados. Debe estudiarse el sistema minuciosamente y realizarse pruebas necesarias para averiguar el factor real existente; y cuál es la carga real aplicada a los alternadores y alimentadores.

También resulta útil la verificación del factor de potencia de los distintos tableros de distribución en la fábrica, que son centros en los cuales se agrupan varios motores.

Al tratar de decir cuál es el equipo más apropiado para estos menesteres como: condensadores sincrónicos, condensadores estáticos o motores sincrónicos, debe tenerse mucho cuidado.

Si en la planta hay varias máquinas que se adapten a ser movidas por motores sincrónicos, y si se puede en que utilizar los motores de inducción a ser reemplazados, el empleo de estos motores sincrónicos para mover carga y corregir el factor de potencia, es una buena selección.

Si una planta es grande, y posee centros de cargas muy importantes, es conveniente instalar condensadores sincronos, pero debe tenerse muy en cuenta que la conservación de estos condensadores requiere de gente con experiencia y experta en mantenimiento de estos equipos.

Si la planta es de mediana potencia, y si los motores y las cargas están esparcidas en los extremos de los alimentadores, resulta muy conveniente el poder utilizar los condensadores estáticos.

g. DETERMINACION DEL TAMAÑO CORRECTO DEL CONDENSADOR NECESARIO

Es demás sencillo el cálculo de la economía que puede lograrse corrigiendo el factor de potencia en una cierta proporción y también el calcular el tamaño del condensador (estático o sincrónico) que se necesitaría para corregir el factor de potencia a un valor deseado.

Para determinar el tamaño del condensador o la corrección en KVAR es necesario primero medir la carga efectiva en KW y el factor de potencia de esa carga. Por lo general, no es práctico elevar un factor de potencia hasta la unidad, es decir al 100%, porque cuando más se aproxima a la unidad el factor de potencia, tanto más grande el número de KVARS correctivo necesarios para aumentar el factor de potencia en la proporción adicional. Se llega por tanto a un punto en que el costo elevado de este equipo sobrepasa el beneficio de la corrección.

Otro hecho es que el factor de potencia no es deseable en algunas plantas tenerlo a la unidad, por el hecho de que un pequeño cambio en la carga o en el Fp, el sistema tiene ya un factor de potencia unidad, y da como resultado una variación considerable en la corriente y tiende además a hacer inestable al sistema.

Por este hecho es conveniente un factor entre el 80% al 95%. Cuando

la carga en KW y el factor de potencia de la fábrica o del sistema se conocen, es fácil calcular la potencia aparente en KVA y también la energía reactiva devatiada o los KVARS. La última cifra mencionada denomínase caomponente devatiada, significando la porción devatiada de la energía.

Sea OP la potencia activa constante requerida por la industria OS y OQ, las potencias aparente y reactiva antes de efectuarse corrección alguna.

ϕ_1 el ángulo de desfase antes de la corrección.

ϕ_2 el ángulo de desfase después de la corrección.

Os_1, OQ_1 las potencias aparentes y reactivas de realizar la compensación necesaria.

La diferencia entre:

$OQ - OQ_1 = Q_1 Q$ es la potencia reactiva necesaria para llegar al factor de potencia deseada.

OQ_1 es la potencia reactiva generada por el generador.

La potencia reactiva necesaria en KVARS también se puede calcular por la siguiente relación:

$$KVARS = KW \cdot (\tan \phi - \phi_2)$$

ϕ_2, en radianes.

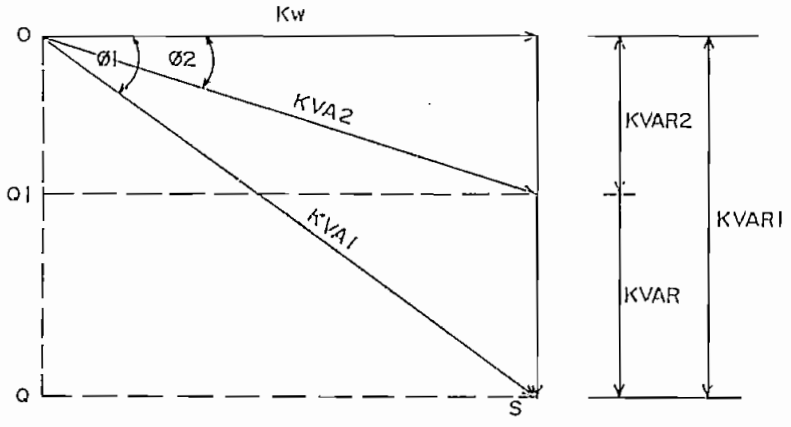


FIG. 57-a

Tabla para calcular el valor en kvar del capacitor necesario para mejorar la carga del factor de potencia deseado

Factor de potencia original en por ciento

Nuevo	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
80	,982	1.008	1.034	1.060	1.086	1.112	1.139	1.165	1.192	1.220	1.248	1.276	1.303	1.337	1.369	1.401	1.441	1.481	1.529	1.590	1.732
81	,936	,962	,988	1.014	1.040	1.066	1.093	1.119	1.146	1.174	1.202	1.230	1.257	1.291	1.323	1.357	1.395	1.435	1.483	1.544	1.686
82	,894	,920	,946	,972	,998	1.024	1.051	1.077	1.104	1.132	1.160	1.188	1.215	1.249	1.281	1.315	1.353	1.393	1.441	1.502	1.644
83	,850	,876	,902	,928	,954	,980	1.007	1.033	1.060	1.088	1.116	1.144	1.171	1.205	1.237	1.271	1.309	1.349	1.397	1.458	1.600
84	,809	,835	,861	,887	,913	,939	,966	,992	1.019	1.047	1.075	1.103	1.130	1.164	1.196	1.230	1.268	1.308	1.356	1.417	1.557
85	,769	,795	,821	,847	,873	,899	,926	,952	,979	1.007	1.035	1.063	1.090	1.124	1.156	1.190	1.228	1.268	1.316	1.377	1.517
86	,730	,756	,782	,808	,834	,860	,887	,913	,940	,968	,996	1.024	1.051	1.085	1.117	1.151	1.189	1.229	1.277	1.338	1.483
87	,692	,718	,744	,770	,796	,822	,849	,875	,902	,930	,958	,986	1.013	1.047	1.079	1.113	1.151	1.191	1.239	1.300	1.442
88	,655	,681	,707	,733	,759	,785	,812	,838	,865	,893	,921	,949	,976	1.010	1.042	1.076	1.114	1.154	1.202	1.263	1.405
89	,618	,644	,670	,696	,722	,748	,775	,801	,828	,856	,884	,912	,939	,973	1.005	1.039	1.077	1.117	1.165	1.226	1.368
90	,584	,610	,636	,662	,688	,714	,741	,767	,794	,822	,849	,878	,905	,939	,971	1.005	1.043	1.083	1.131	1.192	1.334
91	,549	,575	,601	,627	,653	,679	,706	,732	,759	,787	,815	,843	,870	,904	,936	,970	1.008	1.048	1.096	1.157	1.299
92	,515	,541	,567	,593	,619	,645	,672	,698	,725	,753	,781	,809	,836	,870	,902	,936	,974	1.014	1.062	1.123	1.265
93	,483	,509	,535	,561	,587	,613	,640	,666	,693	,721	,749	,777	,804	,838	,870	,904	,942	,982	1.030	1.091	1.233
94	,450	,476	,502	,528	,554	,580	,607	,633	,660	,688	,716	,744	,771	,805	,837	,871	,909	,949	,997	1.058	1.200
95	,419	,445	,471	,497	,523	,549	,575	,603	,629	,657	,685	,713	,740	,774	,806	,840	,878	,918	,966	1.027	1.169
96	,387	,414	,440	,466	,492	,518	,545	,571	,598	,626	,654	,682	,709	,743	,775	,809	,847	,887	,935	,994	1.138
97	,356	,384	,410	,436	,462	,488	,515	,541	,568	,596	,624	,652	,679	,713	,745	,779	,817	,857	,905	,966	1.108
98	,329	,355	,381	,407	,433	,459	,486	,512	,539	,567	,595	,623	,650	,684	,716	,750	,788	,828	,876	,937	1.079
99	,299	,325	,351	,377	,403	,429	,456	,482	,509	,537	,565	,593	,620	,654	,686	,720	,758	,798	,846	,907	1.049
100	,270	,296	,322	,348	,374	,400	,427	,453	,480	,508	,536	,564	,591	,625	,657	,691	,729	,769	,811	,878	1.020
101	,242	,268	,294	,320	,346	,372	,399	,425	,452	,480	,508	,536	,563	,597	,629	,663	,701	,741	,789	,850	,992
102	,213	,239	,265	,291	,317	,343	,370	,396	,423	,451	,479	,507	,534	,568	,600	,634	,672	,712	,754	,821	,963
103	,184	,210	,236	,262	,288	,314	,341	,367	,394	,422	,450	,478	,505	,539	,571	,605	,643	,683	,727	,794	,936
104	,155	,181	,207	,233	,259	,285	,312	,338	,365	,393	,421	,449	,476	,510	,542	,576	,614	,654	,700	,767	,909
105	,126	,152	,178	,204	,230	,256	,283	,309	,336	,364	,392	,420	,447	,481	,513	,547	,585	,625	,671	,738	,880
106	,098	,124	,150	,176	,202	,228	,255	,281	,308	,336	,364	,392	,419	,453	,485	,519	,557	,597	,643	,710	,852
107	,070	,096	,122	,148	,174	,200	,227	,253	,280	,308	,336	,364	,391	,425	,457	,491	,529	,569	,615	,682	,824
108	,042	,068	,094	,120	,146	,172	,199	,225	,252	,280	,308	,336	,363	,397	,429	,463	,501	,541	,587	,654	,796
109	,014	,040	,066	,092	,118	,144	,171	,197	,224	,252	,280	,308	,335	,369	,401	,435	,473	,513	,559	,626	,768
110	,000	,026	,052	,078	,104	,130	,157	,183	,210	,238	,266	,294	,321	,355	,387	,421	,459	,499	,541	,608	,750
111		,000	,026	,052	,078	,104	,131	,157	,184	,212	,240	,268	,295	,329	,361	,395	,433	,473	,515	,582	,724
112			,000	,026	,052	,078	,105	,131	,158	,186	,214	,242	,269	,303	,335	,369	,407	,447	,489	,556	,698
113				,000	,026	,052	,079	,105	,132	,160	,188	,216	,243	,277	,309	,343	,381	,421	,463	,530	,672
114					,000	,026	,053	,079	,106	,134	,162	,190	,217	,251	,283	,317	,355	,395	,437	,504	,645
115						,000	,027	,053	,080	,108	,136	,164	,191	,225	,257	,291	,329	,369	,411	,478	,620

Ejemplo: Total en kw de la carga según la lectura del wattmetro, 100 kw con un factor de potencia de 60 por ciento. Los capacitores por adelanto necesarios para aumentar el factor de potencia al 90 por ciento, se encuentra multiplicando los kw por el factor que se encuentra en la tabla que es de 0.849. Entonces, 100 kw x 0.849 = 84.9 kvar. Usar 85 kvar

TABLA No. 5

h. TABLAS PARA DETERMINAR EL TAMAÑO DE LOS CONDENSADORES NECESARIOS

La tabla No. 6 simplifica muchísimo el método para determinar la capacidad adecuada de un condensador para corregir el factor de potencia de una carga dada hasta llevarla a un valor determinado.

Esta tabla da números que pueden utilizarse como constantes, para los cuales hay que multiplicar la carga en KW para obtener los KVARS necesarios para mejorar el factor de potencia y hacerla pasar de uno a otro valor.

A manera de ejemplo se tiene:

Supongamos que la planta necesita corregir el factor de potencia desde 0.65 a 0.85, y además consume 400 KW.

Se ubica la columna de la derecha donde está el factor de potencia inicial, se va a la derecha hasta donde se encuentra el valor a donde se desea llevarlo, y se tiene el valor de 0.549.

Multiplicando esta cantidad por la carga en KW se obtiene:

$$KVARS = 400 \times 0.549 = 219,6$$

Esto indica que se debe utilizar un condensador de esta capacidad para lograr lo propuesto.

La potencia aparente a fp = 0,65 es:

$$KVA = \frac{400\ KW}{065} = 615$$

$$KVARS = \sqrt{615^2 - 400^2} = \sqrt{218225}$$

$$KVAR \cong 468$$

Vemos que mejorando el fp habremos reducido la potencia aparente desde 615 a 471, es decir hemos reducido 144 KVA.

También se alivia a los conductores principales del generador:

$$\Delta I = \frac{\Delta KVA}{380x\sqrt{3}} = \frac{144\ KVA}{0.38x\sqrt{3}} = 218 \text{ Amperios}$$

Es muy posible que en la planta, el personal hecho cargo de la misma no se haya percatado de lo importante que es el tener un buen factor de potencia, ya que como se ha mencionado, se puede lograr el alivio de todo el sistema.

KVA DEL CONDENSADOR PARA MEJORAR EL FACTOR DE POTENCIA DE LOS MOTORES DE INDUCCIÓN DE JAULA DE ARDILLA

(Esta corrección es la de P. hasta 0,95 ó 0, [illegible])

MOTOR		Kva del condensador para el factor de potencia deseado	
HP	v	0,95	0,90
1 800 R. P. M.			
½	Bajo	½	½
½	2 200	½	½
¾	Bajo	½	½
1	Bajo	½	1
1½	Bajo		
2	Bajo	1	1½
3	Bajo	1	½
5	Bajo	1½	1
7½	Bajo	2	1½
10	Bajo	2	1½
15	Bajo	3	2
20	Bajo	4	3
25	Bajo	4	3
30	Bajo	5	4
30	2 200	7½	5
40	Bajo	7½	5
40	2 200	7½	5
50	Bajo	7½	5
50	2 200	7½	5
60	Bajo	7½	5
60	2 200	10	7½
75	Bajo	10	5
75	2 200	10	7½
1 200 R. P. M.			
½	Bajo	½	½
¾	Bajo	½	½
1	Bajo	½	¾
1½	Bajo	¾	¾
2	Bajo	1	¾
3	Bajo	1½	1
5	Bajo	2	1½
7½	Bajo	3	2½
10	Bajo	3	2
15	Bajo	4	3
20	Bajo	5	4
25	Bajo	7½	5
25	2 200	7½	5
30	Bajo	7½	5
30	2 200	10	7½
40	Bajo	10	7½
40	2 200	10	7½
50	Bajo	7½	5
50	2 200	10	7½
60	Bajo	10	7½
60	2 200	10	7½
75	Bajo	10	7½
75	2 200	10	7½
900 R. P. M.			
½	Bajo	1	1
¾	Bajo	1	1
1	Bajo	1	1
1½	Bajo	1½	1
2	Bajo	1½	1½
3	Bajo	2	1½
5	Bajo	3	2
7½	Bajo	4	3
10	Bajo	5	4
15	Bajo	7½	5
20	2 200	10	7½
25	Bajo	7½	5
25	2 200	10	7½
30	Bajo	10	7½
30	2 200	10	7½
40	Bajo	15	10
40	2 200	15	10
50	Bajo	15	10
50	2 200	15	10
60	Bajo	15	10
60	2 200	15	10
75	Bajo	20	15
75	2 200	20	15
100	Bajo	20	15
100	2 200	25	20
125	Bajo	25	20
125	2 200	30	25
150	Bajo	30	25
150	2 200	40	30
200	Bajo	40	30
200	2 200	50	40
720 R. P. M.			
½	Bajo	1	1
¾	Bajo	1	1
1	Bajo	1	1
1½	Bajo	1½	1
2	Bajo	2	1½
3	Bajo	3	2
5	Bajo	4	3
7½	Bajo	5	4
10	Bajo	7½	5
15	Bajo	10	7½
20	2 200	15	10
25	Bajo	15	10
25	2 200	20	15
30	Bajo	20	15
30	2 200	25	20
40	Bajo	25	20
40	2 200	30	25
50	Bajo	30	25
50	2 200	40	30
60	Bajo	40	30
60	2 200	50	40
75	Bajo	50	40
75	2 200	60	50
100	Bajo	60	50
100	2 200	75	60
125	Bajo	75	60
125	2 200	90	75
150	Bajo	90	75
150	2 200	100	90
200	Bajo	100	90
200	2 200	120	100
600 R. P. M.			
5	Bajo	5	4
7½	Bajo	7	5
10	Bajo	7	5
15	Bajo	10	7½
20	Bajo	10	7½
25	Bajo	15	10
30	Bajo	15	10
30	2 200	20	15
40	Bajo	20	15
40	2 200	25	20
50	Bajo	25	20
50	2 200	30	25
60	Bajo	30	25
60	2 200	40	30
75	Bajo	40	30
75	2 200	50	40
100	Bajo	50	40
100	2 200	60	50
125	Bajo	60	50
125	2 200	75	60
150	Bajo	75	60
150	2 200	90	75
200	Bajo	100	90
200	2 200	120	100
514 R. P. M.			
5	Bajo	5	4
7½	Bajo	7	5
10	Bajo	7	5
15	Bajo	10	7½
20	Bajo	10	7½
25	Bajo	15	10
30	Bajo	15	10
30	2 200	20	15
40	Bajo	20	15
40	2 200	25	20
50	Bajo	25	20
50	2 200	30	25
60	Bajo	30	25
60	2 200	40	30
75	Bajo	40	30
75	2 200	50	40
100	Bajo	50	40
100	2 200	60	50
125	Bajo	60	50
125	2 200	75	60
150	Bajo	75	60
150	2 200	90	75
200	Bajo	100	90
200	2 200	120	100

Bajo significa un voltaje de 220, 110 ó 550 voltios.

Esta tabla da los Kva del condensador estandar más próximo, necesario para corregir el factor de potencia de los motores de inducción con rotor en jaula de ardilla hasta el 0,95 ó 0,90. Aunque la corriente magnetizante que necesita el motor de inducción varía algo entre la marcha en vacío y la plena carga, el se corrige el factor de potencia del motor hasta el valor deseado para la marcha a media carga (los valores dados en la tabla) se corregirá también el factor de potencia aproximadamente para todas las cargas. En realidad, el factor de potencia será algo mayor en carga y algo menor en la marcha a plena carga.

Puesto que las características del factor de potencia de los motores de inducción de una misma potencia nominal varían mucho, según el fabricante, los valores anteriores son por necesidad aproximados. Los tamaños indicados para el condensador serán, sin embargo, adecuados en la mayoría de los casos.

TABLA No. 6

C A P I T U L O V

PRUEBAS DE EQUIPOS ELECTRICOS

OBJETIVOS

Dentro de la industria es importante la realización de pruebas a los equipos eléctricos, para saber del estado de los mismos.

Las condiciones de operación y comportamiento de los equipos eléctricos se analizan únicamente realizando mediciones exactas.

Una comparación de la corriente y de voltaje en el motor, y con la información de placa servirá para verificar el estado del equipo y si marcha dentro de las especificaciones dadas.

El Ingenio Azucarero posee un taller de reparaciones en las cuales se deben realizar una serie de pruebas de las máquinas, y no solamente en el taller sino que es también necesario realizarlas con el motor en funcionamiento con carga; pero para ello el personal deberá poseer una serie de instrumentos de medición tales como: voltímetro, amperímetro, grauler, meguer, etc.

Para la realización de las pruebas, es indispensable que los elementos mencionados se los conserve en buen estado de funcionamiento, ya que de las lecturas realizadas por ellos, se debe verter un resultado.

Las indicaciones realizadas tanto en carga, como las que se pueden hacer en vacío y con motor parado, son como he dicho importantes y necesarias de saber dentro de la fábrica, por el personal perteneciente al área de electricidad. Se ha creído conveniente mencionar varias pruebas a realizarse, ya que por experiencia se ha notado fallas en las determinaciones de ciertas anomalías de los motores y equipos, los cuales pudiéndose arreglar en ocasiones, no se ha hecho, sino que se los ha dejado funcionando con las consecuencias fatales para la máquina.

Estas pruebas que se realizan a motores, se las puede realizar de igual manera a máquinas reparadas o máquinas recibidas y que van a ser puestas en funcionamiento.

Por tanto el objetivo de este capítulo es que se conozca algunas de las formas elementales de realizar un diagnóstico de la maquinaria en funcionamiento dentro de la empresa.

Para la realización de pruebas de relés, contactores y disyuntores no se menciona debido a que la empresa no dispone de los elementos adecuados para la realización de pruebas de estos elementos; ya que deberá disponerse de grandes corrientes y valores ajustables de tensión.

Cuando sea necesario instalar estos elementos, deben ser probados antes de instalarse, se recomienda hacerlas en centros especializados. La adquisición de estos equipos se recomienda en caso de disponerse de un elevalo stock de equipos

5.2 PRUEBA DE MOTORES MEDIANTE PINZA VOLTAMPERIMETRICA (11), (15), (23)

Este elemento no es más que un instrumento portátil y de inducción, que mide voltaje-amperaje y resistencia, es un aparato de gancho, provisto en la parte superior de una especie de mordaza metálica que se abre para colocar dentro de la misma línea que se quiere probar. Una vez que el conductor está dentro de la mordaza, se cierra ésta por medio de un simple movimiento y el aparato marca inmediatamente el valor de corriente.

Con objeto de no averiar este instrumento, el fabricante le ha colocado un botón selector al alcande de la mano del operador, para que éste lo coloque en la escala adecuada.

Para medir voltaje con este instrumento, basta conectar en los dos bornes que tiene el frente los cables de prueba y tocar con los mismos directamente la línea que se va a medir.

