

**Universidad Nacional de Ingeniería**  
Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica



**Diseño del Sistema Eléctrico del  
Complejo Calderero Estructural  
Sima Chimbote Metal - Mecánica**

**T E S I S**

**Para Optar el Título Profesional de**

**Ingeniero Electricista**

*Tito Nelson Gallardo Zamora*

**Promoción 1977 - I**

**L I M A - P E R U**

**1987**

TESIS DE GRADO

TEMA: "DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL COMPLEJO CALDERERO  
ESTRUCTURAL SIMA CHIMBOTE METAL MECÁNICA".

GRADUANDO: TITO NELSON GALLARDO ZAMORA

A MIS PADRES

## I N T R O D U C C I O N

El presente proyecto, tema de tesis para optar el grado de Ingeniero Electricista, ha sido desarrollado teniendo en cuenta las recomendaciones prácticas dadas para diseño de Sistemas Eléctricos de plantas industriales, de la bibliografía indicada, así como el Código Nacional de Electricidad y la experiencia del suscrito en el conocimiento del comportamiento de las industrias metal mecánicas, a fin de obtener un Sistema Eléctrico Técnicamente satisfactorio y económico.

El desarrollo del tema ha sido encarado siguiendo un lineamiento académico, con la finalidad de justificar, muchas veces en forma bien detallada, la selección de las alternativas en cada uno de los puntos, iniciándose el proyecto con un conocimiento pleno de la industria metal mecánica; seguidamente hacemos un estudio de cargas hasta determinar la máxima demanda del suministro, empleando para ello, los factores de demanda y simultaneidad adecuados. La distribución de Energía dentro del Complejo, se efectuará por medio del método que más se acondicione a las necesidades de la planta. Finalmente se efectuarán los calculos necesarios justificativos en la sección de cada uno de los componentes del sistema.

T A B L A    D E    C O N T E N I D O

		Pág.
INTRODUCCION		
	CAPITULO 1	
	GENERALIDADES	
1.1	OBJETIVO	1
1.2	ALCANCE	1
1.3	DESCRIPCION DEL PROYECTO	1
1.3.1	ANTECEDENTES	2
1.3.2	DESCRIPCION GENERAL	3
1.3.3	LINEA DE PRODUCCION	4
1.3.4	ETAPAS DE IMPLEMENTACION	5
1.3.5	EQUIPAMIENTO INTEGRAL	5
	CAPITULO 2	
	ESTUDIO DE CARGAS	
2.1	CARGA INSTALADA	8
2.1.1	CARGA INSTALADA DE FUERZA	9
2.1.1.1	CARGA INSTALADA DE FUERZA DE UBICACION FIJA	9
2.1.1.2	CARGAS MOVILES DE FUERZA	20
2.1.2	CARGAS DE ILUMINACION	24
2.1.2.1	ILUMINACION DE NAVES	24
2.1.2.2	ILUMINACION Y TOMACORRIENTES DE OFICINAS Y EDIFICIOS AUXILIARES	43
2.1.2.3	ILUMINACION EXTERIOR	54
2.2	MAXIMA DEMANDA	66
2.2.1	FACTORES DE DEMANDA Y SIMULTANEIDAD	67
2.2.2	METODO DE CALCULO DE LA MAXIMA DEMANDA	72
2.3	CARGAS ESPECIALES	79
2.3.1	POTENCIA NOMINAL REQUERIDA	79
2.3.2	CONDICIONES DE ARRANQUE	80
2.4	FACTOR DE POTENCIA	81

CAPITULO 3  
SUMINISTRO Y DISTRIBUCION  
DE ENERGIA ELECTRICA

3.1	SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA	85
3.1.1	SUMINISTRO	85
3.1.2	ACOMETIDA	
3.2	SISTEMA DE DISTRIBUCION EN MEDIA TENSION	
3.2.1	ALTERNATIVAS DE SELECCION	87
3.2.1.1	SISTEMA RADIAL TRADICIONAL	88
3.2.1.2	SISTEMA RADIAL DISTRIBUIDO	91
3.2.1.3	SISTEMA RADIAL DISTRIBUIDO CON SELECCION EN EL SECUNDARIO	93
3.2.2	SELECCION DE LA ALTERNATIVA	99
3.3	DETERMINACION DEL NUMERO OPTIMO DE SUB-ESTACIONES	99
3.3.1	CAPACIDAD OPTIMA DE KVA. POR SUB-ESTACION	99
3.3.2	NUMERO OPTIMO DE SUB-ESTACIONES	100
3.3.3	UBICACION DE LAS SUB-ESTACIONES	101
3.4	SISTEMA DE DISTRIBUCION EN BAJA TENSION	103
3.4.1	ALIMENTADORES EN BAJA TENSION	104
3.4.2	BARRAS COLECTORAS LINEALES	105
3.4.3	PERFIL DE TENSIONES DEL SISTEMA	106
3.4.3.1	CAIDA DE TENSION	106
3.4.3.2	VARIACION DE LA TENSION	107
3.4.3.3	REGULACION DE LA TENSION	107
3.4.3.4	PARAMETROS PRELIMINARES	111
3.4.4	DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTORES PARA CIRCUI TOS DE FUERZA - METODO GENERAL DE DIMENSIO- NAMIENTO.	114
3.4.5	DIMENSIONAMIENTO DE BARRAS COLECTORAS LINEA LES - METODO GENERAL DE DIMENSIONAMIENTO.	122
3.4.6	DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTORES EN CIRCUI - TOS DE ALUMBRADO.	123

3.4.6.1	ALIMENTADORES MULTIPLES PRINCIPALES.	123
3.4.6.2	SUB-ALIMENTADORES MULTIPLES.	124
3.4.7	EJEMPLOS DE CALCULO DE CONDUCTORES Y BARRAS COLECTORAS LINEALES.	127
3.5	POTENCIA DE LOS TRANSFORMADORES.	140
3.5.1	REQUERIMIENTOS EN CONDICIONES NORMALES.	140
3.5.2	REQUERIMIENTOS EN CONDICIONES DE EMERGENCIA.	140
3.5.3	SELECCION DE LOS TRANSFORMADORES.	144
3.5.4	DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTORES DE ENLACE EN 440 VOLTIOS.	146
3.6	DIMENSIONAMIENTO DE LA LINEA PRIMARIA EN 13.8 KV.	147
3.6.1	LINEA PRIMARIA DE SUMINISTRO.	147
3.6.1.1	POTENCIA ELECTRICA DE SUMINISTRO.	147
3.6.1.2	LINEA PRIMARIA AEREA DE SUMINISTRO (LP1-A)	147
3.6.1.3	LINEA PRIMARIA SUBTERRANEA DE SUMINISTRO (LP1-S)	150.
3.6.3	LINEA PRIMARIA DE DISTRIBUCION.	153
3.7	CALCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO.	157
3.7.1	CONCEPTOS EMPLEADOS	157
3.7.2	FALLAS A CONSIDERAR	160
3.7.3	METODO DE CALCULO DE LA CORRIENTE DE CORTO- CIRCUITO.	160
3.7.4	EJEMPLOS DE CALCULO DE FALLA TRIPOLAR	165
3.8	DISEÑO DE LAS SUB-ESTACIONES.	176
3.8.1	GENERALIDADES.	176
3.8.2	CONSTITUCION - ESQUEMA UNIFILAR.	176
3.8.3	DISEÑO DEL EQUIPO DE ALTA TENSION.	177
3.8.3.1	EQUIPO DE MANIOBRA.	177
	a) INTERRUPTOR DE POTENCIA	177
	b) RELE DIRECTO DE SOBRECORRIENTE.	178
	c) SECCIONADORES.	179

	d) CARTUCHOS FUSIBLES DE ALTA TENSION Y ALTA CAPACIDAD.	180
3.8.3.2	TRANSFORMADORES DE MEDIDA.	181
3.8.3.3	APARATOS DE MEDICION.	184
3.8.3.4	CABEZAS TERMINALES.	184
3.8.3.5	BARRAS Y AISLADORES - METODO GENERAL DE CALCULO.	185
3.8.3.6	ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS.	188
3.8.4	DISEÑO DEL EQUIPO DE BAJA TENSION.	189
	a) BARRAS COLECTORAS.	189
	b) TRANSFORMADORES DE MEDIDA.	189
	c) INTERRUPTORES.	201
	d) FUSIBLES SECCIONADORES DE POTENCIA.	202
	e) ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS.	202
	f) TABLEROS MODULARES.	204
3.8.5	VENTILACION NATURAL DE CABINAS DE TRANSFORMACION.	205
3.8.5.1	FUERZA ASCENSIONAL DEL AIRE.	206
3.8.5.2	CANTIDAD DE AIRE NECESARIO PARA LA EVACUACION DEL CALOR.	207
3.8.5.3	PERDIDAS EN EL TRAYECTO DEL AIRE.	208
3.8.6	DISPOSICION DE EQUIPO.	211
	a) DISTANCIAS ELECTRICAS.	211
	b) AREAS DE MANTENIMIENTO.	211
	c) UBICACION DEL EQUIPO.	212
3.8.7	INFRAESTRUCTURA CIVIL Y METAL MECANICA.	212
	a) PLANOS BASICOS DE OBRAS CIVILES.	212
	b) INFRAESTRUCTURA METAL MECANICA	212

#### CAPITULO 4

#### SISTEMA DE PROTECCION Y

#### PUESTA A TIERRA

4.1	PROTECCION DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS.	214
-----	---	-----



4.1.1	PROTECCION CONTRA SOBRECARGAS.	215
	a) EN ALIMENTADORES Y BARRAS.	215
	b) EN TRANSFORMADORES.	215
4.1.2	PROTECCION CONTRA CORTOCIRCUITOS.	216
	a) EN ALIMENTADORES Y BARRAS.	216
	b) EN TRANSFORMADORES.	216
4.1.3	CIRCUITO TIPICO DE PROTECCION.	216
4.2	PUESTA A TIERRA.	233
4.2.1	PUESTA A TIERRA DEL LADO DE ALTA TENSION	233
4.2.2	PUESTA A TIERRA DEL LADO DE BAJA TENSION	235
4.2.2.1	PUESTA A TIERRA DE SERVICIO.	235
4.2.2.2	TOMAS DE TIERRA.	235
4.2.2.3	PUESTA A TIERRA DE PROTECCION.	235
4.2.2.4	LINEAS COLECTORAS DE PUESTA A TIERRA DE PROTECCION.	236