Con este instrumento muy sencillo, se puede realizar algunas pruebas en los motores como:

a. Medición de intensidades de corriente.
b. Medición de resistencias (bobinas).
c. Pruebas de voltajes.

a. MEDICION DE INTENSIDADES DE CORRIENTE.-

Es muy sencilla de realizar, ya sea esté el motor trabajando con carga o funcionando en vacío.

Para ello como ya se dijo se intercala dentro de la pinza el conductor por el cual se va a determinar la corriente. Si el motor está en operación normal, dará el grado en el cual está trabajando, es decir se puede afirmar si está o no sobrecargado y además el porcentaje de sobrecarga. Se puede indicar si el motor está trabajando como monofásico por interrupción de una de las líneas, ya que el amperímetro indica por esta fase cero. Localizada la fase averiada se debe inmediatamente determinar cuál es el motivo de la interrupción, ya que pueden ser varios los motivos para que esto suceda.

Un valor muy elevado de la corriente nominal, es indicación de que el motor tiene problemas.

Si el motor está en conexión estrella, la corriente circula por dos fases. (Fig. 58).

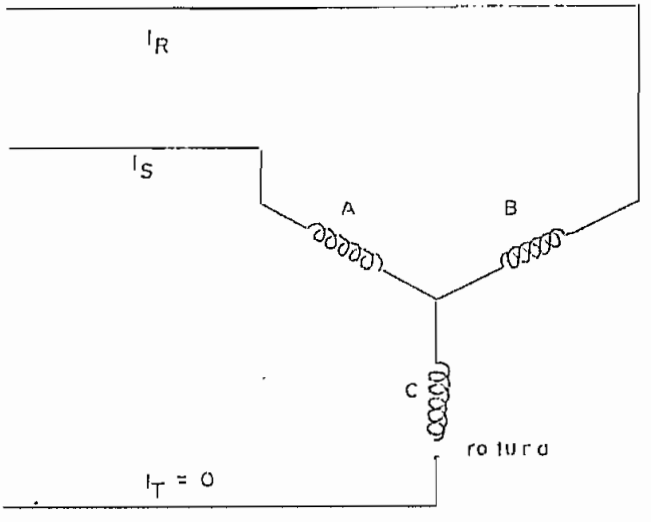


FIG. 58

Conexión Estrella

Si el motor está en conexión triángulo, la corriente circula por una sola fase. (Fig. 59).

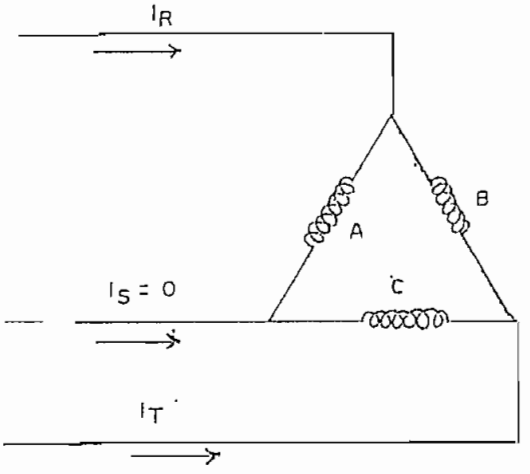
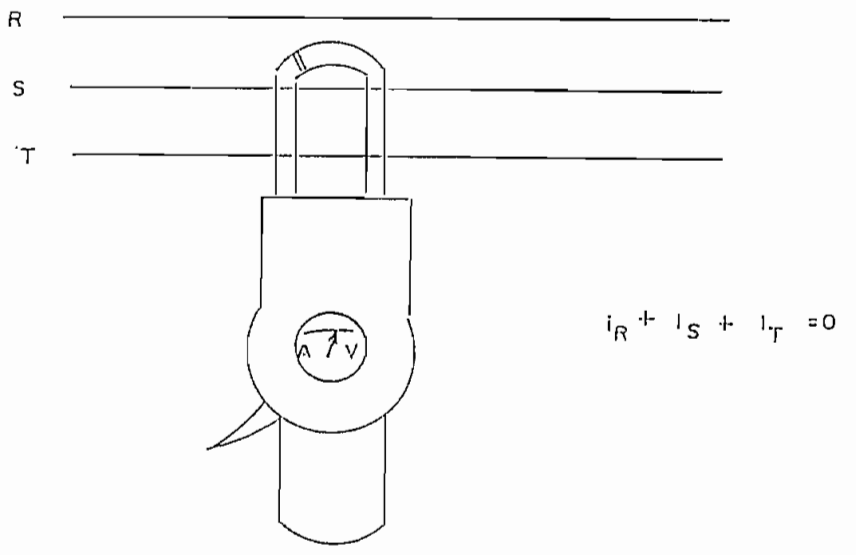


FIG. 59

CONEXION TRIANGULO

Como puede apreciarse en el gráfico, un motor en una sola fase, llega a quemarse en poco tiempo, si es que el relé térmico no abre a tiempo, por tal motivo si al realizar una medición se presenta el caso, se debe inmediatamente indagar cuál es la causa para que esté ocurriendo lo mencionado. Si el problema no está en la línea o en los fusibles, se debe desmontar el motor inmediatamente para revisar los devanados en el taller de reparaciones.

Se puede realizar la medición de corriente, intercalando la pinza de gancho en dos conductores, y la lectura obtenida será la corriente por el conductor libre, esto si el sistema es equilibrado.



Si se mide un motor en vacío y se ve que en cada fase se tiene valores diferentes entre sí, se esta seguro de decir que las espiras del motor están cortocircuitadas.

b. MEDICION DE LAS RESISTENCIAS.-

La resistencia de los devanados, siempre y cuando el motor esté bien devanado, tienen que ser casi iguales, con una aceptación de variación del ± 5% del valor real (nominal).

Para ello es útil la utilización de un óhmetro con escalas pequeñas, para poder apreciar correctamente la lectura, ya que los valores de los devanados de los motores son muy pequeños.

Se debe realizar las mediciones de los devanados, desconectando el punto neutro en caso de estar en estrella, o zafando las uniones de las fa

ses en caso de serlo en triángulo. En motores que traen sus seis terminales al exterior, esto es muy sencillo de realizar. (Fig. 60, 61).

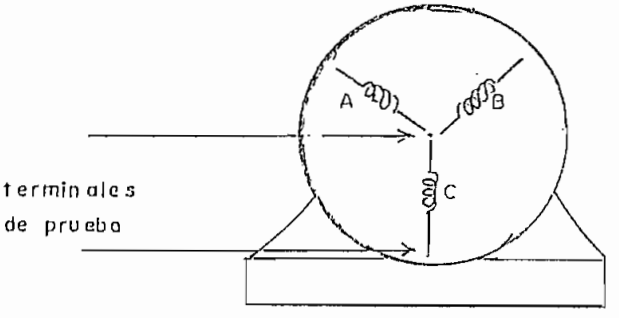


FIG. 60

Motor en Estrella

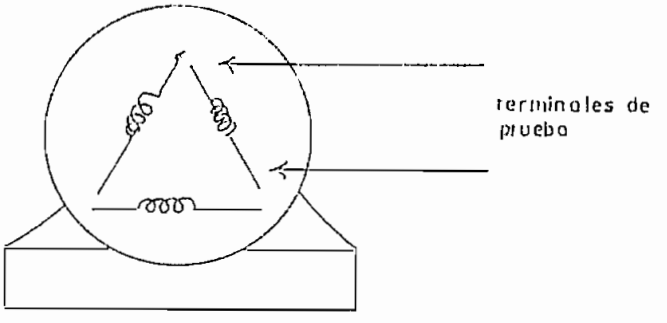


FIG. 61

Conexión triángulo

Lo mismo se puede realizar sin proceder a la desconexión del punto neutro, como los seis terminales se tiene fuera del motor en la regleta, se coloca un terminal de prueba en la unión de los terminales de las fases

(X-Y-Z), y con el otro se topa el comienzo de cada una de las fases, la fase que resulte lectura cero (0), es señal de contacto a masa. (Fig.61).

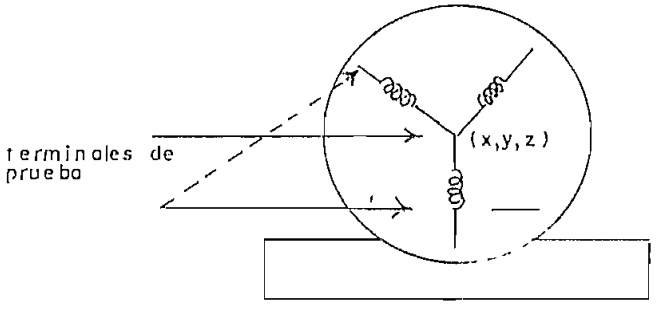
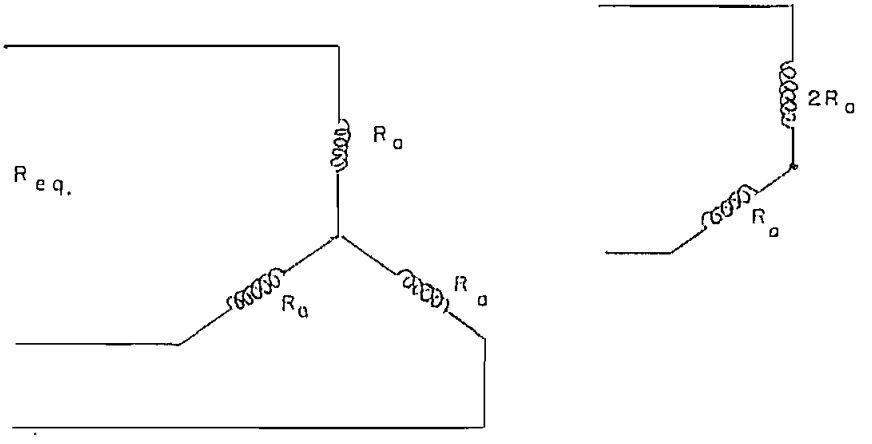


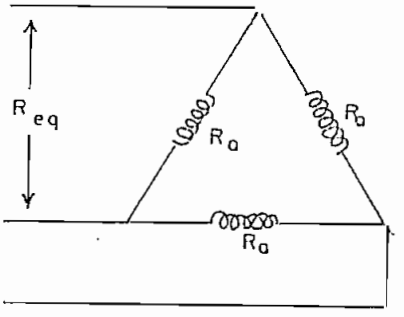
FIG. 62

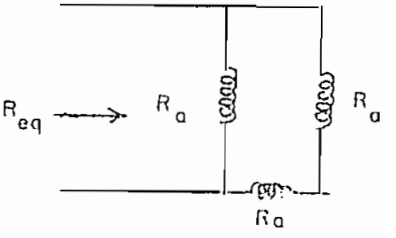
En un motor de estrella, la resistencia equivalente en una de las fases se determina de la siguiente manera:

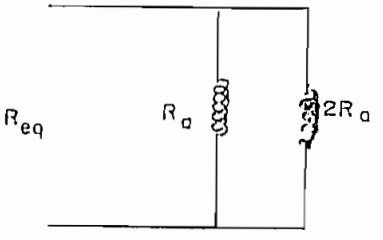


$$Req = Ra + Ra = 2\,Ra$$

Si la conexión del motor es triángulo se tiene:

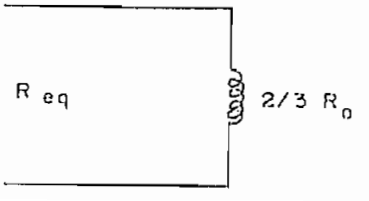






$$R_{eq} = \frac{2\,Ra \times R_a}{3\,R_a}$$

$$= 2/3\ R_a$$



c. MEDICION DE VOLTAJES.-

Colocando el selector para medición de voltajes, la lectura obtenida sirve para orientar sobre diversas fallas, entre las que se tiene las siguientes:

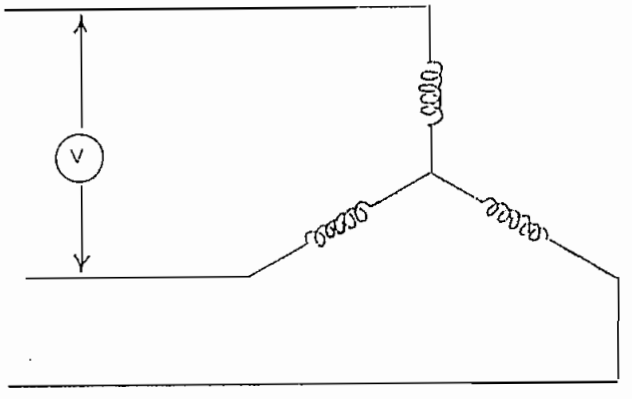


FIG. 63

Conexión del voltímetro

1a.- Diferencia de tensión entre fases, que es muy importante ya que origina calentamiento en los motores con las consiguientes anomalías ya conocidas.

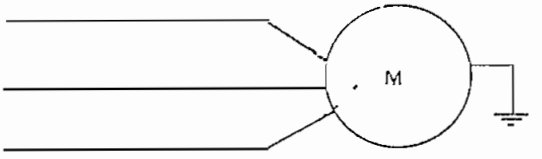
1b.- Falta de tensión en alguna fase, y

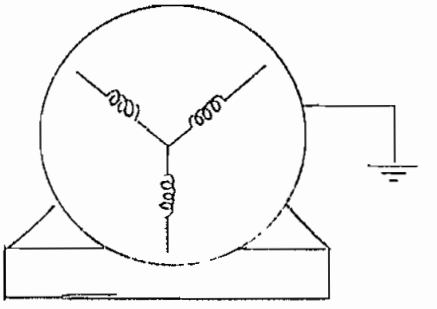
1c.- Como auxiliar en ciertas pruebas de los devanados.

El voltímetro debe conectarse directamente a las líneas que se desea probar.

5.3 DEVANADOS A TIERRA (23), (24)

Los sistemas industriales con puestas a tierra, siempre en ellos se debe conectar los motores y todo equipo eléctrico su carcaza a masa o tierra.





Una de las causas más comunes para que se presente esta avería es que en ocasiones las bobinas de las fases, tocan la carcaza por cualquier motivo, y como esta se la tiene puesta a tierra, se tiene que el devanado se va a masa. Esto también se presenta cuando una de las líneas de alimentación al motor en el trayecto o por deterioro del material tocan vigas o directamente el suelo.

Se debe tratar de aislar inmediatamente esta avería, ya que si se lo deja, puede resultar peligroso para el equipo, después de horas o minutos termina el motor quemándose. Estas fallas además son peligrosas porque pueden ocasionar serios cortocircuitos posteriores, debido a que otra fase diferente puede irse a tierra.

Esta falla a tierra, toma frecuentemente y así sucede una corriente de valor menor que la clasificación o ajuste del equipo de protección al

circuito.

Una vez detectada la línea afectada, se debe desconectar al motor y probar el conductor de alimentación, para ello debe valerse de un multímetro, con él probamos colocando una de las puntas de prueba al tierra y con la otra se topa al conductor, si el aparato se marca continuidad será indicación de línea a tierra.

Caso de que las líneas estén en buenas condiciones, debemos poner la mirada en el motor, llevarlo a taller desarmarlo y probar cada uno de los devanados independientemente entre sí. El procedimiento es por demás sencillo. Se sueltan los bornes e identificamos los devanados y luego probamos continuidad respecto a la carcaza del motor. Una ausencia de ella, será indicación de buen estado de los devanados.

Una vez que se ha probado con el óhmetro lo indicado, se recomienda usar el meguer para comporbación definitiva de ello, puesto que en ocasiones el óhmetro deja pasar por alto leves contactos de la bobina a carcaza, no así el meguer que es un elemento muy sencillo. (Fig. 64).

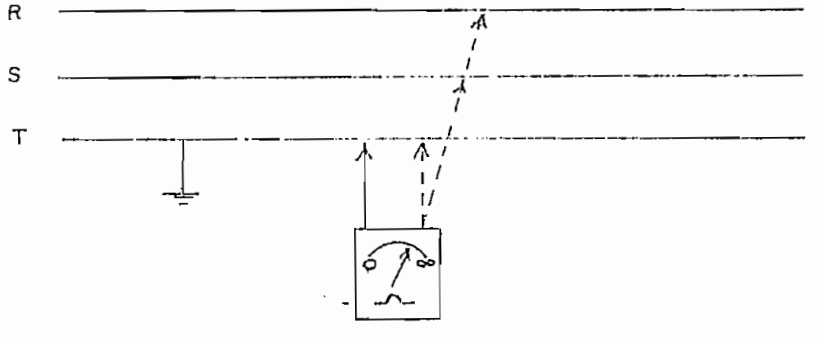


FIG. 64

Caso de no disponer de los elementos enunciados, se puede utilizar una lámpara de prueba (110 V), colocando la una punta a la carcasa del motor y con la otra se topa cada uno de los inicios de las bobinas. La bobina en buen estado, no debe dar lugar a que se encienda el foco, pero si lo hace en caso de haber contacto de la bobina con carcaza de la máquina. (Fig. 65).

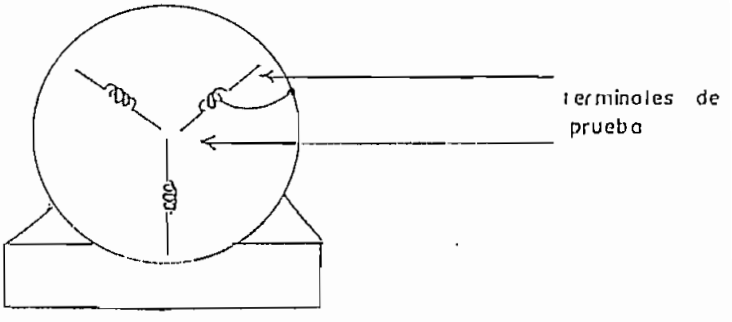


FIG. 65

Es conveniente indicar que el conectar a tierra las carcazas de las máquinas es para protección del personal, el equipo y a los circuitos mediante la eliminación de voltajes peligrosos y excesivos que puede tocar accidentalmente el personal, con el choque eléctrico consecuente para las personas.

Es necesario no olvidar al proceder a desconectar los puentes para la prueba de devanados a tierra.

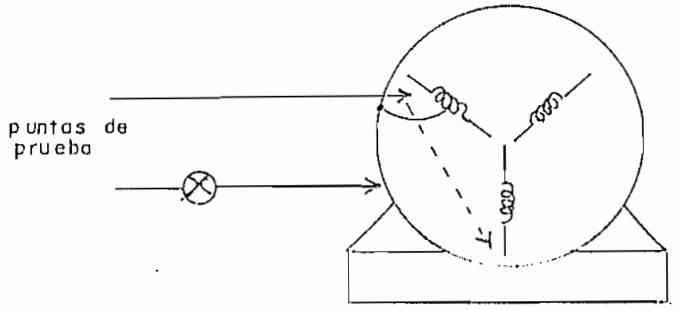


FIG. 66

Prueba de conductor a masa con lámpara a prueba.

5.4 PRUEBAS DE CORTOCIRCUITOS (15), (23)

Esta es una de las averías más comunes que se presentan dentro del funcionamiento de los motores, es producido durante el funcionamiento de un motor, provocada por una sobrecarga o exceso de corriente que recalienta las bobinas dejándolas al descubierto; también esto es provocado en ocasiones por el exceso o disminución del voltaje en los terminales del motor y también por fallas que no han sido despejadas oportunamente por los aparatos de protección como las fallas a tierra, produciendo el efecto indicado, sobre los devanados del motor.

Cuando dos o más espiras de un bobinado están eléctricamente en contacto, éste produce el cortocircuito. Esto en motores trabajando, pero aquello también se puede dar en motores que se han reparado, en donde por incompetencia del operario al alojar las bobinas nuevas en las correspondientes ranuras estropea el aislamiento del conductor utilizado.

Un cortocircuito en cualquier parte del bobinado del motor provoca una marcha ruidosa y el desprendimiento del humo, el consumo de una corriente elevada cuando el motor está en vacío es señal de cortocircuito.

Cuando en un motor con carga, su relé térmico comienza a despejar continuamente, provocando la interrupción seguida es necesario sacar y revisarlo en el taller respectivo.

Dentro del taller de reparaciones se tiene varios procedimientos para la localización y determinar si el motor presenta cortocircuito entre espiras, entre ellas tenemos las siguientes:

1. Se pone en marcha al motor, dejándolo por varios minutos en funcionamiento y localizando al tacto si la carcaza comienza a subir exageradamente de temperatura.

2. Mediante un zumbador o grauler de campo: con las tapas sacadas, se coloca en el interior del estator este instrumento para la localización de la bobina o grupos en cortocircuito, observándose las vibraciones de una hoja de sierra. Hay que tomar en consideración que este procedimiento no es válido cuando el motor está conectado en paralelo. Para ello se debe desconectar los circuitos en paralelo a fin de ensayar por este método a las bobinas.

   El cortocircuito es reconocido inmediatamente por la vibración de la hoja de sierra dispuesta en el otro extremo de la bobina que se está probando.

3. Mediante amperímetro de gancho: este método puede adoptarse con el motor trabajando en vacío o con carga, es muy utilizado ya que ofrece el no tener que interrumpir los conductores para intercalarlo en serie, funciona por inducción.

Conectamos el motor a la línea trifásica, y medimos las corrientes en cada una de las fases. Ellas deben ser aproximadamente iguales. Un aumento en una de ellas, o valores totalmente diferentes entre ellas es señal de la existencia de un cortocircuito.

Dentro de los talleres es recomendable en caso de no estar seguros por los métodos anteriores, utilizar los siguientes exquemas muy prácticos:

a. PRUEBA EN ESTRELLA: (Fig.67)

Al estator se alimenta con tensión reducida (menor que el de placa), y en los conductores medir las corrientes de consumo del motor. Al realizar estas pruebas, la fase que tenga cortocircuito debe dar más amperaje que las que están en buenas condiciones, esta corriente es mayor que las otras.

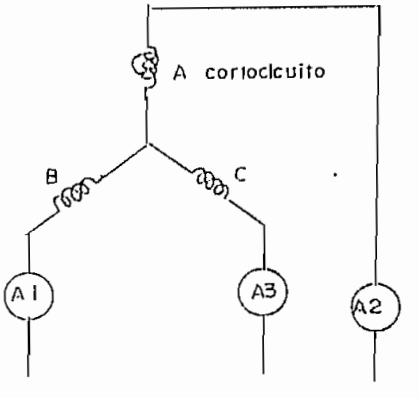


FIG. 67

b. CONEXION EN TRIANGULO

Se realiza la prueba en la conexión en triángulo, y si por ejemplo, como se puede apreciar en la figura, existe cortocircuito en la bobina B, los amperímetros A1 y A3 indicarán mayor corriente que el A2.

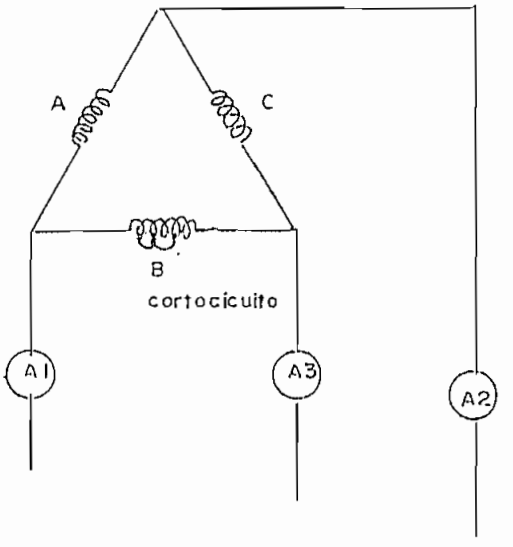


FIG. 68

Es decir los amperímetros colocados en los extremos de la fase dañada, dan mayor amperaje que el otro.

Esto es únicamente para cuando el cortocircuito existente es en una de las fases, pero puede resultar que exista cortocircuitos producidos entre fases, por ello recomiendase valerse de un óhmetro y revisar contactos de las bobinas entre sí, en caso de producirse esto, es irremediable que existe cortocircuito entre los bobinados entre sí.

5.5 PRUEBA DE ROTORES DE JAULA DE ARDILLA Y ROTOR DEVANADO

a. ROTOR DE JAULA DE ARDILLA (23), (24)

Es importante saber determinar que está sucediendo en algunas ocasiones al motor, ya que éste repentinamente deja de funcionar o lo hace anormalmente. Esto más aún, si el encargado del mantenimiento ya ha revisado el estator y el motor sigue con la anomalía detectada inicialmente.

Se debe mirar inmediatamente hacia el rotor, pues aunque estos rotores raramente causan desperfectos, ello no es índice de que no suceda.

Entre las principales anomalías se puede enunciar:

BARRAS DEL ROTOR FLOJAS:

En los tipos más antiguos de rotores, en los cuales las barras están soldadas o atornilladas en los anillos de los extremos, es frecuente en ocasiones que se suelten y produzcan circuitos abiertos o cortados.

Si al desmontar el rotor, observanse salpicaduras de material de soldadura en el devanado del estator, suele indicar la presencia de conexiones sueltas en las barras del rotor.

En estos motores las barras que constituyen el bobinado rotórico, se

los pone en cortocircuito por sus extremos mediante aros de cobre (o de aluminio). Como se ha mencionado, si una o varias de estas barras se aflojan o se rompen por algún problema del motor, éste no marchará bien y en algunos casos, inclusive deja de girar.

Entre algunas de las señales a tomar en consideración para la determinación de la falla se tienen las siguientes:

1. Ruido del motor al girar (presencia de ronquido)
2. Presenta escasa potencia desarrollada.

3. Produce continuo chisporroteo entre las barras y los aros frontales.

Los puntos señalados anteriormente es cuando el motor está en funcionamiento; pero cuando el motor se desmonta se procede a la determinación y prueba del rotor de la siguiente forma.

Deber' colocar el probador de inducidos, la hoja de sierra debe vibrar cuando esté situado sobre las barras del rotor en buen estado, es decir no vibrará en el sitio donde está colocada la barra defectuosa (floja o rota).

Detectado el defecto, se debe tratar de volver a unir las barras flojas del rotor, luego de lo cual el motor funciona correctamente.

b. ROTOR DEVANADO (21), (23)

Debido a que dentro de la empresa se dispone estos tipos de motores, es conveniente indicar algunas de las pruebas más importantes a realizar en ellos:

1. De cortocircuitos.
2. Tierras o masas.
3. De conexiones cortadas o abiertas y conexiones flojas.

1. Cortocircuitos.-

Es importante en estos motores saber determinar el estado de los rotores, entre estas se tiene las siguientes:

Cortocircuito en el Rotor-Estator.-

La corriente absorbida es exagerada en el momento del arranque. el motor ronca y no tiene su velocidad normal, las intensidades son elevadas. En el caso de un cortocircuito en el reóstato, el funcionamiento del motor será normal cuando el reóstato esté totalmente cortocircuitado.

Si el cortocircuito se encuentra dentro del rotor o en las conexiones de las escobillas, o en el propio reóstato, se debe tratar de determinar el sitio y repararlo.

Cortocircuito en el Rotor.-

Se aisla el rotor de la resistencia de arranque. Se miden las tensiones rotóricas (el estator debe estar alimentado) y las tensiones deben ser iguales, caso de no suceder así existecortocircuito en el interior del rotor.

Cortocircuito entre escobillas y el reóstato.-

Se desconecta el reóstato y quedan los cables del rotor libres, se prueba con un óhmetro que no exista contacto entre ellos, pero antes se debe levantar de los anillos rozantes, las escobillas.

2. Tierras o masas.-

Si un bobinado está haciendo masa, se debe tratar de eliminar esta avería, porque puede suscitarse problemas en el motor, en caso de ocurrir otra falla en una de las fases restantes.

Se mide con el óhmetro, tal como ya se ha indicado anteriormente.

3. Conexiones rotas o abiertas y conexiones flojas.-

Puede y aconsejase utilizar una pinza de gancho para la localización de circuitos cortados o abiertos en la resistencia secundaria, colocando oportunamente en cada una de las fases el instrumento con el motor en marcha.

La fase que se encuentra rota la resistencia, da una lectura cero de intensidad de corriente, con el motor en funcionamiento.

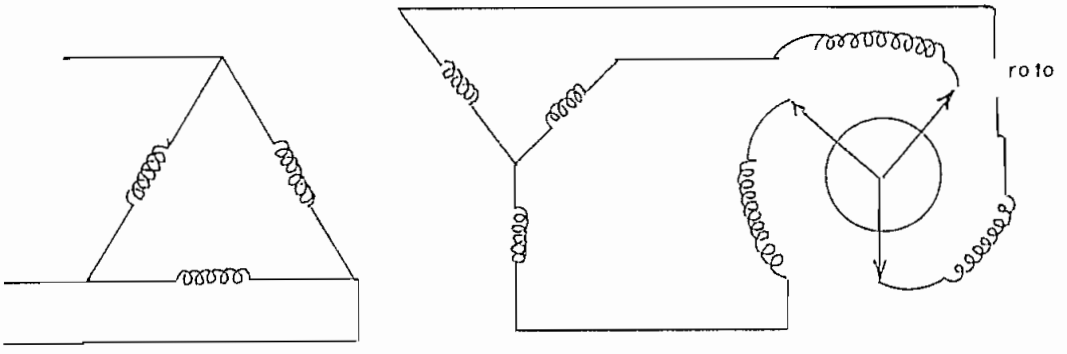


FIG. 69

Motor con rotor devanado

Si una de las fases del rotor está rota, también la lectura a través del amperímetro será nula.

Si el motor está con carga es probable que no arranque, y si la carga es débil es casi seguro arrancará lentamente.

Si se procede a mover lentamente el reóstato de arranque poco a poco, el amperímetro en la fase averiada dará de pronto indicación de lectura, y si el motor aún no ha arrancado puede hacerlo bruscamente al pasar el tramo cortado. Esto ayudará a localizar la falla.

Los circuitos abiertos intermitentemente producidos por pequeñas

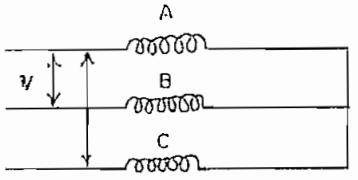
roturas que las vibraciones abren y cierran en ocasiones, que son causas de anomalías misteriosas y difíciles de localizar, pueden detectarse intercalando amperímetros en cada fase durante un pequeño intervalo de tiempo y observando el instrumento para ver si existe fluctuaciones de la aguja, al suscitarse esto se dará con la fase averiada.

Un motor de anillos rozantes con el rotor correctamente devanado y sin ningún defecto dan las mismas lecturas de corriente en cada uno de los conductores del rotor con resistencia intercalada y cortocircuitado totalmente la resistencia. Un rotor con corriente ligeramente desequilibrada puede proporcionarnos buen servicio con rendimiento ligeramente bajo. Si las corrientes de línea están bastante desequilibradas, debe revisarse inmediatamente el devanado del rotor para verificar si hay cortocircuitos o alguna otra anomalía.

Un rotor que tiene una corriente equilibrada con toda la resistencia secundaria fuera del circuito, debe tenerla también con la resistencia en el circuito, siempre que la resistencia tenga igual valor entre cada fase.

Si las lecturas del amperímetro varía mucho con un rotor equilibrado y toda la resistencia intercalada, y al sacar esta se corrige el mismo, esto es señal de que la resistencia no está bien; hay que revisar, como ya se mencionó, en ocasiones la rotura o interrupción no está en el reóstato secundario, sino que en la propia fase del devanado del rotor; para ello se debe desconectar

los conductores del reóstato y dejarlo fuera del circuito. De igual manera se debe poner al estator bajo tensión, luego proceder a medir las tensiones rotóricas, que normalmente deben ser iguales. Si sólo se obtiene una desviación distinta a las otras lecturas del voltímetro, por ejemplo entre A y B (figura), la fase que llega al otro borne estará rota.



Se puede presentar el caso de que la rotura sea en las dos fases, lo que es igual a que dos escobillas no apoyen bien sobre los anillos rozantes, el motor no arranca por que no hay corriente, para determinar estas anomalías pueden aplicarse algunos de los métodos enunciados ya oportunamente.

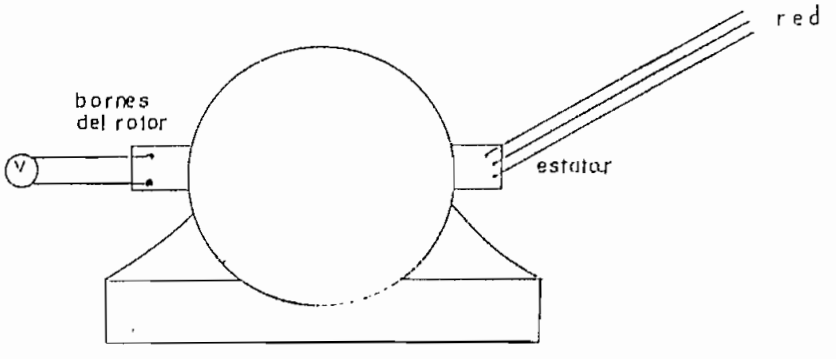


FIG. 70
Resistencia fuera del circuito

5.6 PRUEBA DE CONDENSADORES (23), (24)

Los condensadores constituyen con frecuencia la principal fuente de las averías de los motores monofásicos de corriente alterna. Muchos prueban casi siempre los devanados (arranque y trabajo), pero se olvidan de este importante elemento y otros en ocasiones hasta desconocen la forma de hacerlo.

Los principales defectos que se presentan son: cortocircuito, circuitos abiertos o deterioros que ocasionan la variación de la capacidad del condensador y contacto a masa.

El condensador se monta en los motores de manera que las pruebas y las renovaciones del mismo sean sencillas.

Si se logra detectar que los motores queman fusibles al momento del arranque, tiene un par pobre o zumbidos sin razón aparente, el problema esta en el condensador. Revíselo inmediantamente y habrá solucionado los problemas.

A continuación se enuncia la forma de proceder a las pruebas para la determinación del estado de los condensadores.

a. PRUEBAS DE CORTOCIRCUITO

Se desconecta en primer lugar el condensador del circuito del motor y acto seguido conéctelo a una red de 110 V. A.C., intercalando un fusible de unos 10 A. (figura 71). Si el fusible salta, el condensa

dor estará con cortocircuito y se debe sustituirlo por otro nuevo. Si el fusible no salta el condensador quedará cargado en unos pocos segundos, después de lo cual debe desconectarse de la red. No debe tocarse los terminales del condensador, puede quien toque, quedar expuesto a una descarga a través del cuerpo. Puede descargarlo, para ello se debe tomar un destornillador y unir los terminales, luego de lo cual se debe producir una descarga (chispa fuerte). Si no se produce lo indicado, puede que la capacidad del condensador haya disminuido.

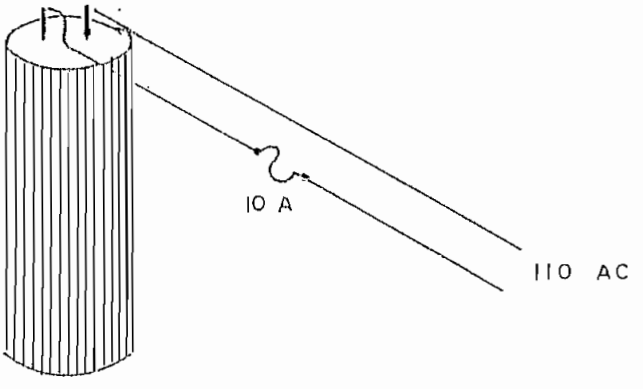


FIG. 71

Modo de ensayar un condensador

Una chispa visible no es índice en ocasiones que el condensador presenta buenas condiciones, ya que también al probar condensadores que han perdido capacidad se produce una pequeña chispa, (Figura 72).

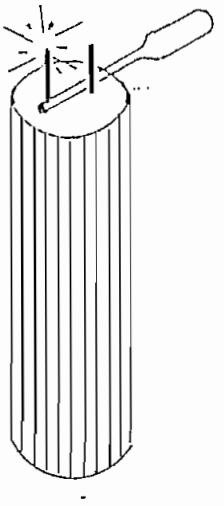


FIG. 72

Descarga de los condensadores.

La misma prueba de cortocircuito se puede realizar utilizando una lámpara de prueba en serie con el condensador y utilizando una fuente de corriente continua de 110 V. La prueba no es conveniente realizarla con corriente alterna, pues de hacerlo la lámpara se enciende igualmente estando el condensador en malas condiciones.

Utilizando la corriente continua, el condensador debe encenderse en presencia de cortocircuito. (Figura 73).

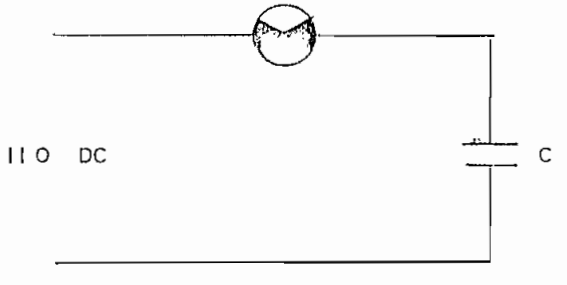


FIG. 79

Ensayo de cortocircuito.

b. ENSAYO DE LA CAPACIDAD

Un condensador electrolítico, que son los más utilizados, se deterio ran con los años, pues sus productos químicos se van deteriorando.

Si un condensador de este tipo, llega a perder más de 1/4 (25%) de su capacidad nominal, lo aconsejable es cambiarlo. La prueba descri ta anteriormente consiste en cargar y notar la chispa del condensador cuando la descarga es simple, pero no precisa.

La siguiente prueba es recomendable para determinar con exactitud la capacidad del condensador.

Se intercala al condensador en prueba al circuito de corriente alter na, un fusible apropiado (figura 74).

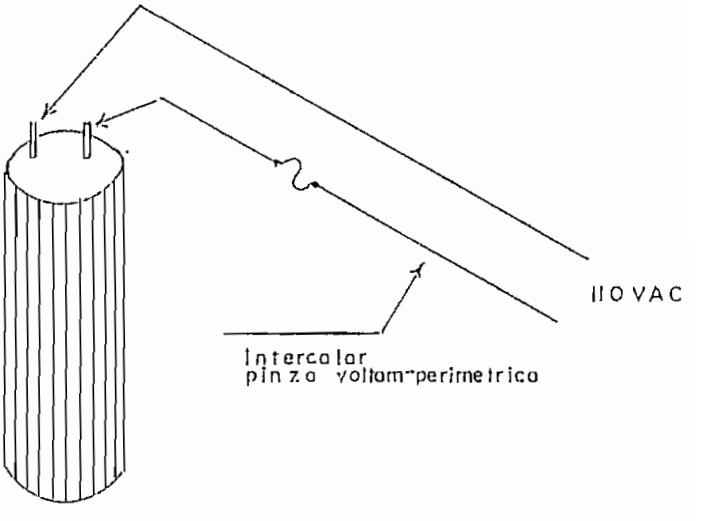


FIG. 74

Circuito para determinar la capacidad

Cerrando el interruptor se toma las lecturas del voltímetro y del amperímetro. Si no ha paso de corriente, se puede inmediantamente decir que el condensador tiene el circuito abierto.

En esta prueba el condensador debe permanecer el tiempo suficiente para verificar las dos lecturas indicadas.

La capacidad del condensador se la obtiene de la sigueinte relación.

$$\text{capacidad (uf)} = 2650 \frac{\text{Amperios}}{\text{Voltios}}$$

Esta expresión es válida para frecuencia 60 Hz.

Si la frecuencia de la red es 50 Hz, la constante anterior cambia el valor a:

$$uf = 32000 \frac{\text{Amperios}}{\text{Voltaje}}$$

Si el capacitor ha perdido capacidad, es necesario cambiar por otro nuevo.

Cuando no se tiene las características del condensador a probar, la capacidad nominal puede determinarse de la siguiente forma

$$uf = \frac{10^6 \times I}{2 \pi f V}$$

V = Voltaje de servicio al motor

f = Frecuencia de la red.

I = Intensidad de corriente instantánea que toma el devanado de arranque al inicio de la marcha del motor.

c. ENSAYO O PRUEBA DE CONTACTO A MASA

Para ello utilizamos la lámpara de prueba con corriente alterna o continua. Uno de los terminales de la lámpara de prueba se conecta a la cubierta de aluminio del condensador (figura 75), con el otro terminal se toca el borne del condensador. Si en estas condiciones se enciende la lámpara, hay contacto a masa.

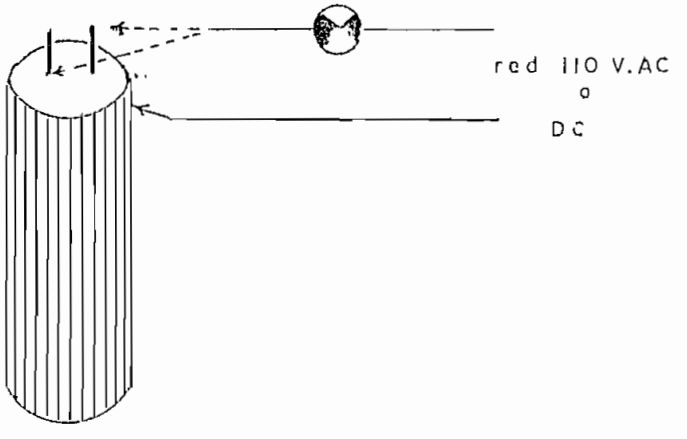


FIG. 75

Ensayo de contacto a masa

con lámpara de prueba.

La misma prueba se puede realizar utilizando un óhmetro, y se procede de idéntica forma que con una lámpara de prueba. Si el aparato da

señales de deflexión de su aguja, es señal de que presenta contacto a masa.

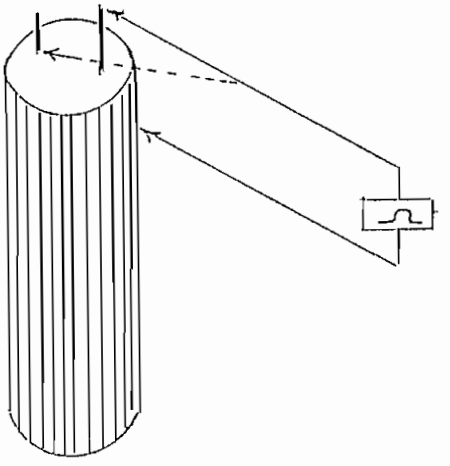


FIG. 76

Prueba con óhmetro.

5.7 PRUEBAS MEDIANTE EL MEGUER

El megóhmetro o comúnmente conocido con el nombre de meguer, dentro de la industria es uno de los instrumentos para la realización de ciertas pruebas útiles para la conservación de la maquinaria. Es importante porque por medio de él se puede determinar el grado de aislamiento que existe entre los cables entre sí y la tierra, lo mismo que los devanados respecto a su carcaza.

Dentro del Ingenio se dispone de uno, con escala hasta 50 megaóhmios, el cual es suficiente para las pruebas a realizarse en las maquinarias.