CAPITULO 5  
ESPECIFICACIONES TECNICAS  
DE LOS MATERIALES Y EQUIPOS

5.1	DE LOS MATERIALES DE LA ACOMETIDA Y DISTRI- BUCCION EN ALTA TENSION.	242
5.1.1	CABLES.	242
5.1.2	CABEZAS TERMINALES.	242
5.1.3	ELECTRODUCTOS.	243
5.2	DE LOS EQUIPOS Y MATERIALES DE LAS SUB-ESTA CIONES.	243
5.2.1	EN ALTA TENSION.	243
5.2.1.1	CABEZAS TERMINALES.	243
5.2.1.2	SECCIONADORES.	244
5.2.1.3	INTERRUPTOR DE POTENCIA.	244
5.2.1.4	CELDA DE CONTROL Y MEDIDA.	245
5.2.1.5	FUSIBLES DE ALTA TENSION.	246

5.2.1.6	BARRAS COLECTORAS.	247
5.2.1.7	TRANSFORMADORES DE POTENCIA.	248
5.2.1.8	AISLADORES PORTABARRAS.	249
5.2.2	EN BAJA TENSION.	250
5.2.2.1	CELDA DE CONTROL, MEDIDA Y DISTRIBUCION (TABLEROS GENERALES).	250
5.2.3	DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.	253
5.2.3.1	EN ALTA TENSION.	253
5.2.3.2	EN BAJA TENSION.	254
5.2.4	DE LA INFRAESTRUCTURA CIVIL Y METAL MECA- NICA.	255
5.3	DE LOS MATERIALES Y EQUIPOS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION EN BAJA TENSION.	256
5.3.1	CONDUCTORES ALIMENTADORES.	256
5.3.2	BARRAS COLECTORAS LINEALES.	256
5.3.3	TABLEROS DE DISTRIBUCION.	257
5.3.4	SISTEMA DE ELECTRODUCTOS.	257
5.3.5	SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.	258
5.4	DE LOS MATERIALES Y EQUIPOS DE ILUMINACION Y EXTERIORES.	259
5.4.1	CONDUCTORES.	259
5.4.2	EQUIPO DE CONTROL Y PROTECCION.	260
5.4.3	ARTEFACTOS DE ILUMINACION.	260
5.4.4	SOPORTES Y ELEMENTOS DE FIJACION.	262
5.4.4.1	EN NAVES-AREA TECHADA.	262
5.4.4.2	EN NAVES-AREA SIN TECHO.	262
5.4.4.3	EN ILUMINACION EXTERIOR.	262
5.5	DE LOS MATERIALES Y EQUIPOS DE LAS INSTALA- CIONES ELECTRICAS DE LOS EDIFICIOS AUXILIA- RES.	263
5.5.1	CONDUCTORES.	263
5.5.2	ELECTRODUCTOS.	264

5.5.3	TABLEROS DE DISTRIBUCION.	264
5.5.4	CAJAS METALICAS.	264
5.5.5	INTERRUPTORES.	264
5.5.6	TOMACORRIENTES.	265
5.5.7	ARTEFACTOS DE ILUMINACION.	265

## CAPITULO 6

### METRADO Y PRESUPUESTO

6.1	METRADO Y PRESUPUESTO BASE.	267
-----	-----------------------------	-----

OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES.

BIBLIOGRAFIA.

#### ANEXO 1

EQUIPAMIENTO DEL COMPLEJO CALDERERO ESTRUCTURAL  
SIMA CHIMBOTE METAL MECANICA.

#### ANEXO 2 :

TABLAS DE CALCULO DE MAXIMA DEMANDA DE ALIMENTA  
DORES EN BAJA TENSION Y SUB-ESTACIONES.

TABLAS DE CALCULO DE CONDUCTORES Y BARRAS COLEC  
TORAS LINEALES EN BAJA TENSION.

TABLAS DEL CODIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD.

PLANOS.

C A P I T U L O - 1

G E N E R A L I D A D E S

1.1 OBJETIVO

Es objetivo del presente proyecto, el de diseñar y calcular el Sistema Eléctrico del Complejo Calderero Estructural SIMA CHIMBOTE METAL MECANICA, empleando para ello, el método de energía que más se acondicione (técnica y economicamente) a la industria en estudio.

1.2 ALCANCE

El proyecto considera el diseño y cálculo del suministro y distribución en 13.8 Kv., transformación y alimentación a las cargas de fuerza y alumbrado en 460 y 230 voltios, así como los dispositivos eléctricos complementarios que garanticen un servicio de acuerdo a las exigencias del Complejo; teniendo en cuenta para ello, la seguridad, simplicidad de operación y otras recomendaciones básicas.

1.3 DESCRIPCION DEL PROYECTO

El Complejo Calderero Estructural SIMA CHIMBOTE METAL MECANICA (SIMACH M.M.) es un Sub Centro del Centro de Operaciones Nº 3 de los Servicios Industriales de la Marina del Perú (SIMA PERU S.A.) y se encuentra ubicado en la intersección de las Avenidas José Pardo y Santiago Antúnez de Mayolo de la Ciudad de Chimbote.