Para máquinas de alta tensión se pueden emplear meguer con tensiones de

1000 V y 2500 V, el que se posee en la fábrica es de 500 V.

Uno de los conductores de los bornes (tierra) es conectado a la carcaza del motor y el otro a la bobina respectiva, luego debe girarse la manibela a unos 150 rpm y la manecilla o aguja indica el valor o grado de aislamiento (en Megaóhmios).

Es un aparato portátil y de fácil transporte por la fábrica, constituido por un generador de corriente continua.

Antes de conectar los terminales para pruebas, es conveniente quitar la tensión a la maquinaria. También es importante antes de realizar mediciones con este instrumento, determinar el buen estado del mismo. Para ello el aparato se lo coloca en la posición horizontal, las puntas se cortocircuitan luego se gira la manibela de accionamiento del generador y se comprueba la coincidencia de las agujas con el índice cero de la escala. (Figura 77).

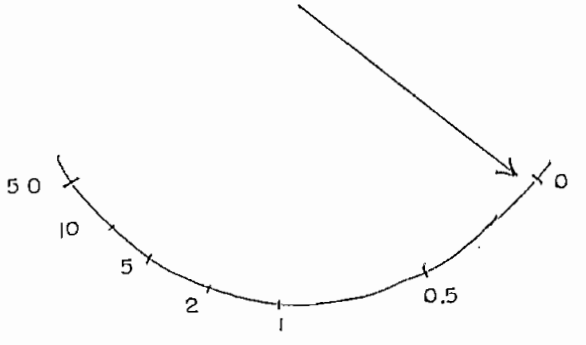


FIG. 77

Luego permaneciendo las puntas sin contacto y teniendo cuidado de no tocarlas se verifica la coincidencia de la aguja con el índice ∞ (infinito). Ver diagrama 78.

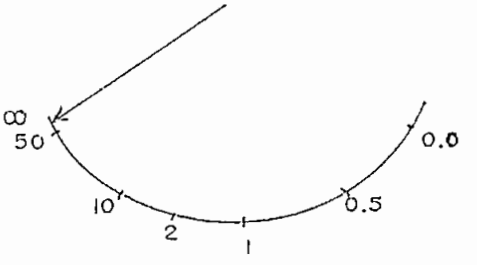


FIG. 78

Posición normal

El mejor de los criterios para mantener una máquina eléctrica como un conjunto es tomar el valor alcanzado por su resistencia de aislamiento, es decir la resistencia óhmica que ofrece la máquina respecto a tierra. Como esta resistencia es muy elevada se mide en Megaóhmios.

Esta resistencia puede indicar que se ve afectada por la humedad y la suciedad, por lo que la medida de aislamiento costituye una buena medida del deterioro del motor.

5.7.1 PRUEBA DE AISLAMIENTO EN MOTORES (17), (27).

La resistencia de aislamiento y la regidez dieléctrica son los índices principales de la calidad y del estado del aislamiento de los devanados,

que determinan las seguridad del funcionamiento de la máquina.

La prueba con el meguer para determinar la resistencia de aislamiento de cualquier máquina eléctrica suele proporcionar una buena indicación del aislamiento.

La máquina cuyos devanados se encuentren empapados de aceite, agua, humedad o tienen aislamiento viejo que se ha ido deteriorando poco a poco, darán lecturas mucho más bajas que las máquinas del mismo tipo e idéntico tamaño pero con aislamientos buenos y nuevos.

Puesto que la resistencia de aislamiento depende del tamaño y del voltaje nominal de la máquina, debe tomarse en cuenta este factor al fijar el valor standar sobre el cual puede trabajar sin peligro, para ello se debe comprobar el aislamiento.

Dentro de la planta esto es importante, ya que los motores generalmente se hallan expuestos a grandes cantidades de agua, y si al megar encontramos que estamos dentro de los límites de aceptar al motor que siga trabajando, se puede dejar puesto que no podemos parar el proceso en ocasiones, salvo no exista el aislamiento apropiado. El exceso de lubricación también nos resulta muy perjudicial.

El tener un aislamiento por debajo de los límites, puede acarrear que se produzca un chispazo entre las bobinas y la carcaza del motor, produciendo la perforación del bobinado.

Para determinar el mínimo valor de aislamiento con el cual puede traba-

jar el motor sin peligro, se utiliza la siguiente fórmula:

$$M\,\Omega = \frac{\text{Voltaje nominal}}{1000 + KW_{\text{nominales}}}$$

Voltaje nominal = 380 V (Ingenio Azucarero)

1 CV = 0.736 KW

1 HP = 0.746 KW

Si las lecturas realizadas con el meguer en períodos de inspección muestran una resistencia de aislamiento cada vez menor en ciertas máquinas, ello indica el fallo de aislamiento debido a la antiguedad, al sobrecalentamiento producido, a la humedad, a la presencia de aceite o algún otro motivo.

Cuando se sacan las máquinas con devanados húmedos, las pruebas realizadas con el meguer deben ser cada vez más altas a medida que se va expulsando la humedad.

Es necesario además a un motor de servicio que por algún tiempo no ha funcionado, medir el aislamiento antes de instalarlo, lo mismo puede indicar de motores que han permanecido por años embodegados, ya que pueden haber absorbido humedad.

En motores eléctricos la prueba de aislamiento debe realizársela con cuidado, teniendo especial atención de medir el aislamiento respecto a cada uno de los bobinados, para ello es indispensable zafar los puentes existentes en las borneras del motor.

Otra de las pruebas importantes, aunque en industrias casi no se las realiza es la de rigidez dieléctrica, la cual se realiza aplicando un determinado valor de voltaje a los devanados y al armazón del motor, para estar seguros que el aislamiento se encuentra en buen estado.

El voltaje a aplicar a los motores para esta prueba es:

$$2 \times \text{Voltaje nominal} + 1000$$

5.7.2 PRUEBA DE AISLAMIENTO EN CABLES (17), (22), (23)

En la fábrica, este tipo de pruebas se las debe realizar debido a la existencia abundante de agua, y que se encuentran expuestos los conductores. Los conductores también se ven afectado por las inclemencias del trabajo. Además pueden irse a tierra.

El usar el meguer ayuda a la detección del aislamiento de los cables respecto a los otros y además respecto a tierra.

Para ello se debe abrir en primer lugar el seccionador dentro de los armarios y luego proceder a la medición. La prueba es idéntica a la realizada en los bobinados de los motores.

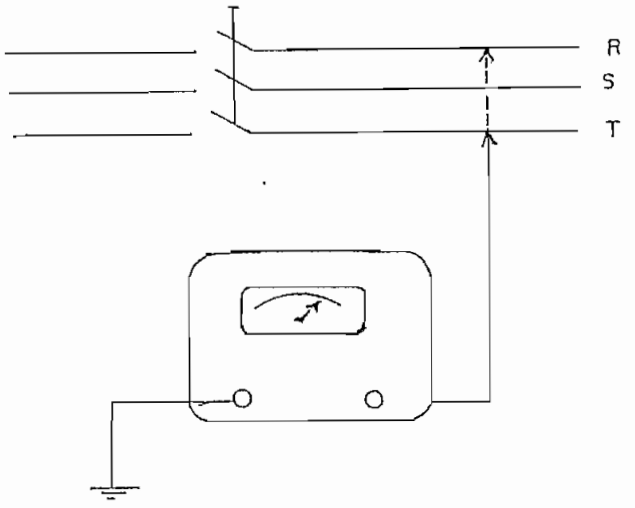


FIG. 79

Aislamiento de una línea respecto a tierra

En ocasiones hay contacto de los cables, especialmente en los de los motores, por ser más delgados y estar más expuestos a las mordeduras de las ratas, las cuales deterioran el material del conductor, produciéndose contacto entre ellos, para determinar esto se puede utilizar el diagrama siguiente:

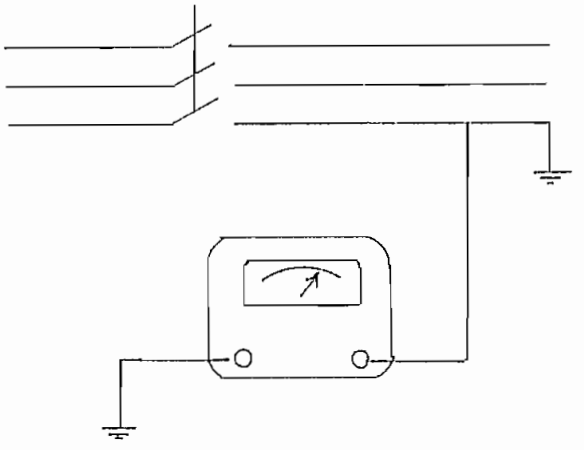


FIG. 80

Si es una línea la que está a tierra, el meguer también es útil para detectar este defecto, se debe colocar el un terminal en la línea, y el otro en cualquier punto que esté a tierra, al dar manibela al aparato no debe indicar continuidad en caso de estar aislada de tierra.

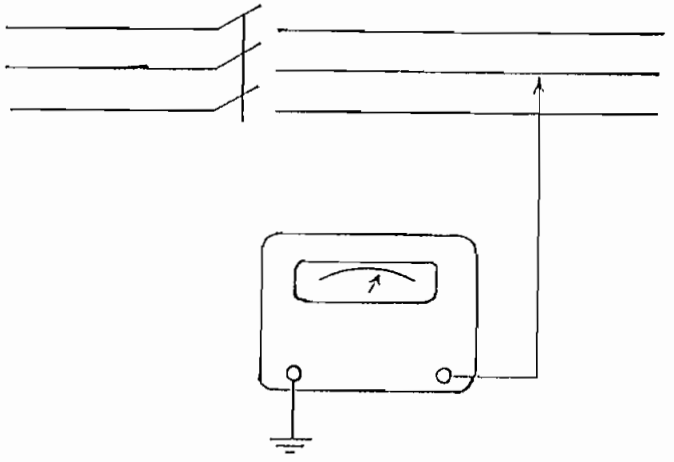


FIG. 81

Además de lo indicado, debe cerciorarse que entre los conductores entre sí no exista contacto.

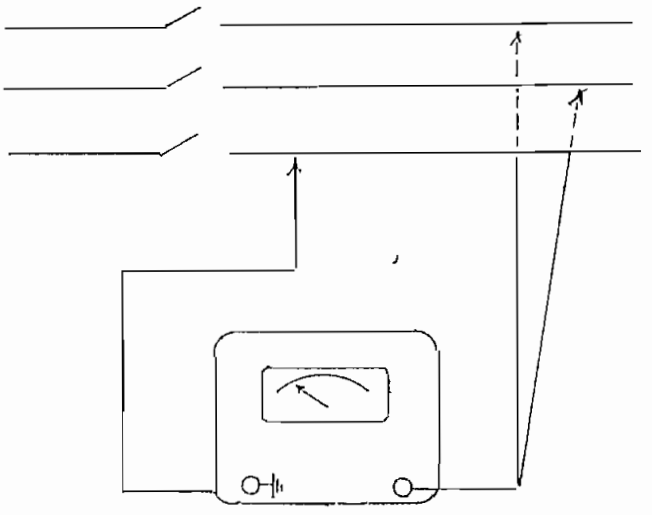


FIG. 82

5.8 PRUEBAS EN DIODOS Y RECTIFICADORES DE POTENCIA (11), (24)

Dentro de los elementos electrónicos se ha creído conveniente el tratar sobre estos elementos, que son dentro del Ingenio los más comunes.

Los fallos en estos elementos ocurren debido a cortocircuitos, sobrecargas temporales, destrucción física o accidental dentro de la operación:

Para la determinación del estado de ellos se utiliza el aparato llamado óhmetro.

La resistencia de polarización directa en los diodos debe ser de un valor pequeño, y lo determinamos colocando la una punta de prueba del óhmetro (terminal positivo) al ánodo y la punta del terminal negativo al cá

todo, el instrumento tiene que ser muy sensible para determinar el valor.

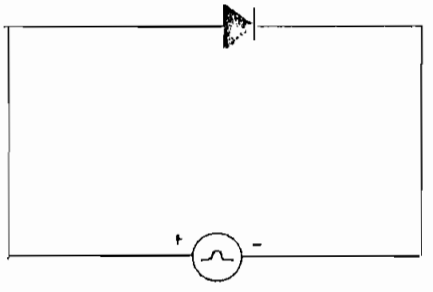


FIG. 83

La polarización inversa se determina de igual forma, pero debe colocar el selector de la escala en R x 10 K e invertimos las puntas de la prueba anterior.

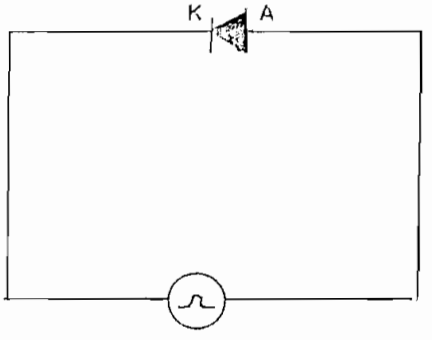
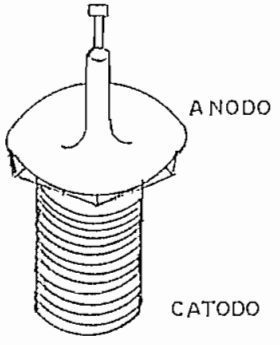


FIG. 84

De esto se puede decir que para la determinación de los terminales de un diodo de germanio o silicio, debe colocar los terminales al óhmetro, de modo que cuando la indicación sea mínima, el terminal colocado al positivo del instrumento sea el ánodo y el otro lógicamente será al cátodo.

Una lectura en el rango de 100-130 óhmios en diodos de germanio en resistencia directa es señal de que está en buenas condiciones, si al medir la resistencia inversa, existe continuidad en el mismo éste debe ser desechado, ya que está éste en cortocircuito.



Los diodos rectificadores de potencia, se los emplea comúnmente en las soldadoras y es empleado el siguiente esquema

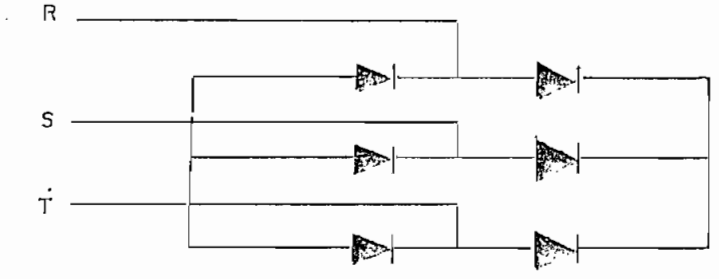


FIG. 85

En funcionamiento se puede determinar la caída entre los terminales del diodo, que debe ser del orden de 0.6 - 0.7 voltios.

C A P I T U L O V I

MANTENIMIENTO ELECTRICO

Toda industria tiene siempre por meta utilizar el menor capital en instalaciones, para lograr obtener la calidad y la continuidad del producto en elaboración. Una alta productividad logra conseguirse con el empleo racional, eficaz y económico de la planta industrial y del consiguiente personal.

Uno de los principales factores y que juegan un papel preponderante para el logro de lo enunciado, es el tratar de mantener la maquinaria en instalaciones en perfectas condiciones, para con ello lograr una continuidad de la producción.

El mantenimiento industrial es aquel que nos garantiza que los cambios e intervenciones que se efectúan a las máquinas e instalaciones se realizan en el momento apropiado, de forma que afecte en el mínimo el ritmo de la producción, y que el riesgo de las averías sean las mínimas.

De esto se desprende la idea general, que la elaboración del azúcar depende de las condiciones de funcionamiento de los equipos asociados a la elaboración del producto; pero en ocasiones esto se vuelve difícil por razones de averías e imprevistos.

El mantener estas condiciones de trabajo, implica la necesidad de disponer de las instalaciones durante cierto tiempo de horas; pero el departa

mento de fabricación no puede en muchas de las veces ajustarse a ello, puesto que tiene una meta fijada, y un compromiso con la empresa, que es la entrega del producto elaborado (azúcar); pero es evidente que si no se para y se sacrifica a determinada máquina a seguir trabajando en malas condiciones, será evidente que ésta termina parándose y se estará en iguales condiciones a las propuestas, ya que se detendrá el proceso si la máquina afectada es importante dentro del mismo, quizá se puede en ocasiones remediar el daño y evitar que se agrande. En estas condiciones se ve envuelto el Ingenio Azucarero del Norte.

La Empresa debe entender y darse cuenta que el personal encargado del mantenimiento eléctrico en ésta y en cualquier parte, a la experiencia acumulada por el transcurso de los años se une el espíritu de trabajo, pero siempre se han caracterizado por el bajo prestigio social y económico, si lo comparamos con otros puestos dentro del mismo Ingenio, lo que hace de ello que trate de cuidar a este personal que mantiene y vigila por su correcto funcionamiento.

Lo que es aún más agravante y de ello tiene que tener conciencia la Empresa a través de su SUPERINTENDENCIA de fábrica, es que en ella personas ajenas, y que desconocen lo que es en ocasiones algún mantenimiento, ejecutan y ordena trabajos sobre maquinarias costosas y muy complejas, dificultando luego el proceso por aparición de muchas averías que dejan produciendo el personal no apto para estos menesteres y luego evaden toda responsabilidad.

En ocasiones el buen mantenimiento se ve agravado por la necesidad de laborar la fábrica para poder cumplir los compromisos en la provincia, de

la entrega de su producto elaborado en los días Sábados y Domingos, días que son muy necesarios para la planificación y realización de correctivos.

Por otra parte, desgraciadamente en el Ingenio del Norte, el prestigio que ha tenido el mantenimiento eléctrico bien o mal llevado, y en los momentos actuales dependen de las opiniones que vierta un señor empírico que de alguna otra forma aprendió en la misma empresa algo de mantenimiento mecánico, virtiendo opiniones que dentro de lo técnico no tienen ninguna relación. Se debe entender que si todo va bien, el mantenimiento es perfecto, si algo anda mal, debido a las deficiencias y falta de equipos adecuados y al deterioro de otros, todo el peso de las averías caen dentro del Departamento Eléctrico.

Se debe tomar en cuenta que el personal perteneciente al mantenimiento eléctrico debe poseer un espíritu grande de trabajo y lo que es más sacrificio, ya que se debe considerar que en esto no hay respeto de horario cuando surgen las averías, se debe tratar inmediatamente de solucionar el problema, para que se continue con la elaboración del producto.

Por tanto el mantenimiento eléctrico debe ser planificado, de forma de actuar evitando el desembolso grande de dinero. Pero se debe tener presente que aún dentro de lo planificado, existirá siempre aquello improvisto, tanto por la dificultad del control y de detectar ciertas fallas o deficiencias no aparentes, como por posibles errores del personal, falta de actualización de sus conocimientos, etc.

El mantenimiento industrial abarca y comprende, al mecánico y al eléctri

co, pero el objetivo es tratar y dar algunas reglas a seguir dentro del mantenimiento eléctrico.

Es importante que el personal cumpla ciertas reglas de seguridad, debe respetarlas mientras realice reparaciones e inspecciones. Entre ellas se tiene las siguientes:

a. Nunca se debe realizar reparaciones de máquinas bajo tensión y en funcionamiento.

b. El personal no autorizado debe mantenerse alejado de la zona de trabajo mientras dure la inspección o reparación.

c. Debe revisarse primeramente los planos eléctricos, antes de ejecutar pruebas, para de esta forma tener una rápida información sobre lo que se va a trabajar.

d. Jamás se debe confiar los trabajos a terceras personas, ni abandonar el sitio, sin previo aviso.

e. No debe trabajar en reparaciones en forma aislada, hacerlo bajo la vigilancia del Jefe respectivo.

f. El personal de mantenimiento debe tener el entrenamiento adecuado de primeros auxilios, para prevención de posibles accidentes. De ello se debe ocupar el Jefe de Seguridad Industrial de la empresa, si lo posee.

Toda actividad industrial perfectamente planificada, lleva a obtener buenos y mejores resultados y ello es una de las actividades que debe tener el mantenimiento y en especial el eléctrico.

6.1 CLASES DE MANTENIMIENTO (11), (15), (17)

El mantenimiento en forma general, es aquel que cuida y está en vigia de la continuidad de la maquinaria dentro de un proceso de producción.

La actividad de la empresa, es el resultado de una serie de operaciones de equipos, mano de obra, instalaciones, etc., con el agravante que el detenimiento de la producción trae pérdidas económicas. Pero para que ello suceda, el equipo de mantenimiento eléctrico, debe encargarse de restaurar las características originales de la máquina.

De ahí la necesidad de exigir una diferenciación en el mantenimiento, de lo cual podemos mencionar:

a. Mantenimiento preventivo
b. Mantenimiento de rotura o correctivo, y
c. Mantenimiento de mejora

El mantenimiento preventivo es una actividad que se encarga de dar continuidad, reparando antes de que los desgastes puedan producir serias averías, en una forma planificada y en el momento apropiado. Pero a pesar de ello, no se puede evitar las averías, ya que surgen las imprevistas, produciéndose éstas en muchas ocasiones por las deficiencias de la máquina, las que no han sido posible detectarlas. Cuando ello ya ha ocurrido,

el servicio de mantenimiento tiene que intervenir de emergencia para reparación del fallo, es decir cuando la rotura se ha presentado, este es el mantenimiento correctivo, en donde tiene que dar solución de inmediato.

También se puede incluir aquel que luego de las inspecciones realizadas, nos lleva a la determinación de que es necesario realizar alguna modificación para el mejor funcionamiento de la máquina, y que se llama Mantenimiento de Mejora.