1.3.1 ANTECEDENTES

De conformidad a los lineamientos establecidos en el Plan Nacional

de Desarrollo, el Ministerio de Industria, Turismo e Integración encargó a SIMA PERU el desarrollo y la implementación del Complejo Caldere-ro Estructural en mención; mediante un convenio entre ambas partes con intervención de COFIDE, firmado el 13 de enero de 1975.

La factibilidad del Proyecto se comprobó mediante un estudio Técnico-Económico en el mismo año de 1975 con resultados satisfactorios, me reciendo la opinión favorable y priorizada por parte del Instituto Nacional de Planificación y COFIDE.

SIMA PERU, inició la ejecución del Proyecto inaugurando su Centro de Operaciones Nº 3 SIMA CHIMBOTE, el 1º de marzo de 1975 con la fabricación de 2,000 toneladas de Estructuras de acero para Siderperú en un terreno de 72,000 M2, que otorgó la disuelta empresa SOGESA como aporte de capital al Estado, el mismo que se tuvo que acondicionar como se indica a continuación, a fin de poder cumplir con la fabricación propuesta.

1. Instalación de una Sub Estación provisional de 800 KVA., alimentada por una línea aérea de 13.8 Kv. desde el patio de llaves de Electroperú, ubicada dentro de las instalaciones de Siderperú sobre postes metálicos, construída exclusivamente para SIMA CHIMBOTE cuyas características se indican en el acápite 3.1 del capítulo 3.
2. Instalaciones en baja tensión (460 voltios), a fin de alimentar los tableros de las máquinas de soldar y otras cargas necesarias en esta etapa.
3. Fabricación de una losa de concreto simple de 20x200 metros, entre los ejes 60-260 y las filas B-D.

4. Acondicionamiento de ambientes para oficinas y talleres de apoyo. La totalidad de estos trabajos fueron con carácter provisional mientras se desarrollaban los detalles del proyecto definitivo del Complejo.

### 1.3.2 DESCRIPCION GENERAL

El proyecto integral del Complejo Calderero Estructural SIMA CHIM-BOTE METAL MECANICA está diseñado para ejecutarse en tres etapas para un procesamiento total de acero de 40,000 toneladas por año; para lo cual se ha considerado la construcción y equipamiento de siete (7) naves industriales paralelas entre sí, dos edificios auxiliares de tres plantas destinados a las áreas de apoyo a producción, ubicados paralelamente a las naves anteriormente indicadas, una nave transversal destinada al almacenamiento de planchas, perfiles, tubos, etc., y un edificio de dos plantas para las oficinas administrativas, tal como se puede apreciar en el plano de distribución general Nº SCH-MM-01/1.

La totalidad de las naves serán construídas en base a estructuras metálicas, fabricadas a partir de planchas de acero de Siderperú; siendo los elementos estructurales más importantes, las columnas tipo H de una altura de 20 metros, las vigas carrileras tipo I en doble fila de 15 metros de longitud, las mismas que sirven como elementos principales de amarre entre columnas y sobre las cuales correrán las grúas puente; además se tienen vigas de enlace entre las filas de columnas y otros elementos estructurales misceláneos. Todas las naves serán techadas desde el eje 45 al 220.

Los edificios auxiliares tendrán como elementos estructurales de

soporte, a vigas y columnas metálicas sobre los cuales se montará la mampostería y pisos de material prefabricado.

Asimismo, se dispondrá de una pista periférica de circulación vehicular, zonas de parqueo, carga y descarga de material abarcando en su totalidad el terreno asignado e indicado en el acápite 1.3.1.

### 1.3.3 LINEA DE PRODUCCION

La línea de producción abarca los siguientes ramos

#### ESTRUCTURAS DE ACERO :

Elementos estructurales para construcciones de naves industriales, torres para líneas de transmisión y antenas, postes metálicos, perfiles soldados de diferentes formas.

#### PUENTES

Puentes modulares, reticulados, alma llena, etc.

#### GRUAS

Grúas puente monorriel, birriel, polares, de bandera.

#### CALDERERIA :

Recipientes de presión, convertidores, hornos industriales, calderos, tuberías de presión para centrales hidroeléctricas y sistemas de riego, compuertas, etc.

#### OTROS :

Equipamiento para la industria siderúrgica.

### 1.3.4 ETAPAS DE IMPLEMENTACION :

El proyecto en su totalidad se ha dividido en tres etapas

#### PRIMERA ETAPA :

Construcción y equipamiento de las naves 1 y 2 destinadas al taller mecánico (maestranza) y Calderería Pesada respectivamente, construcción

del edificio auxiliar Nº 1.

SEGUNDA ETAPA :

Construcción y equipamiento de la nave 3 para Calderería Liviana, naves 4 y 5 de estructuras metálicas y nave de almacén de planchas.

TERCERA ETAPA :

Construcción y equipamiento de las naves 6 y 7 destinadas a estructuras metálicas y a la fabricación de perfiles soldados respectivamente, edificio auxiliar Nº 2 y edificio de oficinas administrativas.

#### 1.3.5 EQUIPAMIENTO INTEGRAL

El Complejo será equipado con maquinaria específica para cada una de las líneas de producción, para lo cual se han establecido los siguientes lineamientos

1. Equipos de transporte.
2. Equipo de pesado de camiones.
3. Abastecimiento de energía.
4. Almacenes.
5. Equipo de arenado y pintado.
6. Equipo y maquinaria para trabajos preparativos.
7. Equipo y maquinaria para la fabricación de vigas.
8. Fabricación de estructuras metálicas.
9. Construcción de depósitos.
10. Taller Mecánico.
11. Mantenimiento.
12. Comprobación de materiales.

La maquinaria y el equipo, así como las características técnicas y de funcionamiento se indican en forma detallada en el anexo 1, al final del proyecto.



## C A P I T U L O        2

### ESTUDIO DE CARGAS

El estudio de cargas es uno de los puntos más importantes del diseño del Sistema Eléctrico de una planta industrial y por lo general en cualquier otro tipo de carga.

Sin embargo, es el que mayor dificultad ofrece, por la poca información que generalmente se dispone debido a que se está en una etapa inicial del proyecto y por lo tanto, a un continuo proceso de implementación y variación de carga, esto porque, generalmente, el equipamiento se hace por etapas y durante este tiempo las máquinas pueden ser cambiadas tanto en tamaño como en número. Los cambios en el equipamiento inicial planificado pueden ser por múltiples motivos, entre los que podemos señalar a las condiciones de suministro comercial del equipo, por recomendaciones del fabricante, por aparición de nuevos modelos, mejores condiciones de seguridad e inclusive por condiciones competitivas.

Muchas plantas son instaladas para la fabricación de nuevos productos, lo cual incrementa la dificultad inicial de determinar los requerimientos de potencia eléctrica. Asimismo, la distribución general de la planta, muchas veces está sujeta a modificaciones considerables con respecto al esquema original, lo que generalmente implica un reacondicionamiento de los equipos de aire comprimido, refrigeración, ventilación, aire acondicionado, etc., los mismos que pasarán a ocupar otras posiciones, au

mentando o disminuyendo la demanda de los centros de carga, inclusive puede darse el caso de la eliminación de muchos de ellos.

Nuevos modelos, nuevos productos y métodos de fabricación, implicarán un cambio continuo en los sistemas de distribución de energía eléctrica, pero éstos cambios pueden ser minimizados con un adecuado planeamiento inicial, tomando en cuenta principalmente, los factores de ampliación, modernización y mejores condiciones de trabajo.

Además, en la etapa inicial del proyecto, la ubicación de las partes del equipamiento, muchas veces son indicadas en forma aproximada, lo mismo que la potencia asignada a cada una de las máquinas. Teniendo en cuenta todo lo indicado anteriormente, el estudio de cargas del sistema eléctrico del Complejo Calderero Estructural SIMA Chimbote Metal Mecánica, se hará de acuerdo al equipamiento del proyecto integral que se indica en el anexo 1, el que ha sido implementado según necesidades de trabajo y los valores de carga asignados para el caso de las diferentes máquinas y equipos, está basada en catálogos de acuerdo a los requerimientos planteados por los procesos de fabricación, así como a las densidades de carga indicadas en el Código Eléctrico del Perú, en el caso de los edificios auxiliares e iluminación general.

## 2.1 CARGA INSTALADA

Con la finalidad de tener una idea de la magnitud de la carga eléctrica a servir, primeramente determinaremos la carga instalada del Complejo por áreas debidamente diferenciadas, agrupándose para ello, en dos tipos básicos.

### 2.1.1 CARGA INSTALADA DE FUERZA

Se agrupan en este rubro las cargas de las máquinas en general utilizadas tanto en producción, así como en las áreas de apoyo (mantenimiento, control de calidad, almacenes, despachos, servicios auxiliares, etc.).

En el Complejo se tienen dos clases de cargas de fuerza : de ubicación fija y móviles, las mismas que indicamos a continuación agrupadas por naves y edificios, manteniendo la diferenciación hecha en el equipamiento integral de la planta, así como las etapas de implementación programadas. Además, ésta tabulación de cargas se efectúa con la finalidad de tener una base para efectos de cálculos de máxima demanda del acápite 2.2 y el diseño de los esquemas típicos de distribución del Capítulo 3.

#### 2.1.1.1 CARGA INSTALADA DE FUERZA DE UBICACION FIJA

Las cargas de fuerza de ubicación fija, son aquellas correspondientes a las máquinas que de acuerdo a los procesos de fabricación y al uso de las mismas, tienen una ubicación plenamente determinada según el proyecto integral del Complejo. Asimismo, tal como se apreciará en los cuadros de carga, también se consideran las cargas eléctricas correspondientes a las áreas de apoyo directo a producción, tal es el caso de los talleres de Mantenimiento, Control de Calidad, Almacenes, Despacho y Servicios Auxiliares. El total de carga instalada se indica a continuación en las tablas N<sup>o</sup> 2.1 a la 2.12.