En ocasiones se nos presenta diferentes modos de realizar el trabajo, como reparar tan pronto si se inicia un desgate, pero antes de constituirse en peligro, y el extremo, en esperar que se produzca la parada, repercutiendo en el proceso. Se puede decir, que ambos extremos resultan antieconómicos; para ello se debe planificar en forma adecuada el momento oportuno en el que se debe entrar en acción.

Dentro del equipo eléctrico (pulsadores, contactores, etc.) se puede asegurar que la palabra mantenimiento eléctrico, está muy ligada a sucesos de orígen mecánico: como conexiones flojas, desperfectos de contactos, suciedad, depósito de grasa. Por esta razón el mantenimiento eléctrico en equipos de control no es nada más que el mantenimiento mecánico de los sistemas eléctricos.

El mantenimiento eléctrico no es fruto del momento y decisiones tomadas al azar, es aquel que nos relaciona estrechamente con fabricación y para ello debe estar totalmente organizado. Lamentablemente en los actuales momentos dentro de esta empresa, la cosa no es así.

Un mantenimiento preventivo y programado debe tener la ayuda de algunos documentos, que el jefe de mantenimiento sabrá valorarlos y considerárlos para su respectivo programa.

El Jefe de Mantenimiento debe y tiene que llevar reportes diarios de todas las máquinas en funcionamiento, además recibir reportes diarios de averías por parte de los Jefes de Turnos, especialmente de las averías ocurridas fuera de horarios de oficinas, para luego él emita las respectivas órdenes de trabajo, en caso de que lo amerite.

a. Reporte diario de anormalidades o averías.-

Una hoja de reporte diario emitida y que es indispensable para el control y buen funcionamiento de las máquinas es la del cuadro siguiente (Cuadro No. 1).

Debe constar de la siguiente información:

- Localización de la máquina o equipo de control
- Causa o efecto que presenta

Ficha de historia de reparos y fallos

Esta ficha será llevada para cada una de las máquinas, en la cual se irán anotando algunos datos, que servirán además para darse cuenta del grado de continuidad que ha tenido determinada máquina.

REPORTE DIARIO DE ANORMALIDADES ELECTRICAS

SECCION: _____

a. Algún motor defectuoso? _____

b. Electroválvula defectuosa? _____

_____

c. Motor fuera de servicio? _____

d. CAUSA POSIBLE: _____

ALGUNA ANORMALIDAD EN LOS TABLEROS?

Tablero No. _____

Existe humedad? _____

Presenta suciedad? _____

Contactores en mal funcionamiento? _____

Luces en mal estado? _____

LUMINARIAS DE LUZ MIXTA Y MERCURIO

Luminarias apagadas? _____

Sección? _____

OTROS: _____

_____

f. Responsable

_____

CUADRO No. 1

- Hora de parada y de restablecimiento
- Horas invertidas en la reparación de la máquina
- Problema ocurrido
- Causa tomada
- Materiales utilizados

c. Reporte diario de trabajo.-

El Jefe de la respectiva sección, luego de los informes recibidos, emitirá al personal de mantenimiento eléctrico, las órdenes de los trabajos a realizarse.

Se debe anotar los trabajos a efectuar, aunque estos no sean motivados por averías, como son los de mantenimiento preventivo, modificaciones o mejoras de los sistemas.

Dentro del mantenimiento se da el caso que las reparaciones van desde algo tan simple como ajustar poleas sueltas, sustituir alguna tuerca o perno, etc., hasta casos en que se tiene que realizar sustitución de piezas y elementos que han sido afectadas. Para ello es muy necesario que la bodega de materiales de la empresa, disponga en su almacén, pues de ello depende el tiempo de parada de la máquina.

El almacén de repuestos debe tener seleccionado y clasificado los repuestos para las sustituciones, y cada departamento debe poseer un stock propio para las roturas no preventivas y que pueden solucionarse al tener a mano el repuesto.

Los talleres con material en stock, juegan un papel importante dentro de un correcto mantenimiento planificado.

Un buen mantenimiento planificado y preventivo, debe tener algunos conceptos primordiales como: disponer de todos los datos necesarios, establecer cuándo y cómo debe intervenir, conocer el costo del mantenimiento y su reparación en el presupuesto general de la empresa.

Debe conocerse las características de cada uno de los motores instalados dentro de la fábrica, para poder ubicarlos inmediatamente a que sección pertenecen con codificaciones claras y precisas y que no lleven a confusiones innecesarias.

HISTORIA DE REPAROS Y FALLOS

HORA: _____ FALLA: _____ RESTABLECIMIENTO: _____

Tiempo de reparo _____ horas

Equipo: _____

Código del equipo: _____

Relatorio de la falla (breve descripción del problema) _____

_____

_____

_____

Causa del problema: _____

_____

_____

_____

Acción tomada: _____

_____

_____

_____

Piezas sustituidas, listadas por nombre

Descripción: _____

_____

_____

_____

Realizado Por: _____

CUADRO No. 2

Una hoja que lleva las características de las máquinas, es la que se adjunta. (Cuadro No. 3).

Una vez que se ha recopilado y se ha realizado la hoja de vida de cada una de las máquinas, puede determinarse qué clase de trabajos de mantenimiento debe efectuarse, y lo que es importante conociendo el sitio y lugar en donde está instalado.

Conociendo el estado en que se desarrolla los trabajos en el Ingenio, y muchos de los factores internos, debe manifestar que el primer paso a tomar debe ser una "inspección preventiva" de todos los elementos, y de ello deducir una planificación adecuada.

Entre los equipos que deben inspeccionarse y tomar en cuenta dentro del mantenimiento preventivo, deben constar aquellos sometidos a trabajos fuertes y tomando en consideración la contaminación en ellos, se debe considerar a aquellos motores o máquinas que levemente implican influencia dentro del proceso.

Es recomendable que al realizarse trabajos, sean los Jefes los encargados de actuar como inspectores, ya que en muchas ocasiones puede presentarse averías serias, que deben dirigir.

También es necesario que el departamento de fabricación, haga las observaciones necesarias y oportunas con el fin de elegir el momento preciso en el que hay que intervenir para el mantenimiento eléctrico.

El mantenimiento correctivo ejecutado para el restablecimiento de una má

quina, que ha sido causado por el desgaste de alguna pieza comprende una serie de etapas. Entre las principales se puede mencionar las siguientes:

- Preparación: incluye el conjunto de herramientas necesarias para iniciar los trabajos.

- Localización: Se refiere a qué produce la avería, debe localizarse el defecto para la revisión inmediata.

- Aislamiento: determinada la localización, se debe tratar de aislar el equipo completamente.

- Desmontaje: El equipo es sometido al proceso de acceso al mismo, y proceder al reemplazo de la pieza o corrección.

- Intercambio: Consiste en remover las piezas defectuosas.

- Remontaje: Consiste en volver a cerrar y armar al equipo después de que se ha realizado el reemplazo de la pieza o se ha realizado la corrección.

- Ajuste: Las pruebas finales después de la acción del remontaje.

- Verificación: Es el último paso para estar satisfechos de los trabajos realizados, debe satisfacer las condiciones de trabajos originales.

DATOS CARACTERISTICOS DE PLACA

No _____

TIPO _____

SERIE _____

FRECUENCIA _____

KW _____

HP _____

R P M _____

CV _____

COS Ø _____

VOLTAJE

∇/Y _____

∇ _____

AMPERIOS

∇/Y _____

∇ _____

clase de aislamiento _____

temp. Máx. _____

servicio _____

Observaciones :

_____

_____

_____

CUADRO No. 3

6.2 IMPORTANCIA DE UN MANTENIMIENTO PREVENTIVO (11), (17)

Se ha mencionado que el mantenimiento preventivo es importante en el sentido de que es el encargado de vigilar las máquinas dentro del proceso de elaboración de un producto, y en evitar su paralización.

Debido a la gran cantidad de motores y muchos otros elementos, muchos creen que ellos deben trabajar en las peores condiciones de funcionamiento, pero hay que tener presente que el equipo eléctrico puede dañarse con facilidad por las condiciones y ambiente de trabajo como: agua, ceniza, miel, humedad y productos químicos y malos cimientos que causan la vibración del motor, si es que no interviene oportunamente el servicio de mantenimiento.

Si la suciedad se ha depositado en grandes cantidades sobre los bobinados, ello da lugar a la obstrucción del flujo normal de aire, aumentando el calentamiento de las bobinas. Si esta suciedad se combina con aceite o agua, puede convertirse en un conductor, creando el peligro del aislamiento del motor, pudiendo producirse un chispazo entre bobinas y carcaza.

Los motores deben trabajar en lugares secos, no húmedos, ni con abundancia de agua. El alto grado de humedad es perjudicial si no se toman las debidas precauciones. Se ha llegado a la conclusión dentro de la planta, que el mal funcionamiento o las averías en la mayor parte es por falta de coordinación entre el personal de mantenimiento mecánico y del eléctrico, ya que las fallas en ocasiones son producidas por atoramiento de bombas, rodamientos flojos, que el departamento mecánico detecta, pero que

no pone en conocimiento del personal de mantenimiento eléctrico.

Otro de los factores de interrupción y que la empresa debe meditar es el estado deplorable de muchas de las unidades de control de los motores, pedidos se han realizado pero no se han adquirido los elementos necesarios para reposición de ellos. Además, debe entender que la mayoría de los operadores de la fábrica y de máquinas especiales, deben tratar de conservarlas limpias y secas, deben reportar inmediatamente ruidos, anormalidades, fallas transitorias, chisporroteos, etc.

Si se logra que lo indicado se lleve a cabo, se ha dado un importante paso en la conservación de la maquinaria y la disminución de los fallos, y la fábrica habrá ganado su continuidad y el mantenimiento en general también ocupará un sitio importante dentro de la empresa.

6.2.1 EL POR QUE DE UN MANTENIMIENTO PREVENTIVO (15)

La experiencia dice y así lo demuestra en el vivir diario de la empresa, que hay que hacer participes del programa de mantenimiento preventivo al personal y operadores de generación, con el propósito de obtener informaciones que día a día ayudarán para el buen funcionamiento de los elementos de control y máquinas instaladas.

La deterioración de las máquinas y equipo de control es normal, porque la falla de ellos no es inevitable. Tan pronto se instala el equipo, comienza un proceso de deterioro y el no tener vigilante este proceso puede traer fallas eléctricas continuas. La aceleración del deterioro es causada por: ambiente hostil, sobrecargas continuas, severos ciclos de

trabajo, suciedad, etc.

Un programa por tanto efectivo de M.E.P. consiste en la identificación, vigilancia para futuras correcciones. A más de este deterioro normal que sufren las máquinas y todo elemento, existen causas potenciales de falla, que debe el M.E.P. detectar y resolver como: alteraciones en el circuito, cambio en las condiciones de trabajo, cambios de voltajes, etc.

Sin un programa de M.E.P. este equipo asume y corre alto riesgo de tener fallas, con las consecuencias que se ha mencionado ampliamente.

El mantenimiento eléctrico preventivo es por tanto el corazón de un buen funcionamiento y reducción de accidentes, se puede con ello salvar vidas humanas y minimizar las paradas planeadas, como las no planificadas, tomando solución de los problemas antes de que lleguen a tomar gravedad, adquiriendo en ello soluciones más caras y mayor tiempo de reparación.

Dentro del mantenimiento preventivo eléctrico, debe intervenir el personal siguiente:

a. JEFE DE SECCION ELECTRICA: Cuyas funciones dentro del mantenimiento deben ser:
   - Aprobar las órdenes de inspección sugeridas por el ayudante de mantenimiento.
   - Aprobar las respectivas órdenes de trabajo, luego de las inspecciones realizadas en la planta.
   - Comunicarse con el Jefe de Bodega de Materiales, para que sea en

tregado los materiales necesarios a los trabajadores.

- Ordenar al asistente de mantenimiento realizar informes de trabajo y archivarlos.

b. ASISTENTE DE MANTENIMIENTO: Cuyas funciones deben ser:

- Impartir las órdenes de inspección de acuerdo al plan de mantenimiento preventivo.
- Archivar resultados de las inspecciones realizadas.
- Supervisar los trabajos de los electricistas sobre órdenes de reparación.

c. ELECTRICISTAS: Cumplen papel importante dentro del mantenimiento preventivo, las funciones principales deben ser:

- Sugerir trabajos de mantenimiento al asistente o directamente al Jefe de Sección.
- Realizar las inspecciones de las máquinas eléctricas y presentar un reporte del trabajo.
- Realizar los trabajos diarios de fábrica y reparaciones, y luego informar los resultados.

6.3 MANTENIMIENTO DEL EQUIPO DE CONTROL (2), (3)

A más de inspecciones visuales que deben llevarse a cabo, estos equipos deben ponerse fuera de servicio para poder realizar un eficiente mantenimiento.

Estos elementos por sencillos que parezcan, tienen una misión especial dentro del proceso, pues activan, protegen, dan alarmas, etc. y por ello se debe tratar de que se encuentren en las mejores condiciones de trabajo.

Trataremos sobre los siguientes elementos:

a. Seccionadores de baja tensión
b. Elementos de medida
c. Finales de carrera
d. Pulsadores
e. Tapas y cajas de control
f. Fusibles
g. Contactores
h. Interruptores automáticos
i. Interruptores flotador
j. Relés de protección
k. Barras de distribución
l. Frenos de zapatas móviles de corriente alterna
m. Elementos especiales: baterías

Estos elementos mencionados intervienen dentro de cualquier industria, de manera que dentro del Ingenio también se dispone de ellos.

El mantenimiento de estos elementos es muy sencillo, pero si no tomamos en consideración, ellos pueden tener influencia dentro de las continuas paradas. Se pueden realizar cuadros en los cuales se lleve o indique el tiempo de intervalo de revisiones anuales, mensuales, etc., estos

cuadros son útiles para una planificación del mantenimiento, pero ello no implica que se puede intervenir en un tiempo no determinado.

a. Seccionadores de Baja Tensión.-

Realizan por lo general doble función, de apertura y de protección contra cortocircuitos. Los hay de diferentes tipos.

El mantenimiento es sencillo y se traduce a realizar los siguientes puntos:

1. Con equipo bajo tensión
   - Inspección ocular
   - Verificar correcto funcionamiento

2. Con equipo sin tensión
   - Limpiar palanca
   - Revisar contactos y correcto funcionamiento manual
   - Revisar fusibles en caso de ser con percutor

b. Elementos de Medida.-

Dentro de estos se puede mencionar: amperímetros, voltímetros, fasímetros, frecuencímetros y aparatos de medición de potencia activa.

Estos aparatos deben revisar y hacerlos contrastar al menos una vez al año.

caso de disponer de los repuestos cambiarlos, caso contrario cambiar todo el bloque.

- Ajustar conexiones

d. Pulsadores.-

Son los elementos necesarios para activar y desactivar los mandos de las máquinas, a igual que los anteriores, son propensos a la acumulación de miel y cenizas.

Se recomienda seguir los siguientes pasos en el mantenimiento de ellos:

1. Con instalación en marcha
   - Limpieza exterior
   - Comprobar el correcto funcionamiento

2. Con instalación desconectada
   - Revisión de los contactos
   - Pulir los contactos con lija fina No. 400
   - Limpiar la acumulación de miel y suciedad
   - Chequear el correcto funcionamiento del bloque, manualmente
   - Ajustar conexiones que estén flojas

e. Tapas y Cajas de Control .-

Las cajas por lo general no requieren de ningún mantenimiento en at

mósferas secas, pero en las húmedas y donde exista mucho vapor, deben inspeccionarlas periódicamente para evitar acumulación de miel ya que los roedores pueden producir averías.

La acumulación de la miel debe ser removida con trapos de guaype húmedo. Es recomendable pintar después, con pintura anticorrosiva.

f. Fusibles.-

Se debe revisar periódicamente antes de la puesta en marcha de las máquinas. Dentro de las pruebas a seguirse se recomienda, las siguientes:

1. Con instalación conectada
   - Determinación del estado de los fusibles, en forma visual o por medio de instrumentos.
   - Determinación del calibre apropiado a la instalación
   - Compararlo con la intensidad que circula por él.

2. Con instalación desconectada
   - Revisar y ajustar conexiones
   - Comprobar su estado, retirándola de las cuchillas
   - Determinar si es del tamaño adecuado
   - Revisar su placa de datos

g. Contactores

Son los elementos que conectan a la red los motores. Debido a que u

na vez conectados a tensión empieza en ellos un desgaste, debe inspeccionárselos periódicamente, para tener la seguridad de que las partes móviles están en buen funcionamiento.

Dentro de las operaciones a tomar en cuenta se tiene:

1. Con instalación conectada
   - Observar que no exista vibraciones
   - Observar que el contactor no emita zumbido, el mismo que puede ser producido por las razones siguientes:
     1) Desgaste del núcleo magnético, lo cual no produce cierre normal.
     2) Mala regulación de los contactos.
     3) Circuito magnético oxidado.
     4) Falta de la espira de sombra
     5) Tensión inadecuada
   - Observar que no existan chispas entre los contactos, ello es debido a las causas siguientes:
     1) Poca presión de los contactos
     2) Remanencia del circuito magnético
     3) Contactor en mal estado, platinos desgastados

2. Con instalación desconectada
   - Comprobar el correcto accionamiento
   - Proceder a la limpieza de los contactos, lijándolos con lija No. 400 de agua, o proceder a reemplazarlos por juegos nuevos. Se deben cambiar también cuando se presenta en ellos:
     a) Erosión

b) Desnivelados entre sí

- Revisar la presión adecuada de los resortes
- Revisar el estado de la bobina
- Ajustar los pernos
- Revisar tensión de alimentación sea la adecuada.

La limpieza de los óxidos acumulados en los platinos, se remueven utilizando productos industriales, existentes en el mercado nacional.

h. Interruptor automático.-

Desconecta manual o automáticamente, algunos poseen relés térmicos incorporados.

Las operaciones a seguir son:

- Revisar el accionamiento adecuado
- Calibrar y ver si el relé dispara al valor adecuado
- Comprobar el estado de los contactos
- Limpieza general

i. Interruptor flotador.-

Son muy utilizados para controlar el nivel de jugo y mieles de los tanques y ordenan la marcha o parada automática de un conjunto motor-bomba. Llevan un flotador colocado en el interior del tanque y un contrapeso unido a través de una polea y a un hilo resistente o

cadena.

Tiene dos topes colocados en la cadena que acciona un brazo y por consiguiente a los contactos de marcha y parada.

Se debe realizar un mantenimiento cada tres meses y las operaciones a tomar son:

- Observar el correcto funcionamiento en los niveles deseados, regular los topes.
- Limpieza de la miel y suciedad
- Ajustar conexiones flojas
- Revisar el hilo o cadena

j. Relés de Protección.-

Dispositivos acoplados para la protección de los motores eléctricos, especialmente sobre las sobrecargas.

Naturalmente la mayoría de los relés, son dispositivos que actúan cuando la corriente atraviesa una placa compuesta por un bimetal, produciendo la apertura de un contacto y por consiguiente la parada del motor.

Las pruebas a realizarse en un mantenimiento son:

1. Con instalación conectada
   - Limpieza general

- Comprobar el correcto funcionamiento

2. Con instalación desconectada
   - Revisión interior
   - Revisión del estado de los bimetales y revisión por accionamiento manual
   - Revisión de la escala graduada para disparo

k. Barras de distribución.-

Cualquier aflojamiento en una barra de distribución o terminales de conexión, causa una temperatura mayor, capaz de producir al equipo instalado, un mal funcionamiento o causar avería. La sobretemperatura de las barras causa una decoloración que es detectable en forma visual en lugares visibles de ellas; esto se produce en ocasiones en que todavía se puede realizar una oportuna intervención. Se debe indicar que el recalentamiento causa el deterioro de las barras y también del equipo conectado en ella.

Conexiones Flojas:

Las barras y los terminales, una vez inspeccionados y visto que sus uniones está flojas, se debe inmediatamente ajustar fuertemente. Un apropiado torque a ajuste depende del tamaño, tipo y material del perno, jamás nadie debe asumir lo siguiente: "No asuma que una vez ajustada la barra o el terminal con un torque apropiado, éste quedará seguro difinitivamente".

1. Freno de zapatas móviles de corriente alterna.-

Son acoplados a un electroimán los mismos que funcionan al accionar la bobina y desconecta al faltar la corriente.

El frente se acciona por la acción del resorte al momento de recibir tensión la bobina.

Nos referimos exclusivamente al mantenimiento del electroimán:

- Revisar instalado su correcto funcionamiento
- Determinar si existe o no vibraciones
- Al desmontar se debe revisar lo siguiente
  a) Limpiar el núcleo en caso de estar con óxido
  b) Revisar que no exista roce de la bobina con las piezas móviles.
  c) Observar el estado de la espira de sombra.

m. Elementos especiales: Baterias

Estos elementos, nadie presta la atención necesaria, por eso es recomendable darle un sitio dentro de las inspecciones que se deben realizar.

Algunos puntos a tomar en consideración dentro de las baterias,se puede mencionar los siguientes

1. Con batería conectada
   - Limpieza externamente
   - Comprobar la densidad del electrolito

TARJETA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

I.A.N.C.E.M. PROGRAMA MANTENIMIENTO PREVENTIVO													EQUIPO: AÑO: 1989
No.	Fechas / Actividades	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.

CUADRO No. 5

6.4 MANTENIMIENTO DE MOTORES (10), (11), (15), (19)

Los motores son las máquinas que transforman la energía eléctrica en trabajo mecánico, la mayoría de los motores como se dijo, son de inducción.

Es importante que los motores sean bien nivelados, para que los cojinetes se desgasten uniformemente y no se derrame el aceite de lubricación sobre ellos, especial atención debe ponerse a motores muy grandes.