TABLA Nº 2.1

CARGA INSTALADA DE UBICACION FIJA NAVE-1 TALLER MECANICO

DESCRIPCION GENERICA	UBICACION	NUMERACION CODIFICADA	CARGA INSTALADA. (KW.)
<u>EQUIPO DE TRANSPORTE :</u> Grúa puente birriel de 15 Tns.x20 mts. de luz.	T-V/30-225	1.6.2/1	55
Grúa puente birriel de 15 Tns.x20 mts. de luz.	T-V/30-225	1.6.2/2	55
<u>EQUIPO DE ALTA FRECUENCIA:</u> Motor-Generador de alta frecuencia 440 V./60 Hz. a 200 V./300 Hz.	T/135	8.5.3/1	30
<u>MAQUINARIA DEL TALLER MECANICO :</u> Torno mediano horizontal-1	T-U/90	10.1/1	20
Torno mediano horizontal-2	T-U/100	10.1/2	20
Torno mediano horizontal-3	T-U/105	10.1/3	20
Torno de gran bancada	T-U/120-130	10.2	30
Fresadora Universal-1	U-V/80	10.3/1	25
Fresadora Universal-2	U-V/90	10.3/2	25
Fresadora de ruedas dentadas.	U-V/95	10.4.1	2
Mortajadora de Chaveteros	U-V/100	10.4.2	2
Cepillo de mesa de gran bancada.	T-U/160-180	10.5.1	124
Cepillo de codo-1	T-U/85	10.5.2/1	13
Cepillo de codo-2	T-U/90	10.5.2/2	13
Torno de plato horizontal.	T-U/152-162	10.6	200
Mandriladora	T-U/170-180	10.7	20
Sierra de arco para ejes.	U-V/65-75	10.8	2
Punzonadora de presión	U-V/100	10.9	2
Taladro radial-1	U-V/125	10.10/1	20
Taladro radial-2	U-V/133	10.10/2	20
SUB TOTAL NAVE - 1			698

TABLA Nº 2.2

CARGA INSTALADA DE UBICACION FIJA NAVE-2 : CALDERERIA PESADA

DESCRIPCION GENERICA	UBICACION	NUMERACION COFIFICADA	CARGA INSTALADA. (KW.)
<u>EQUIPO DE TRANSPORTE</u>			
Grúa puente birriel de 30 Tns./30mts. de luz.	Q-T/30-240	1.6.3/1	60
Grúa puente birriel de 30 Ton./30 mts.de luz.	Q-T/30-240	1.6.3/2	60
Grúa puente birriel de 30 Ton./30 mts.de luz.	Q-T/30-240	1.6.3/3	60
<u>SUMINISTRO DE AIRE</u>			
Compresora estacionaria de tornillo.	Q/135	3.4/1	30
<u>MAQUINARIA PARA HABILITADO</u>			
Máquina de oxicorte de control numérico.	S-T/45-75	6.2	10
Cizalla de planchas de accionamiento hidrco.	Q-R/45-75	6.3	30
<u>ALIMENTACION DE ALTA FRECUENCIA</u>			
Motor-Generador de alta frecuencia, 440 V./60 Hz.-200 v./300 Hz.	Q/135	8.5.3/2	30
<u>MAQUINARIA DE CALDERERIA PESADA</u>			
Roladora hidráulica de planchas.	S-T/110-120	9.1	220
Prensa de rebordear	R-T/200-210	9.2	320
Máquina de rebordear de alta eficiencia en frío y caliente.	S-T/195	9.2.2	160
Horno de inducción	S-T/187	9.2.3	350
Soporte para máquina automática de soldar.	S-T/157	9.3	10
Equipo giratorio de ca ballete.	S-T/145	9.4	10
Máquina de soldar bajo polvo	S-T/140.	9.7/1	55
Máquina de soldar bajo polvo.	S/157	9.7/2	55

Máquina de soldar bajo polvo.	Q/95	9.7/3	55
Dobladora hidráulica de planchas.	S-T/90	6.6	18
Estufa para mantenimiento de soldadura.	T/165	9.11/1	3
SUB TOTAL NAVE-2			1536

TABLA Nº 2.3

POTENCIA INSTALADA DE UBICACION FIJA NAVE-3 : CALDERERIA LIVIANA

DESCRIPCION GENERICA	UBICACION	NUMERACION CODIFICADA	CARGA INSTALADA. (KW.)
<u>EQUIPO DE TRANSPORTE</u>			
Grúa puente birriel de 30 tons./30mts.de luz.	N-Q/30-270	1.6.3/4	60
Grúa puente birriel de 30 tons./30mts. de luz.	N-Q/30-270	1.6.3/5	60
Grúa puente birriel de 30 tons./30mts.de luz.	N-Q/30-270	1.6.3/6	60
<u>SUMINISTRO DE AIRE</u>			
Compresora estacionaria a tornillo.	N/135	3.4/2	30
<u>MAQUINARIA DE HABILITADO</u>			
Sierra de tubos	N-O/60	6.4	20
Dobladora de tubos.	P-Q/60	6.5	20
<u>ALIMENTACION DE ALTA FRECUENCIA</u>			
Generador de alta frecuencia.	N/165	8.5.3/3	30
Generador de alta frecuencia.	N/165	8.5.3/4	30
Estufa p' mant. sold.	Q/195	9.11/2,3	6
SUB TOTAL NAVE-3			316