Si se instalan los motores en lugares húmedos o en los sitios donde caiga abundante agua, se debe protegerlos con una pequeña cubierta o tejado hecho con latón o material impermeable al agua.

Algunas plantas siguen la norma de dejar la maquinaria eléctrica funcionando, concediéndole escasa atención, hasta el momento en que ésta se para y entonces es necesario parar la máquina y en ocasiones la fábrica.

Para esto es necesario, que la empresa disponga de la adquisición de instrumentos necesarios para la buena marcha de la vigilancia, ya que debe convencerse que aparentemente los gastos realizados, le significaría luego una gran economía.

Antes de seguir con la rutina necesaria, es conveniente indicar lo siguiente:

ALMACENAMIENTO:

A la recepción, verifíquese las características de placa de las máquinas.

Cualquier almacenaje eventual, antes de la instalación del motor, debe realizarse en locales secos. Cuide además que el eje se halle inmobilizado a su tornillo de bloqueo.

INSTALACION:

Los motores del Ingenio deben funcionar en las mejores condiciones posibles, para ello es necesario:

- Un local ventilado y una temperatura ambiente menor a 40°C (salvo que la placa diga lo contrario).
- Ubicación excenta de toda vibración.

Cumpliendo lo indicado puede la persona proceder al acoplamiento del motor con la máquina a accionar.

Si los motores son del tipo "resguardado" o "Protegido" es indispensable que se disponga sobrealzado en relación con el suelo de acuerdo al siguiente cuadro:

Altura del eje del motor	Distancia mínima del motor en relación al suelo
280 mm	80 mm
315 mm	90 mm
355 mm	90 mm
400 mm	100 mm
500 mm	110 mm
560 mm	110 mm
630 - 720 mm	125 mm

ACOPLAMIENTO DIRECTO:

Escójase un acoplamiento evitando producir sobrecargas anormales sobre los rodamientos y al extremo del eje.

a. Caso de máquinas sobre deslizaderas longitudinales.-

- Realizar los agujeros en el cimiento, caso de haberlos provisto oportunamente.
- Deposite las deslizaderas, verifique el nivel
- Ponga al motor sobre las deslizaderas, intercalando calas de espesor.
- Realícese la línea de eje, y después de quitar las piezas de arraste haga girar los manguitos, verifique que la separación "e" esté entre 0.03 y 0.05 mm., y por consiguiente en marcha no exista vibraciones.

  La distancia "l" puede ser de 2 a 3 mm. Las cotas e y l deben ser tomadas en A-B-C y D (Ver Anexo).

El caso de máquina sobre placa de base.-

- Utilice una placa o base
- Proceda luego ainstalar, nivelar y anclar la placa
- Coloque el motor sobre la base, coloque calas de espesor
- Haga una alineación aproximada.
- Ajuste los tornillos de fijación de motor.
- Proceda al control del eje, como caso anterior.

ACOPLAMIENTO MEDIANTE POLEAS:

- Las poleas deben ser equilibradas estática y dinámicamente.
- Evite poleas de diámetros muy pequeños (desgaste de la correa y de los rodamientos) o demasiado grandes (riesgo de ruptura y de deslizamiento de las correas).

ALINEADO DE LA MAQUINA:

- Proceda al anclaje de la base
- Coloque las correas y aléjese del motor para tensarlas
- Verifique el paralelismo de los ejes y la instalación correcta de las correas.
- Las correas no deben estar demasiado tensas.

CONEXION:

Debe recordar que cada aislante es suceptible de perder sus propiedades o deteriorarse, si es puesto a una excesiva temperatura.

a. Conexión con la caja de bornes del estator:
   La placa indicadora lleva la siguiente indicación de dos tensiones, la cual el electricista debe colocar adecuadamente, para el funcionamiento correcto del motor.

CONEXION ESTRELLA

Cuando la tensión entre las dos fases del sector en la mayor de las dos tensiones de la placa.

CONEXION TRIANGULO

Cuando la tensión entre las fases del sector, es la menor de las dos tensiones de la placa.

El sentido normal de rotación de un motor es tal que una persona situada frente al extremo del eje, lo vea girar en el sentido de las manecillas del reloj, cuando va conectado a una red trifásica; pero si es necesario cambiar el sentido de giro, ya fue explicado oportunamente la manera de realizarlo.

Programa de Inspección:

Como ya se ha mencionado, el programa de inspección es importante para llevar registros del estado de cada una de las máquinas, anotando la fecha en la cual se la realizó.

Los períodos de inspección puede decir, que varían entre una inspección diaria de una máquina sumamente costosa y la inspección semanal, mensual de equipos menos importantes y sometidos a menos trabajos.

Dentro del Ingenio la experiencia y el conomiento de las diferentes máquinas, juzgará cada qué tiempo se debe llevar una inspección, además determina la contaminación de ellas. Pero se toma a consideración los siguientes puntos que se deben realizar en motores de corriente alterna:

1. Limpieza general del motor.

2. Verificación del estado de los devanados del motor.

   a) Estado general del aislamiento.

   b) Comprobación de devanados empapados de aceite.

   c) Determinación de grasa o agua sobre las bobinas.

   d) Conductores pelados.

   e) Encintados defectuosos.

   f) Holgura de las bobinas y las partes móviles del motor.

3. Estado de los devanados del rotor: rotores o inducidos devanados. Idem al punto 2.

4. Cantidad de grasa de los cojinetes (tiempo de grasa)

5. Estado de la grasa.

6. Estado de los graseros.

7. Estado de los retenedores en los cojinetes.

8. Estado de los conductores de tierra y de las conexiones a tierra.

9. Estado del motor sobre las bases.

10. Vibraciones en el motor.

11. Estado de los anillos rozantes y de las escobillas.

12. Revisión del Portaescobillas.

13. Investigación de cualquier anomalía del motor en marcha.

14. Calentamiento anormal del motor.

15. Observación del tiempo que se necesita un motor para acelerar cuando se pone en marcha.

16. Observación de la velocidad de cambio del motor en arrancadores estrella-triángulo.

17. Ajuste de las partes mecánicas: tuercas, tornillos, etc.

18. Pruebas de aislamiento realizadas con el meguer.

Respecto al engrase de los motores dentro del Ingenio, se debe realizar con una bomba, aceptable a los engrasadores.

Durante la operación de engrase, hay que tener siempre una gran limpieza. El intervalo entre dos engrases del motor depende: del tipo de rodamiento, capacidad de alojamiento, velocidad del motor, de la carga y de la calidad de la grasa.

El siguiente diagrama de la figura 86.a, es utilizado para la realización entre dos engrases consecutivos, de los motores sincrónicos.

La cantidad de grasa necesaria para el rodamiento se calcula de la fórmula:

ENGRASE DE LOS RODAMIENTOS

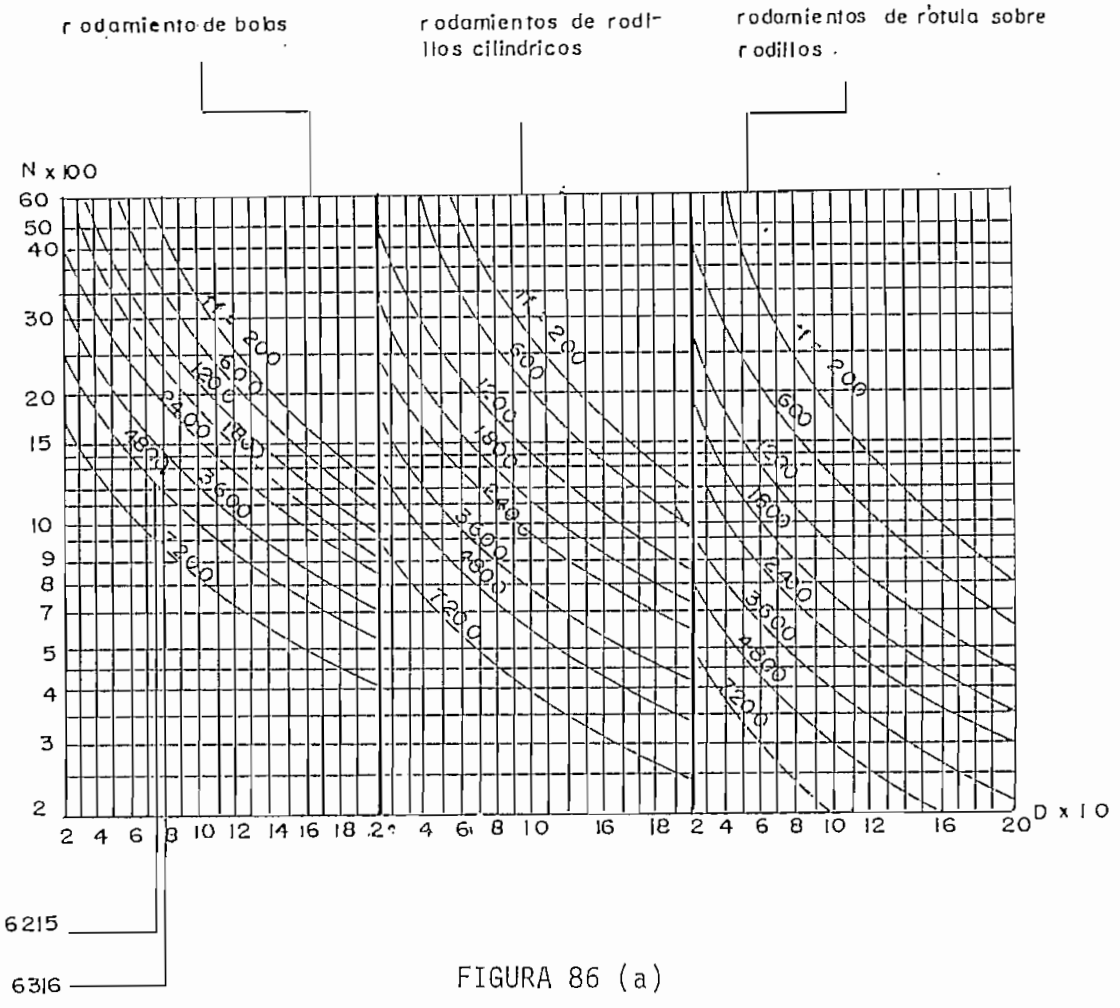


FIGURA 86 (a)

N: velocidades de rotación en vueltas/min

D: diámetro interior de los rodamientos en m/m

tf: intervalos de engrase en horas de funcionamiento

Para la cantidad de grasa necesaria por rodamientos, durante cada engrase complementario, se puede utilizar la forma siguiente:

$$G \quad \frac{d \times b}{200}$$

G: Cantidad de grasa en gramos

D: Diámetro exterior del rodamiento en m/m

B: Anchura del rodillo en m/m

La lubricación de un rodamiento recién montado o limpio, exige una cantidad de grasa un poco mayor a la calculada por la fórmula.

En el gráfico se puede apreciar que los intervalos de engrade, pueden ser más largos para los de bolas, que para los de rodillos y son más cortos para los grandes rodamientos que para los pequeños.

No es recomendable mezclar las calidades de las grasas; éstas deben guardarse al amparo de la humedad.

Cuando un cojinete se recalienta hasta el punto de humear antes de que alguien se dé cuenta, es aconsejable inmediatamente aplicar aceite denso en la parte superior de la ranura, mientras va disminuyendo la velocidad lentamente. No debe pararse de golpe la máquina, sino hasta que se enfríe completamente, caso contrario es seguro que se quede agarrotado el eje al rodamiento.

El aceite denso proporciona una mejor lubricación a elevadas temperatutas.

Se presenta una tabla de los motores que se engrasan y el tiempo aproxi-

mado entre engrases sucesivos. Además el número de bombeadas necesarias de acuerdo al tipo de engrasadora que se dispone.

Es conveniente en este punto decir que una máquina acoplada no debe sobrepasar los siguientes límites, puestas en operación:

- Arranque directo a plena tensión ..... 20 segundos
- Arranque estrella - triángulo ..... 60 segundos
- Arranque con devanado partido ..... 30 segundos

Partidas seguidas a partir de frío: el electricista debe conocer que los motores tienen cierto número de arranques seguidos, pasados estos los aislamientos de los alambres, pueden deteriorarse.

La suma de los tiempos de partida no debe ser mayor que 1.5 veces los valores indicados anteriormente. Ej. si se tiene un arranque estrella-triángulo y toma 25 segundos en producirse. El número máximo de arranque seguidos será:

$$1.5 \times \frac{60}{25} = 4 \text{ arranques}$$

Arranques frecuentes con motor caliente: la suma de los tiempos de arranque no debe ser mayor que dos veces el valor indicado por hora equivalente de funcionamiento.

Una hora de reposo se toma como un cuarto de hora de funcionamiento.

Ej: consideremos el siguiente motor:

tiempo de arranque:	2 segundos
tiempo de funcionamiento plena carga:	8 min.
tiempo de reposo:	7 min.
ciclos por hora:	4

El tiempo total del ciclo de operación es: 15 min. 2 segundos.

tiempo de arrancado por hora = 8 segundos

tiempo equivalente de funcionamiento:

trabajo:	4 x 8	=	32 min.
reposo:	4 x 7	=	3,5 min.
total:	8		35,5 min.

El tiempo total de arranque es 8 segundos en 35,5 minutos de tiempo equivalente de funcionamiento.

El tiempo total de arranque en una hora equivalente de funcionamiento es:

$$8 \times 60/33,5 \cong 14,32 \text{ segundos}$$

de lo cual se puede concluir que el motor si puede trabajar en este régimen, ya que el tiempo es menor a 2 veces 20 segundos.

Frenadas: cada frenada, con inversión de giro es equivalente a tener 3 arranques consecutivos.

ENGRASE DE MOTORES ELECTRICOS EN EL I.A.N.C.E.M.

CODIGO MOTOR	POLEA	VENTILADOR	BOMBEADAS CON BOMBA TALLER	TIEMPO MESES
102 A	22216		15	2
		6214	10	4
102 B	6308	6308	79	7
102 E	6309	6309	9	8
104 A	22220		28	4
		6220	20	8
104 B	22224		44	3
		6221	20	8
104 C	6312	6312	14	5
302	6309	6309	9	7
303	6311	6311	12	6
304	6217	NU217 C3		4-3
411	6312	6312	14	5
421	6306		5	7
		6305	4	8
601	22216		16	2
		6214	10	7
603 A	6312	6312	14	5
603 B	6312	6312	14	5
603 C	6312	6312	14	5
703 A	6311	6311	12	6
901	6309	6309	9	7
902	6310		10	6
		6308	8	7
903	6310		10	6
		6210	7	6
904	6311	6311	12	6
905	6312	6312	14	5
906	5312	6312	14	5
907 A	6308	6308	8	7
907 B	6209	6209	6	5

TABLA No. 8

INSPECCION Y MANTENIMIENTO DE MOTORES ELECTRICOS

OBJETO	REQUERIMIENTOS	EXPLICACION
Examen o prueba	La periodicidad de las pruebas se establece según las condiciones de producción, pero no menos de 1 vez cada 3 meses.	Durante las pruebas se debe limpiar el motor, chequear el estado de anillos y escobillas. La seguridad de puesta a tierra. Es necesario también convencerse de que no hay grietas y desprendimientos de casquete de los cojinetes, estado de los ventiladores, aislamiento de los conductores de alimentación.
Control de la tensión	Para el funcionamiento normal del motor eléctrico la tensión en las barras de alimentación debe ser del 100-105% de la nominal de placa.	Se admite trabajar al motor eléctrico para desviación de la tensión del -5 al 10% de la nominal.
Cojinetes	La temperatura de los cojinetes no debe exceder de la admisible.	La temperatura admisible de los cojinetes de contacto plano es de 80°C para contacto rodante es de 100°C.
	Nivel de aceite de los cojinetes debe ser el normal.	El nivel normal del aceite viene marcado por una raya como señal.

OBJETO	REQUERIMIENTOS	EXPLICACION
Anillos de contacto	El desgaste de los anillos no debe exceder del admisible	El desgaste admisible del anillo, para su diámetro: mm. 72.5 - 3 mm; 80 y 120 3 y 4 mm.
Limpieza del colector y los anillos de contacto	Tanto el colector como los anillos deben estar limpios. Es inaceptable la presencia de polvo y carbón. La limpieza se la realiza con un trapo seco. Es necesario liquidar las manchas enegresidas para evitar chisporroteo.	Se admite limpiar con una tablilla envuelta con lija 400. Se elimina puliendo el colector.
Rebaja del colector	Al aparece sobre las superficie del colector mica saliente, ésta debe rebajarse mediante el rebaje con una sierra-raspador	Se debe tratar de rebajar unos 1,5 - 2 mm bajo el nivel superior.
Escobillas	Se debe elegir las escobillas de acuerdo a la recomendación del fabricante, caso contrario se debe recurrir a tablas.	El tamaño de la escobillas debe garantizar su libre despazamiento. Se debe cambiar cuando se consumen los 2/3 del tamaño.

OBJETO	REQUERIMIENTOS	EXPLICACION
Periodicidad de las reparaciones	Se establece por el responsable del servicio eléctrico, tomando en cuenta el trabajo y la contaminación.	Los motores que trabajan en condiciones pesadas, se deben revisar al menos 2 veces al año, el resto 1 vez al año.
Motores de reserva	Deben estar siempre listos y a la disposición del personal, para trabajo inmediato.	Las pruebas respectivas de ellos, las debe realizar el taller eléctrico del Ingenio.

PUESTA A TIERRA:

Llámase Puesta a Tierra la conexión eléctrica premeditada de cualquier parte de una instalación eléctrica, con un dispositivo de conexión a tierra.

El dispositivo de conexión a tierra es el conjunto de la toma de tierra y los conductores a tierra.

La toma de tierra no es sino un conductor metálico o un grupo de conductores que se hallan en contacto directo a la tierra. Llamase conductores a tierra los conductores que conecta o ponen a tierra las instalaciones eléctricas con la toma de tierra.

DIFERENTES REQUERIMIENTOS

OPERACION	REQUERIMIENTO	EXPLICACION
Letreros	Todos los dispositivos de desconexión del grupo y los cortacircuitos deben llevar identificación.	En los letreos se señala el nombre de la conexión, el máximo reglaje admitido de corriente del elemento.
Elementos de sustitución de los fusibles	Se prohíbe la utilización de elementos de sustitución de fusibles no calibrados o destinados a corrientes mayores.	El personal de vigía siempre debe tener en reserva estos elementos de sustitución.
Tomacorrientes de receptores de corriente portátiles con puntos que se conectan a tierra.	Los tomacorrientes deben tener contacto de protección para el conductor a tierra.	La estructura del tomacorriente debe excluir la posibilidad de la utilización de los contactos de conducción para las conexiones a tierra.
Tomacorrientes y clavijas macho	Las clavijas no deben servir para tomar corrientes de tensión más altas.	La violación de lo enunciado puede llevar a ocasionar accidentes.
Interruptor unipolar.	Deben colocarse en la red del conductor de fase.	Al no observar el requerimiento el receptor de corriente se hallará bajo la tensión de fase con interruptor desconectado.

OBJETO	REQUERIMIENTO	EXPLICACION
Lámparas portátiles	Las lámparas de 12-42 V, deben conectarse a transformadores reductores mediante cables flexibles.	No debe utilizarse lámparas de luminiscencia no sujetas sobre apoyos rígidos.
Alumbrado de emergencia.	Debe existir cuando se paraliza el sistema principal, una red de emergencia.	A la red de emergencia se prohibe colocar transformadores u otra carga que no sea alumbrado de emergencia.
Toma a tierra con la instalación eléctrica	Las tomas a tierra deben realizarse: Para tensiones de 600 V en todos los casos. En los locales de peligro y las instalaciones exteriores. En instalaciones con el neutro puesto a tierra es obligatorio el enlace metálico de los cuerpos de los equipos con el punto de puesta a tierra.	A puesta a tierra se someten cuerpos de máquinas eléctricas, transformadores, lámparas, etc. Devanados de los secundarios de los transformadores de medición, armaduras de tableros de distribución y armarios.
	No se someten a puesta de tierra: El equipo montado sobre estructuras metálicas puestas a tierra.	En las superficies de apoyo deben haber lugares sin pintura para garantizar el contacto eléctrico.

OBJETO	REQUERIMIENTO	EXPLICACION
	Los cuerpos de los relés de los aparatos de medición y otros, instalados sobre los tableros y armarios metálicos.	Idem al caso anterior
	Los receptores eléctricos con doble aislamiento.	El doble aislamiento de 2 escalones independientes uno del otro, cada uno de los cuales está calculado para la tensión nominal.
Realización de la toma de tierra.	Cada elemento puesto a tierra debe conectarse a la toma de tierra.	Está prohibido las conexiones en serie de varios elementos, ya que ha de ponerse a tierra cada máquina.

6.5 MANTENIMIENTO DE GENERADORES (11), (12), (17)

Una gran parte de averías de ellos, débese a la defectuosa conservación. En ellos debe realizarse tanto mantenimiento eléctrico como mecánico.

Entre los puntos principales a tomar en cuenta tenemos:

a. Aislamiento.
b. Limpieza del generador.
c. Secado del generador (por humedad).
d. Revisión de Colector y anillos.

a. Resistencia de aislamiento.-

En cada interzafra o cada 6 mese de funcionamiento se debe tener la precaución de realizar una prueba del estado de aislamiento; se lo debe realizar con el meguer de 500 voltios. Por ello se recomienda antes de realizar la prueba, se desconecte el cable de tierra del generador. Para lo cual basta sacar una de las barras ubicadas en el interior del cuarto de los filtros de aire. En caso de no hacerlo y realizar las pruebas se tendrá falsas lecturas.