TABLA Nº 2.4

CARGA INSTALADA DE UBICACIÓN FIJA NAVE-4 ESTRUCTURAS METALICAS

DESCRIPCION GENERICA	UBICACION	NUMERACION CODIFICADA	CARGA INSTALADA. (KW.)
<u>EQUIPO DE TRANSPORTE</u>			
Grúa puente birriel de 30Ton./30 mts.de luz.	K-N/30-300	1.6.3/7	60
Grúa puente birriel de 30Ton./30 mts. de luz.	K-N/30-300	1.6.3/8	60
Grúa puente birriel de 30Ton./30 mts.de luz.	K-N/30-300	1.6.3/9	60
Grúa puente birriel de 30Ton./30 mts.de luz.	K-N/30-300	1.6.3/10	60
<u>SUMINISTRO DE AIRE</u>			
Compresora estacionaria de tornillo.	K/150	3.4/3	30
<u>MAQUINARIA DE HABILITADO</u>			
Punzonadora y entalladora.	K-L/200-215	8.4/1	50
<u>ALIMENTACION DE ALTA FRECUENCIA</u>			
Generador de alta frecuencia.	K/165	8.5.3/5	30
Generador de alta frecuencia.	K/165	8.5.3/6	30
Estufa para mantenimiento de soldadura.	N/105	9.11/4	3
SUB TOTAL NAVE-4			383

TABLA Nº 2.5

CARGA INSTALADA DE UBICACION FIJA NAVE-5 ESTRUCTURAS METALICAS

DESCRIPCION GENERICA	UBICACION	NUMERACION CODIFICADA	CARGA INSTALADA. (KW.)
<u>EQUIPO DE TRANSPORTE</u>			
Grúa puente birriel de 30 Tns./30 mts.de luz.	H-K/30-300	1.6.3/11	60
Grúa puente birriel de 30 Tns./30 mts. de luz.	H-K/30-300	1.6.3/12	60
Grúa puente birriel de 30 Tns./30 mts.de luz.	H-K/30-300	1.6.3/13	60
Grúa puente birriel de 30 Tns./30 mts.de luz.	H-K/30-300	1.6.3/14	60
<u>SUMINISTRO DE AIRE</u>			
Compresora estacionaria de tornillo.	H/180	3.4/4	30
<u>MAQUINARIA PARA FABRICACION DE ESTRUCTURAS METALICAS</u>			
Cizalla de golpe.	H-I/30-70	8.2	50
Prensa hidráulica para enderezar.	H-I/100-135	8.3	20
Punzonadora y entalladora - 2	J-K/100-135	8.4/2	50
<u>ALIMENTACION DE ALTA FRECUENCIA</u>			
Motor-Generador de alta frecuencia.	H/165	8.5.3/7	30
Motor-Generador de alta frecuencia.	H/165	8.5.3/8	30
Estufa para mantenimiento de electrodos.	K/195	9.11/5	3
SUB TOTAL NAVE-5			453



TABLA Nº 2.6

CARGA INSTALADA DE UBICACION FIJA NAVE-6  
ESTRUCTURAS METALICAS

DESCRIPCION GENERICA	UBICACION	NUMERACION CODIFICADA	CARGA INSTALADA. (KW.)
<u>EQUIPO DE TRANSPORTE</u>			
Grúa puente birriel de 30 Ton.y 30 m.de luz.	E-H/30-300	1.6.3/15	60
Grúa puente birriel de 30 Ton.y 30 m.de luz.	E-H/30-300	1.6.3/16	60
Grúa puente birriel de 30 Ton.y 30 m. de luz.	E-H/30-300	1.6.3/17	60
Grúa puente birriel de 30 Ton.y 30m. de luz.	E-H/30-300	1.6.3/18	60
<u>SUMINISTRO DE AIRE COM PRIMIDO</u>			
Compresora estaciona - ria de tornillo.	E/135	3.4/5	30
<u>EQUIPO DE CONSERVACION</u>			
Horno de presecado	E-F/80-90	5.1	380
Equipo de arenar.	E-F/70-80	5.2	
Equipo de pintar.	E-F/60	5.3	
Tren de rodillos.	E-F/35-105	5.4	
<u>FABRICACION DE ESTRUC- TURAS METALICAS</u>			
Tren de sierra para per files.	F-G/50-90	8.1	50
Estufa para mant. de soldadura.	E/195	9.11/6	3
<u>ALIMENTACION DE ALTA FRECUENCIA</u>			
Motor generador de alta frecuencia.	E/165	8.5.3/9	30
Motor generador de alta frecuencia.	E/165	8.5.3/10	30
SUB TOTAL NAVE-6			763