Luego se debe proceder a la desconexión de todas las escobillas. (Figura 86).

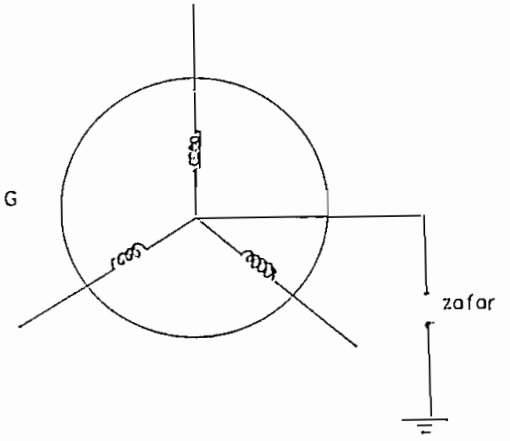


FIG. 86

Se debe, y recomienda realizar, las pruebas desde la carcaza del generador a:

- A los cables de potencia que van al armario general.
- A los terminales de la excitatriz (campo).
- A los terminales del rotor.

Preferentemente se debe realizar la prueba con el generador caliente. Si las lecturas resultasen demasiado bajas, se debe pensar en secarlo.

b. Limpieza del Generador.-

Ya se dijo anteriormente que se debe tratar de mantener por parte de los operadores, al generador totalmente limpio, ya que es conocido

y sabido que la máquina limpia interna y externamente calienta menos. La limpieza se debe hacerlo con aire seco o utilizando un compresor a baja presión.

c. Secado del Generador.-

Realizada la respectiva prueba del aislamiento, la humedad de los devanados se lo realiza en dos formas:

1. Desmontando al generador, para lo cual hay que desacoplar de la turbina, para luego colocarlo en el interior de un horno eléctrico. La temperatura del horno debe controlarse durante el secado de la máquina.
2. Realizando el secado en funcionamiento del generador:
   - Abrir el disyuntor principal del grupo.
   - Desconéctese luego el campo y aisle los terminales.
   - Hacer funcionar al generador durante algunas horas.
   - Realizar la prueba de aislamiento.
   - Volver a restaurar el circuito del generador.

d. Revisión de colector y anillos.-

Muy a menudo los chiporroteos en las escobillas se debe a la suciedad en el colector, o alguna dificultad mecánica.

Los colectores y los anillos rozantes, deben limpiarse en una forma cíclica, ya que el olvido puede producir acumulación de ceniza y carbón (suciedad) que producen serias molestias en el funcionamiento.

Si las delgas del colector son demasiado altas, debe proceder a rebajárselas, ya que ello es causa de un chisporroteo y la oscilación del voltaje.

De manera general, esto debe revisarse también cuando se procede al cambio de las escobillas, para ello se debe utilizar:

- Lija de agua No. 400.
- Hacer girar el generador a unas pocas revoluciones y con una tablilla forrada de lija, limpiarlo.
- Luego, procédase a pasar un trapo limpio con gasolina.

Además se debe revisar los soportes de los portaescobillas, y certificar que ellas asienten libremente sobre los anillos. Las escobillas deben reemplazarse a los 2/3 de su longitud. Si son nuevas debe dárseles antes de colocarlas la forma de los anillos y colector. No debe olvidarse de revisar la presión de los respectivos resortes, ya que si no existe la suficiente presión a las escobillas, éstas vibran, produciendo chisporroteo y el desgaste excesivo de los anillos y de ellas mismas.

6.6 MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADORES (11)

Son máquinas eléctricas que transforman la energía a niveles diferentes de tensión y corriente, para una mejor utilización de la misma.

Los transformadores aunque necesitan poca atención, no por ello deben quedar totalmente en el abandono.

Es necesario que el personal de mantenimiento dedique un poco de aten - ción a ellos: existen variedades de tipos, pero los que se disponen dentro del Ingenio son los de tipo seco y los de aceite.

TRANSFORMADOR SECO:

Se los instala en locales secos, no deben recibir agua desde techos; debe resguardárselos del polvo y los productos químicos. El polvo depositado en los arrollamientos disminuye la disipación de calor y puede llegar a producirse recalentamientos de los bobinados.

A los devanados es aconsejable limpiarlos con un compresor a una presión no tan elevada, puede ser de 2 Kg/cm^2.

La temperatura de los devandos no debe sobrepasar los 100°C medidos con un termómetro de alcohol, no es aconsejable utilizar termómetros de mercurio, debido a las corrientes inducidas que pueden falsear los resultados.

Se debe realizar una revisión del aislamiento; si las medidas de aislamiento respecto a carcaza son bajas, debe tratarse de eliminar esto por cualquier medio. Si el método de secado es externo, se recomienda que la temperatura producida no se exceda de los 110°C. El secado debe realizarse bajo observación.

Transformador en baño de aceite:

Requieren mayor atención que los anteriores. Una vez al año es necesario revisar el nivel del aceite y revisarlo para comprobar posible presencia

de humedad en él. Se recomienda tomar muestras del aceite y ser enviados a lugares especializados de pruebas, ya que el Ingenio no dispone de estos instrumentos.

Si el líquido estuviera sucio, debe vaciarse y ser llenado completamente con aceite limpio.

Resumiendo debe tomarse en cuenta los siguientes aspectos:

1. Con transformador a la red.
   - Revisar temperatura de los devanados
   - Inspeccionar posibles fallas a tierra
   - Revisar equipo de protección
   - Tomar muestras de aceite
   - Inspeccionar conexiones
   - Observar la carga con instrumentos de medida
   - Agregar aceite en caso de estar bajo

2. Con transformador desconocido.
   - Limpieza de los devanados, aisladores, barras, etc.
   - Ajuste de las conexiones en caso de ser necesario
   - Medir la resistencia de aislamiento y revisar puesta a tierra
   - Revisar el estado del aceite.

Es importante también que el equipo esté completamente conectado a tierra a través de su carcaza.

REVISION, COMPROBACION DEL EQUIPO DE CONTROL DE LUMINARIAS

OPERACION	PERIODO DE LA COMPROBACION	EXPLICACION
Reparación del equipo eléctrico y de la red en general.	No menos de una vez al año.	Los plazos son establecidos por el departamento eléctrico.
Corriente	Idem anterior.	Se realiza en la reparación general.
Revisión, limpieza del equipo y redes.	No menos de 1 vez a los tres meses.	Los plazos son establecidos de acuerdo al ambiente.
Red eléctrica	1 vez al año	Se realiza medición de cargas y tensiones adecuadas.
Aislamiento entre conductores y cables.	1 vez cada año.	Se hace la medición de la resistencia de aislamiento.
Limpieza de las lámparas y de los difusores.	Los plazos los determina el Depto., generalmente 3 veces al año.	Se revisa la existencia de las lámparas, difusores y del estado de los bombillos.
Ensayo del autotransformador.	No menos de 1 vez al año.	Comprobar correcto funcionamiento y aislamiento.
Control del nivel de luminosidad.	1 vez al año	Comprobar la luminosidad de los diferentes locales.

* La limpieza de las luminarias debe realizarse con tensión quitada.

C A P I T U L O V I I

CUADRO DE POSIBLES SOLUCIONES DE MOTORES

Juega papel importante dentro de una industria (Ingenio), la acumulación de la experiencia por parte del personal de mantenimiento eléctrico, ya que de ello puede darse el grado de agilidad en una determinada reparación o levantamiento de una avería que ha parado el proceso de producción.

La etapa inicial son ensayos preliminares como lo enunciado: aislamiento de devanados, ensayo de motor en vacío, y probar la facilidad con que el motor gira con la mano, sino hay deterioros mecánicos, golpes, ruidos o calentamientos excesivos de los cojinetes, roce del motor, etc.

Pero el encargado de las reparaciones, debe tener el poder de observación en la determinación de una avería; ya que ésta puede estar dentro del equipo de control del propio motor (armarios) o en el otro caso, propiamente en el motor.

Por tal motivo, se da posibles soluciones a diferentes causas producidas en los motores. Además se adjunta un cuadro de posibles causas de la existencia de no tensión al motor.

7.1 MOTORES DE INDUCCION (17), (23), (24)

Dentro de los motores de inducción a considerarse, tenemos:

MOTORES DE INDUCCION

CARACTER DEL DESARREGLO	CAUSA POSIBLE	METODO DE DETECCION
El motor no arranca sin carga. No hay momento de arranque.	Corte (de uno de los conductores) de la línea de alimentación. Corte de uno de los devanados de la fase del estator del motor (conexión Y).	Revisar la tensión en la línea. Revisar los fusibles o la corriente en los conductores de alimentación o la resistencia de los devanados.
El motor no desarrolla la frecuencia nominal y zumba.	Atracción unilateral del rotor, debido al desgaste de los cojinetes, la oblicuidad de los cojinetes o la flexión del árbol.	Revisar el espacio entre el rotor y el estator.
El motor se para al aumentar la carga.	Tensión baja en la red.	Revisar las tensiones de la red.
	Conexión del devanado en estrella en vez de triángulo.	Revisar el esquema de conexión del motor.
	Corte en uno de los devanados de las fases del estator (conexión triángulo).	Revisar la resistencia de los devanados de las fases.
	Cortocircuito entre espiras del devanado del estator.	Revisar aislamiento.
	Corte o desoldadura en el devando del rotor.	Revisar la corriente o por medio del zum

CARACTER DEL DESARREGLO	CAUSA POSIBLE	METODO DE DETECCION
		bador revisar el rotor.
	Reóstato de arranque en mal estado.	Revisar la resistencia y buen estado del reóstato.
El motor da un número reducido de revoluciones por minuto.	Sobrecarga.	Revisar la carga.
	Tensión reducida de la red.	Revisar las tensiones.
	Resistencia elevada del devanado del rotor a causa de:	
	Desoldadura, mal revestimiento, rotura de barras, desarreglo de anillos, escobillas (motores de anillos).	Revisar la corriente del rotor. Examinar anillos y escobillas.
El motor no toma revoluciones (se atranca con pequeña frecuencia de giro) y zumba.	Corte en el devanado del rotor o el circuito de anillo (portaescobilla-reóstato de arranque), mal estado del reóstato de arranque (resistencias desiguales en cada fase).	Revisar la resistencia de las fases del devanado del rotor y del reóstato de arranque.
	Corte de alguna barra o anillo de cortocircuito del rotor en jaula de ardilla.	Revisar la corriente del motor.

CARACTER DEL DESARREGLO	CAUSA POSIBLE	METODO DE DETECCION
	Está virada la fase del devanado del estator.	Revisar la corriente en los conductores de alimentación. Fases correctas.
El motor se pone a girar con el rotor de anillos desconectados.	Cortocircuito entre espiras del rotor.	Comprobar mediante probador de inducidos.
	Superposición entre las barras del rotor durante el arranque.	Revisar las barras.
Corriente absorbida exagerada en marcha.	Cortocircuito en el estator (las tres intensidades son desiguales y el motor ronca).	Verificar el aislamiento entre las fases del estator.
	Cortocircuito en el circuito rotor-reóstato.	Verificar el aislamiento entre las fases del rotor, entre resistencias del reóstato; ver si existe algún contacto accidental entre dos anillos, escobillas.
	Motor demasiado débil (si las tres intensidades son iguales).	Comprobar que la máquina accionada no esté agarrotada. Reemplazar por otro motor.

CARACTER DEL DESARREGLO	CAUSA POSIBLE	METODO DE DETECCION
Calentamiento elevado del estator.	Corriente elevada en los devanados del estator debido a:	
	Corte de uno de los tres conductores de la línea de alimentación en el circuito del estator.	Revisar los fusibles, como las tensiones entre las fases.
	Tensión elevada o reducida de la red.	Revisar la tensión entre los conductores de alimentación y la corriente.
	Sobrecarga, cortocircuito entre espiras en el devanado de una fase del estator, cortocircuito entre las fases del estator.	Revisar: la corriente en los conductores; aislamiento entre las fases respectivas. Revisar las resistencias.
Calentamiento elevado del rotor.	Empeoramiento de la ventilación.	Limpiar los canales de ventilación.
	Corriente elevada del rotor debido a:	
	Tensión reducida en la red de alimentación.	Revisar las tensiones y la corriente del rotor (caso de anillos).
	Sobrecargas:	Revisar la carga.
	Desoldadura de las uniones.	Revisar: soldaduras, la resistencia del rotor (caso de anillos).

CARACTER DEL DESARREGLO	CAUSA POSIBLE	METODO DE DETECCION
El valor de la corriente consumida por el motor oscila periódicamente.	Corte en el rotor.	Revisar corriente en la línea del rotor.
Al conectarse el motor reacciona la protección (corriente muy grande).	Está cambiada la fase del estator.	Revisar la marcación de los terminales y esquema de uniones.
	Conexión de las fases del devanado del estaro en triángulo en vez de estar en estrella.	Revisar conexión de los devanados.
	Cortocircuito del devanado al cuerpo o entre las fases.	Revisar el aislamiento de los devanados de las fases con respecto al cuerpo entre sí.
	Desarreglo del reóstato de arranque.	Revisar el reóstato.
El motor humea y termina quemándose.	Cortocircuito directo (o masa) de cierto número de espiras del bobinado.	Verifique de igual manera el aislamiento del motor. Medir corriente de línea.
Sobrecalentamiento de los cojinetes.	Falla de lubricación.	Agregar lubricante.
	Lubricante sucio.	Cambiar el lubricante.
	Desgaste del cojinete.	Revisar el juego del cojinete.

CARACTER DEL DESARREGLO	CAUSA POSIBLE	METODO DE DETECCION
Oscilaciones mecánicas (vibraciones del motor) produce mucho ruido.	Desbalance del rotor (las vibraciones desaparecen sólo al disminuir considerablemente la frecuencia de rotación).	Revisar el equilibrio dinámico y estático.
	Corte en el rotor.	Revisar el rotor.
	Vibración de ciertos órganos.	Se lanza al motor y se corta la corriente. Si el ruido persiste, revisar pernos, poleas, etc.
	Gran juego axial del rotor.	Revisar los cojinetes y su instalación.
	Entrehierro irregular.	Revisar separación entre el rotor y el estaro.
	Floja la polea.	Ajustar.

OBSERVACIONES:

1. Si el corte del motor sucede en marcha, el motor sigue girando y si no se para a tiempo, termina quemándose.

2. El corte de un conductor de alimentación del motor y las protecciones inadecuadas son causas frecuentes del deterioro del devanado del estaro de los motores trifásicos.

3. La conexión del devanado en estrella en vez de triángulo conduce a la disminución de la tensión en cada uno de los devanados 1.73 veces y, por consiguiente, a la disminución de 3 veces en el momento de arranque y máximo. (Figura 87).

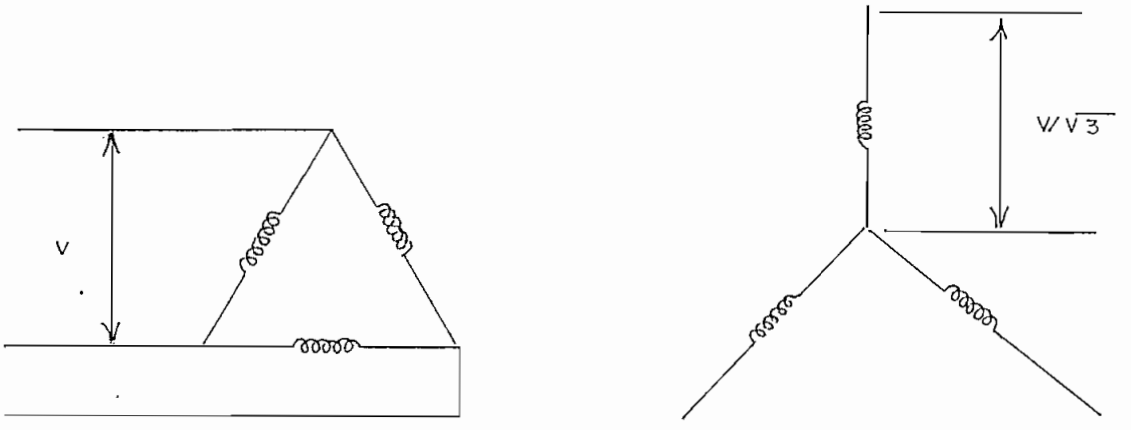


FIG. 87

MOTORES MONOFASICOS DE INDUCCION

DESARREGLO	CAUSA POSIBLE	ACCION A TOMAR
El motor no arranca.	Fusibles quemados.	Cambiar fusibles.
	Sobrecarga.	Revisar la carga.
	Interrupción de la bobina de arranque.	Reparar.
	Eje torcido.	Cambiarlo.
	Rodamientos ajustados.	Reparar.
	Relé térmico dañado.	Cambiar la unidad.
	Bobinados quemados.	Reparar o cambiar motor.
Al cerrar el circuito de mando, el motor marcha con velocidad inferior a la nominal.	Bobinado en cortocircuito.	Debe repararse.
	Inversión de la polaridad de las bobinas.	Revisar conexiones.
	Cojinetes desgastados.	Cambiar.
	Barra del rotor floja.	Reparar.
	Sobrecarga.	Reducir la carga.
El motor marcha pero se calienta en exceso.	Bobinas en cortocircuito.	Reparar.
	Bobinada a masa.	Reparar.
	Cojinete desgastado.	Cambiar.
	Sobrecarga.	Eliminar sobrecarga.
	Ventilación absorbida.	Limpiar totalmente.
El motor marcha con ruido.	Bobinada en cortocircuito.	Reparar.
	Inversión de polaridad de las bobinas.	Revisar conexión.
	Cojinetes ajustados.	Revisarlos.
	Roto devando de arranque.	arreglar.
	Mal alineado.	

DESARREGLO	CAUSA POSIBLE	ACCION A TOMARSE
	Eje torcido. Entrehierro irregular	Cambiar el rotor. Revisar rodamientos. Si el problema es el rotor se debe cambiar.

NO EXISTE VOLTAJE A TERMINALES DEL MOTOR

OPERACION	CAUSA POSIBLE	ACCION A TOMAR
NO ACTIVA LA BOBINA DEL CONTACTOR.	Bobina rota.	Cambiar por otra.
	Bobina quemada o corto circuitada.	Sustituirla.
	Contactos de relé térmico abiertos por disparo.	Reactivarlo, o en caso contratio sustituir el relé.
	Pulsador en marcha abierto.	Revisar los platinos de los contactos, o sustituir el elemento.
	Microswitched del seccionador abierto.	Revisar el resorte que activa al contacto. Cambiar la unidad.
ACTIVA LA BOBINA DEL CONTACTOR PERO NO ARRANCA EL MOTOR.	Fusibles de protección contra cortocircuitos fundidos.	Revisar fusibles.
	Que los contactos principales no hagan contacto.	Revisar la presión de los resortes. Sustituir contactos.
	La unidad térmica está dañada.	Bimetales rotos. Sustuirlos o cambiar la unidad.
	Seccionador está abierto.	Cerrar el seccionador.
	Están zafadas las líneas de alimentación.	Conectar las líneas respectivas.

OPERACION	CAUSA POSIBLE	ACCION A TOMAR
ACTIVA LA BOBINA PERO EL MOTOR DESCONECTA ENSEGUIDA	El contacto auxiliar que sirve de memoria para le encalvamiento no cierra.	Revisar resortes y estado de platino.
	La unidad térmica está dañada por continuos arranques.	Sustituir relé térmico.
	El microswiched del seccionador puede abrir debido al estado del resorte.	Desarmar unidad acoplada y revisar resorte.
	Los fusibles principales están mal dimensionados.	Sustituit por adecuados.
	El voltaje de las bobinas puede caer demasiado.	Revisar voltaje de trabajo. Colocar transfromador de tensión.

VALOR LIMITE DE LAS VIBRACIONES DE LOS COJINETES DE MOTORES ELECTRICOS

FRECUENCIA SINCRONICA DE ROTACION rpm	2p 3600	4p 1800	4p 1200	8p 900 y menor
Amplitud admisible de la vibración de los cojinetes. (um).	50	100	130	160

C A P I T U L O V I I I

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como parte final del estudio realizado, se concluirá realizando algunas conclusiones y recomendaciones finales que deben seguirse para el buen funcionamiento de la planta.

Es indispensable que el IANCEM, tome muy en cuenta algunas de las sugerencias que se dan:

8.1 CONCLUSIONES

- Dentro del Ingenio Azucarero, la materia prima "bagazo" constituye un elemento vital dentro del proceso.
- Los factores de demanda de los motores de inducción oscilan entre el 50-65%.
- Los diferentes alimentadores existentes han sido dimensionados correctamente y aún para soportar un ligero incremento de la carga.
- Algunos de los interruptores automáticos de los alimentadores existentes, presentan anomalías debido al tiempo de trabajo, como desconexión al inicio del encendido de motores.
- La seguridad del personal y protección de los equipos (motores) es la base de las protecciones.
- La adecuada coordinación de las protecciones es indispensable para dar un grado óptimo evitando las menores salidas de los equipos.
- El estudio de los cortocircuitos es indispensable para el conocimiento de los niveles de sobrecorrientes en los diferentes puntos, y ade

más es útil para la selección adecuada de los elementos de protección.

- El poseer el diagrama unifilar con todos los equipos instalados, longitud de conductores, impedancias, es indispensable para realizar estudios de cortocircuitos.
- Para la adecuada selección del equipo de protección hay que tener el conocimiento adecuado de los mismos.
- Los fusibles tipo acompañamiento utilizados para protección de los motores es exclusivamente para cortocircuitos.
- El reemplazo de un fusible por otro, tiene que ser exclusivamente del mismo tipo y tamaño para asegurar una adecuada protección.
- Los motores utilizados dentro de la fábrica son del tipo asincrónicos.
- El rendimiento de los motores usados, dentro del área de centrifugación es bajo, debido al funcionamiento alternativo en la acelaración y operación.
- Para la correcta coordinación de los elementos es necesario el conocimiento de las características tiempo-corriente de los mismos.
- Es menester realizar un estudio de la coordinación de los diferentes elementos, cuando se diseña sistemas nuevos, o cuando la industria realiza incremento de cargas.
- La correcta utilización de los motores de inducción y la colocación apropiada de capacitores ayuda a mejorar el factor de potencia de la fábrica.
- Los motores deben ser instalados a voltajes correctos.
- El conocimiento de la forma como poder determinar ciertas anomalías en motores, ayuda a la conservación de los mismos.
- El mantenimiento eléctrico apropiado y a tiempo es muy importante para asegurar la continuidad de la maquinaria.

RECOMENDACIONES

- Todos los cambios que se realizan dentro de una industria, deben ser anotados en los respectivos planos, para evitar posibles contratiempos en determinados momentos.
- El Ingenio debe poseer el diagrama unifilar de sus instalaciones.
- Para estudios de cortocircuitos es recomendable el uso del método de los MVA, ya que en él se desprecia las impedancias de los conductores por ser de pequeñas longitudes.
- En el transformador de 75 KVA que sirve para el campamento y alumbrado, es necesario tratar de equilibrar las cargas y modificar la red de baja tensión.
- Debe tratar de colocarse en las luminarias de mercurio, capacitores, para mejoramiento del factor de potencia.
- No se recomienda el cambio de motores, sin antes proceder a la inspección de los equipos instalados de protección, como del tamaño del conductor.
- Se debe tratar de megar cada tres meses a los conductores, ya que algunos cables de alimentación de motores presentan en la actualidad cierto grado de humedad.
- Los conductores que sirven para mando de los motores, están presentando problemas de aislamiento. Debe tratar de cambiarse aquellos con problemas.
- Cuando se trate de cambiar conductores, estos no deben quedar en la superficie y regados por el suelo; deberán ser enterrados oportunamente.
- Debido a que la relación de la corriente de falla a tierra con respecto a la trifásica es mayor, es aconsejable poner todas las carcazas

de los motores y equipos en general a tierra.

- Debe tratar de colocarse un equipo para despejar fallas a tierra.
- Se debe tratar de mantener todos los motores eléctricos libres de suciedad, los armarios y rejas existentes deben asímismo mantenérselos limpios.
- Antes de proceder a la instalación de motores nuevos en los armarios, se debe primeramente revisar en los planos, si esto es permitido.
- Se debe coordinar los períodos de mantenimiento preventivos.
- Es aconsejable el cambio del motor de tiro inducido de rotor bobinado 304 por otro motor de jaula de ardilla. El arranque a utilizar es el y/Δ (Ver diagrama apéndice).
- Las plantas caterpillar para emergencias y para fines de semana no debe sobrecargárselas demasiado.
- Como la fábrica dispone para sus luminarias, balastras tipo autotransformador, pero sin capacitores. Debe tratar de incorporar este elemento y colocarlas para tipo de vatiaje constante, por las variaciones de voltaje.
- Si bien los contactores de ligamiento de los motores a la red, son de suficiente capacidad para los que tienen instalados, estos presentan demasiado desgaste de sus elementos; para sus cambios referirse a las tablas del apéndice en las cuales se indican los tamaños del contactor y relé térmico de sobrecarga tipo SIEMENS.
- Debe analizarse el aceite del transformador, el mismo que no ha sido analizado por muchos años.
- En el armacio 10 sus instalaciones de fuerza y equipos de control, deben corregirse de acuerdo con el diagrama del plano eléctrico No. 10.
- Al enviarse motores a rebobinar fuera de la Institución, se debe poner especial atención a que los mismos tengan las características si

milares al original, potencia, torque, etc.

- El motor 307B del armario 13 debe ser también arrancado por medio de un arrancador Y/Δ, para evitar desconexiones del breaker del alimentador al encender el motor.
- Debe disponerse de las curvas características de los diferentes elementos de protección, utilizados dentro del Ingenio.
- El mando eléctrico individual, ofrece ventajas desde el punto de operación, economía y producción.

B I B L I O G R A F I A

1. Guide for Induction Motor Protection.- American National Standart. 1969.

2. Material para Instalaciones Eléctricas.- Electrotecne Josa S.A. (BJC).- 1987.

3. Low Voltage Equipment.- General Electric.- 1980.

4. Cómo diseñar Sistemas Eléctricos.- Joseph F. McPartland.

5. El Contactor y sus Aplicaciones.- Agut.

6. Distribution Systems.- Westhinghouse.- Vol.3.

7. Cortacircuitos.- Gradyfus "AC".- 1969.

8. Electrical Power Distribution for Industrial Plants.- Third Edition.

9. Normas para Instalaciones Industriales.- Tesis de Grado EPN.- Mauro Trujillo.

10. Siemens.- Catálogo.- 1987.

11. Plan de Mantenimiento Preventivo de la Cervecería Andina.- Tesis de Grado EPN. Enrique Portaluppi.- 1983.-

12. Power Distribution in Industrial Installations.- T.B. Rolls.-

13. Manual de Protecciones de Sistemas Eléctricos de Potencia.- Ing. Alfredo Mena P.- 1983.

14. Insulated Wires and Cables.- Catálogo Siemens. 1982.-

15. El Electricista de Fábrica.- E. Maurein.-

16. Instalaciones Industriales.- Henriquez Harper.

17. Motores Asincrónicos de Media y Baja Tensión.- Fives Lile Cail.

18. Catálogo Relés Térmicos y Diferenciales. Agut. 1978.-

19. I-T-E Molded Case Circuit Breaters.- Gould.

20. Molded Case Circuit Breaters and earth leakage breakers.- Catalog No. SI-E042.-

21. Sistemas Industriales de Regulación Eléctrica.- Siskind.- 1983.-

22. Catálogo de Conductores Eléctricos.- Cablec.-

23. Manual de Instalación de Motores de C.A..- CEAC.-

24. Reparación de Motores.- Rosemberg.-

A N E X O 1

PARTE ELECTRICA DE LAS CENTRIFUGAS

Para las centrífugas semiautomáticas, el motor es provisto para una cadencia de 25 ciclos/hora.

El motor de eje vertical es del tipo AV 8/6-12 y AV 6/4 a, de dos polaridades.

VENTILACION AUXILIAR DEL MOTOR

La ventilación del motor tiene por objeto enfriar enérgicamente al motor, esto es indispensable para cualquier cadencia cíclica. La tubería de aspiración de aire del ventilador, evita la aspiración de los vapores de masa-cocida.

El motor de las centrífugas debe ser previamente ensayado solo, quitando las zapatas y asegurándose que gire en el sentido de las agujas del reloj para una persona mirando desde arriba. Esto debe realizarse para las dos polaridades.

Se debe proceder a vigilar el calentamiento anormal, la carcaza del motor no debe causar una diferencia más de 50°C en relación con la temperatura ambiente, en este caso verifíquese que el ventilador auxiliar impulse el aire en el motor de la centrífuga.

TELECOMANDO DEL MOTOR

Un ciclo de centrifugación comprende: arranque, marcha en régimen, clarificación, frenado.

El cerebro o equipo de control principal e sel conmutador cíclico rotativo que define 7 posibilidades de regulación, inmovilizando convenientemente las fichas de regulación.

En forma general: cada ranura circular lleva dos fichas.

- Ficha negra permite la marcha
- Ficha roja da fin a la operación.

Las funciones que realiza el disco son las siguientes:

1. Duración total del ciclo: además del enclavamiento dado en la posición de parada, la ranura define el tiempo de marcha desde cero hasta el fin del frenado, es decir, hasta que la canasta está nuevamente definida con su carga de azúcar.

2. Parada del disco: dada la velocidad inmutable del disco, esta operación es necesaria para obtener los ciclos cuya duración pasa la máxima autorizada por el empleo del disco mismo.

   Tiene por objeto mantener la centrífuga en marcha GV en el transcurso del período en que no debe ser efectuada ninguna operación accesoria, siendo controlada su duración por una minuteria.

3. Clarificación con agua: fija la duración de la clarificación con agua, así como también el comienzo de esta operación.

4. Clarificación con vapor: esto tiene su punto de origen después de la clarificación con agua, conviene colocar la ficha negra sobre la misma línea que la ficha roja de clarificación con vapor, aunque se haya previsto un enclavamiento eléctrico, impidiendo la superposición de las dos funciones.

   La clarificación con vapor finaliza a voluntad, según la posición dada a la ficha roja, en general, se regula hacia la mitad del período de frenado de la centrífuga.

5. Dispositivo de retardamiento: cuando existen varias centrífugas, es interesante proceder a un decalaje de los arranques de manera de impedir la yuxtaposición de las puntas de corriente de arranque. El relais AS se conecta a partir de la puesta bajo tensión del motor, de forma de impedir un instante el arranque de los otros.

   Además es indispensable colocar la ficha negra en posición cero.

6. Frenado eléctrico.

7. Frenado mecánico: permite fijar el punto de funcionamiento del electro-imán del freno.

ROTACION DEL DISCO

La rotación del disco es asegurada de la siguiente manera: El motor es alimentado a 24 V, por el contactor SM. El principio de una operación corresponde a la puesta bajo tensión del servo-motor, por lo tanto, a la rotación del disco.

La parada al final del ciclo de centrifugación es definida por la ficha roja de la ranura "duración total del ciclo".

En el caso en que se utiliza "la parada del disco", el relais AD procede al corte del servo-motor sin que el disco se desembrague, quedando el disco inmóvil en su posición del momento hasta que la minutería provoque la realimentación del pequeño motor. Fuera de las operaciones del disco hay otras que son controladas por relés de tiempo:

- Separación de las mieles:

  El electro-imán está bajo tensión al comienzo del ciclo. Una minutería fija provoca el basculamiento algunos segundos después del comienzo de la clarificación con agua.

- Puesta en Shunt de la resistencia:

  Para disminuir el valor de la punta en el acoplamiento PV, principalmente luego del frenado, la resistencia estatórica de descarga es insertada en el circuito por el contactor PV. Esta es puesta fuera de servicio luego de 2 segundos a 5" (acoplamiento GV-PV) por el contac-

to de puesta en shunt en SH1 de la resistencia, controlado por minutería.

- Carga:

En caso de bajos productos, para el arranque es necesario un porta-cojinetes de baja velocidad para permitir una carga de duración relativamente prolongada. Se obtiene por inserción en el circuito PV de una resistencia estatórica compuesta de la resistencia de descarga y de una resistencia complementaria.

El relais RCH pone a ésta en servicio una decena de segundos después del comienzo del ciclo y otro relais R devuelve la marcha normal PV 45" más tarde, por medio de los contactotes de puesta en shunt de las resistencias SH1 y SH2.

ACOPLAMIENTO GV-PV

La conexión del motor sobre su acoplamiento de 4 polos debe efectuarse cuando la velocidad en la marcha PV está cerca del sincronismo.

- Descarga:

Es independiente del ciclo de centrifugación. Se alimenta al motor sobre el acoplamiento PV por medio de una resistencia estatórica, que tiene por efecto limitar la cupla motor al valor necesario para vencer el esfuerzo resistencia de la pala empeñada en el azúcar.

Enclavamientos por contactores auxiliares interrumpe la marcha simultánea de relais de centrifugación R1, el de descarga R2.

El circuito del motor AV 8/6: es controlado por los contactores siguientes:

. Contactor GV: conecta el estator a la red.
. Contactor PV: tiene por objeto unir al estator PV a la red a través de resistencias.
. Contactor de puesta en shunt SH1: efectiva la puesta en cortocircuito de los tres elementos de resistencia de descarga colocados en el circuito PV.
. Contacto de puesta en shunt SH2: eventualmente la misma acción sobre los elementos complementarios de resistencia de carga. Para protección del motor, actuan los relés térmicos calibrados debidamente.

Un amperímetro conectado a través de transformador de intensidad permite verificar la intensidad absorbida por el motor durante la marcha.

. Circuito de luz: ilumina el interior del armario al abrir las puertas.
. Organos de mando: están reunidos en una caja con 4 botones pulsadores.
. Botón MARCHA: da el impulso que conecta al relais de preparación R1 a partir del cual se desarrolla todo el ciclo de centrifugación hasta la parada de la canasta al finalizar el frenado.

. Botón FRENO: en caso de necesidad, provoca el corte de todos los circuitos y el accionamiento del freno mecánico en cualquier instante del ciclo.

. Botón PARADA: actúa solamente sobre el corte de todos los circuitos, la centrífuga continua girando por su propio impulso.

  Esto puede ser útil si durante la descarga, la velocidad de la canasta aumenta exageradamente a pesar del esfuerzo de la pala en el azúcar.

. Botón DESCARGA: da la impulsión que engancha al relé R2 correspondiente a la marcha PV sobre resistencia.

PUESTA EN MARCHA

Verificando el sentido de giro de la centrífuga, y de los ventiladores, debe verificarse antes de nada la posición de las fichas del disco, y luego es posible la puesta en marcha.

Antes de la puesta en marcha (especialmente si ésta tiene lugar después de una parada prolongada) proceder a un examen detallado, que recaiga especialmente sobre los siguientes puntos:

a. Limpieza: si determinadas partes del motor están cubiertas de polvo, hay que proceder a una limpieza completa.

   Para esta operación puede utilizarse aire comprimido. Se debe cuidar en particular de la limpieza de los canales de ventilación, de las entradas y salidas de aire.

lida de aire.

La mala ventilación se refleja en el calentamiento anormal, ya sea éste localizado o general.

- Limpieza de rodamientos: al menos una vez al año se debe proceder a la limpieza, secándolos inmediatamente con chorro de aire comprimido.

  Proteger a los rodamientos contra la oxidación mediante aceite fluído. Si el montaje no es de inmediato, proteger al rodamiento contra el polvo.

- Comprobación del aislamiento: Si ha ocurrido como ya se dijo una para prolongada, se debe verificar el aislamiento de los devanados.

SECADO

Si el motor presenta síntomas de humedad, se debe desmontar y proceder al secado en horno eléctrico.

DENOMINACION DE LOS CONTACTORES DE LAS CENTRIFUGAS A y B

CONTACTOR	CODIGO	FUNCION
	GV	Conecta al estator a la red.
	PV	Conecta al estator a través de la resistencia a la red.
	SH1	Cortocircuita las resistencias.
	C	Automático de puesta en marcha del motor.
	RC	Automático que alimenta de tensión al motor del disco.
	AR	Automático del disco en sentido del comienzo.
	AS	Automático del disco en sentido de regreso.
	R1	Se conecta al poner marcha el motor.
	F	Se conecta al término del ciclaje, entrando a funcionar el freno.

FALLA EN LAS CENTRIFUGAS A y B

POSIBLES CAUSAS

1. VENTILADOR NO ACCIONA:

   1.- Enclavamiento en armario reja B, abierto.
   2.- Fusibles fundidos en la reja B.
   3.- Si al poner tensión desconecta el armario, cortocircuito en el motor.

2. NO HAY DESCARGA:

   1.- Fusibles quemados en la reja B
   2.- Plantinos pegados en contactor PV
   3.- Botón de puesta en descarga sucio; contactos 25-35
   4.- Contacto 25-35 del contactor D no hace continuidad
   5.- Contacto 21-23 del contactor C no hacen continuidad
   6.- Contacto 1-53 del contacto de arado no hacen continuidad
   7.- No hay continuidad en contactos 123-125 del contactor D
   8.- No hay continuidad en contacto 44-42 del GV
   9.- No hay continuidad en contacto 42-40 del
   10.- No hay continuidad en contacto 40-24 del contactor RC

3. NO ENTRA MARCHA:

   1.- Posición del disco de ciclaje fuera del punto neutro, no hay continuidad en las líneas 21-39; no existe continuidad en el botón de parada, contactos 21-97; no hay continuidad en el bo-

tón de parada-frenada 91-1.

2.- No hay continuidad en los contactos 39-37 del disco.

3.- No hay continuidad en el botón de puesta en marcha; contacto 29-35.

4.- No hay continuidad en el enclavamiento 29-31 del contactor D.

5.- No hay continuidad en el contacto 31-33 del arado.

6.- No hay continuidad en el enclavamiento PV: líneas 48-46

7.- No cierra el enclavamiento 46-24 de RC

8.- Temporizador de PV defectuoso

9.- No cierra enclavamiento 55-57 de PV

10.- No cierra el enclavamiento 1-49 de C

11.- No hay continuidad en contacto 32-30 de AS

12.- No hay continuidad en enclavamiento del freno 30-10 de F.

En caso de que al poner en marcha no conecte el contacto SH1 y conecte directamente el GV se debe revisar el temporizador; limpiar los platinos.

ARMARIO No. 1

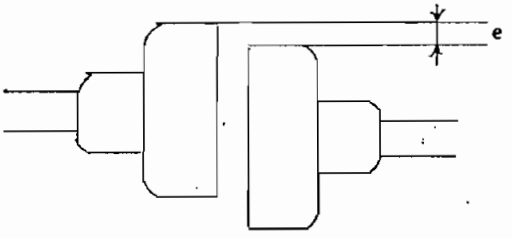
MOTOR	KW	CONTAC.TIPO	RELE TERM.	FUSIBLES ACOMPA. a M
102	44.1	3TF50	3UA60 002H	100
102 A-1	0.44	3TB40	3UA50 000C	4
102 B	7.35	3TB42	3UA52 002C	20
102 B1	0.735	3TB40	3UA50 001B	4
102 E	8.45	3TB44	3UA54 002D	25
103 A	6.4	3TB42	3UA52 001G	16
104 A	66.1	3TB52	3UA62 003H	160
103 B	6.4	3TB42	3UA52 001H	16
104 B	110.25	3TF54	3UA66 003B	250
104 C	27.19	3TF47	3UA58 002E	63
201 E	3.67	3TB41	3UA50 001F	12
201 F	3.08	3TB41	3UA50 001F	12
202 B	3.67	3TB41	3UA50 001F	12
202 F	3.08	3TB41	3UA50 001E	12
203	3	3TB41	3UA50 001K	12
204	3.24	3TB41	3UA50 001F	12
205	3.67	3TB41	3UA50 001G	12
206 B	7.35	3TB42	3UA52 001J	20
207	4.0	3TB41	3UA50 001J	12
207 A	9.18	3TB44	3UA54 001J	25
208	4.1	3TB41	3UA50 001G	12
Trapiche	4	3TB41	3UA50 001G	12

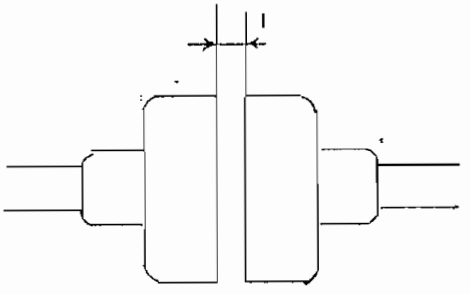
ARMARIO No. 7

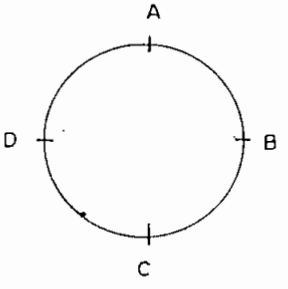
MOTOR	KW	CONTACTOR TIPO	RELE SOBRE CARGA	FUSIBLE AC. a M
209	3.16	3TB41	3UA59 001G	12
210	8.01	3TB44	3UA59 002A	20
211	14.9	3TF46	3UA59 002D	40
505	3	3TB41	3UA50 001F	12
506	3	3TB41	3UA50 001F	12
512	3.16	3TB41	3UA59 001F	12
513	3.16	3TB41	3UA50 001F	12
514	3	3TB41	3UA50 001F	12
515	3	3TB41	3UA50 001F	12
516	3.16	3TB41	3UA50 001F	12
517	3.16	3TB41	3UA50 001F	12
518	3.16	3TB41	3UA50 001F	12
907 A	9.99	3TB44	3UA54 002B	25
907 B	11.02	3TB44	3UA54 002B	25

ARMARIO No. 9

MOTOR	KW	CONTACTOR TIPO	RELE SOBRE CARGA	FUSIBLE AC. a M
406	14.7	3TF46	3UA59 002D	40
411	32.93	3TF48	3UA59 002T	80
413	9.99	3TB44	3UA52 001K	25
420 C	4.0	3TB41	3UA50 001G	12
420 B	4.1	3TB42	3UA52 001F	12
421	3.68	3TB41	3UA50 001H	12
421 A	2.2	3TB41	3UA59 001F	8
428	8.0	3TB43	3UA59 001K	20
429	4.1	3TB42	3UA52 001K	12
430	4.1	3TB42	3UA42 001F	12
431	4.4	3TB42	3UA52 001H	12
519	3.7	3TB42	3UA59 001E	12
531	3.68	3TB41	3UA50 001D	12
532	3.68	3TB41	3UA50 001F	12
535	2.94	3TB41	3UA59 001F	12
536	2.35	3TB41	3UA59 001F	8
538 A	4.78	3TB42	3UA52 001G	16
538 B	4.5	3TB42	3UA52 001G	12
601	41.16	3TF50	3UA60 2H	100
701	4.78	3TB42	3UA59 001G	16
534	5.90			20


e


l


A
D
B
C