TABLA Nº 2.7

CARGA INSTALADA DE UBICACION FIJA NAVE-7  
SOLDADURA CONTINUA PARA FABRICACION DE VIGAS

DESCRIPCION GENERICA	UBICACION	NUMERACION CODIFICADA	CARGA INSTALADA. (KW.)
<u>EQUIPO DE TRANSPORTE</u>			
Grúa puente birriel de 15 Ton.y 20m.de luz.	C-E/30-300	1.6.2/3	55
Grúa puente birriel de 15 Ton.y 20m. de luz.	C-E/30-300	1.6.2/4	55
Grúa puente birriel de 15 Ton.y 20m. de luz.	C-E/30-300	1.6.2/5	55
<u>MAQUINARIA DE HABILIT.</u>			
Mesa para máquinas de oxicorte - 1.	C-D/55-80	6.1/1	10
Mesa para máquinas de oxicorte - 2.	D-E/85-100	6.1/2	10
<u>MAQUINARIA PARA FABRICACION DE PERFILES METALICOS.</u>			
Mesa de soldar y enderezar - 1.	C-D/65-80	7.1.1	30
Portal para pre-doblar	C-D/100	7.1.2	50
Equipo de ajuste.	C-D/105	7.1.3	10
Autómata de soldar bajo polvo - 1.	C-D/120	7.1.4	110
Mesa de soldar y enderezar - 2.	D-E/100-120	7.2.1	30
Portal de pre-doblar	D-E/120	7.2.2	50
Equipo de ajuste.	D-E/145	7.2.3	10
Autómata de soldar bajo polvo - 2.	D-E/165	7.2.4	110
Volteador.	D/125-140	7.2.5	10
Estufa para mantenimiento de soldadura.	E/105	9.11/7	3
<u>ALIMENTACION EN ALTA FRECUENCIA</u>			
Motor-Generador de alta frecuencia.	C/135	8.5.3/11	30
SUB TOTAL NAVE - 7			628

TABLA Nº 2.8 TALLER DE MANTENIMIENTO

DESCRIPCION GENERICA	UBICACION	NUMERACION CODIFICADA	CARGA INS TALADA. (KW.)
Esmeril de banco	V-W/200-210	11.1/1	3
Esmeril de banco	V-W/170-180	11.1/2	3
Estufa para secado de motores y bobinados.	V-W/170-180	11.2/1	10
Estufa para secado de motores y bobinados.	V-W/170-180	11.2/2	10
Taladro radial	V-W/200-210	11.3	7.5
Máquina de soldar de C.C. arco manual.	V-W/200-210	11.4/1	7
Máquina de soldar de C.C. arco manual.	V-W/170-180	11.4/2	7
Tableros para pruebas eléctricas.	V-W/160-175	11.5/1	10
Tablero para pruebas eléctricas.	V-W/160-175	11.5/2	10
Tablero para pruebas eléctricas.	V-W, 160-175	11.5 3	30
Tablero para pruebas mecánicas.	V-W 200-205	11.6/1	20
Tablero para pruebas mecánicas.	V-W/200-205	11.6/2	40
Cargador de baterías	V-W/170-180	11.7	5
SUB TOTAL TALLER MANT.			162.50

TABLA Nº 2.9 CONTROL DE CALIDAD

DESCRIPCION GENERICA	UBICACION	NUMERACION CODIFICADA	CARGA INS TALADA. (KW.)
Equipo de Rayos "X"	Q/165	12.1/1	10
Equipo de Rayos "X"	E/180	12.1/2	10
Equipo de Ultrasonido	Almacén de planchas.	12.2	5
Equipo de partículas magnéticas.	Nave-7	12.3	10
Laboratorio de control y revelados.	ver tabla Nº 2-12	-----	--
SUB TOTAL CONTROL DE CALIDAD.			35

TABLA Nº 2.10 : ALMACENES Y DESPACHO

DESCRIPCION GENERICA	UBICACION	NUMERACION CODIFICADA	CARGA INS TALADA. (KW.)
Balanza para camiones	F-I/315	2.1	10
Balanza para despacho en almacenes.	V-W/135	2.2	3
SUB TOTAL EN ALMACENES Y DESPACHO.			13

TABLA Nº 2.11

EDIFICIO AUXILIAR Nº 1 - SERVICIOS

DESCRIPCION GENERICA	UBICACION	NUMERACION CODIFICADA	CARGA INSTALADA. (KW.)
Servicios de agua potable (servicios higiénicos y otros).	V/205	3.5.1/1	5
Servicio de agua industrial (para producción en talleres y naves).	Q/135	3.5.2	10
Thermas o calentadores de agua para servicios higiénicos.	V-W/195-210	3.5.4/1,2	10
SUB TOTAL .....			25

TABLA Nº 2.12

EDIFICIO AUXILIAR Nº 2 : SERVICIOS

DESCRIPCION GENERICA	UBICACION	NUMERACION CODIFICADA	CARGA INSTALADA. (KW.)
Servicio de agua potable (servicios higiénicos y otros).	B-C/150-210	3.5.1/2	5
Cocinas eléctricas para comedor.	B-C/150-210	3.5.3/1,2,3	36
Thermas o calentadores de agua para servicios higiénicos.	B-C/150-210	3.5.4/3.4.5	15
Laboratorio de control de calidad.	B-C/60-75	12.4	5
SUB TOTAL .....			61

2.1.1.2 CARGAS MOVILES DE FUERZA

En el Complejo se disponen de dos tipos de cargas móviles, a saber máquinas de soldar de diferentes tipos y máquinas herramientas manuales de alta frecuencia.

La segunda de las cargas indicadas determinan la capacidad de los convertidores de frecuencia que son cargas de fuerza de ubicación fija, analizados en el acápite anterior (2.1.1.1); por lo que en el presente unicamente dirigiremos nuestro análisis a las máquinas de soldar.

Según el equipamiento integral del Complejo Calderero Estructural, la distribución de las máquinas de soldar de ubicación móvil es como se indica a continuación

AREA DE CALDERERIA - NAVES 2 Y 3

- Máquinas de soldar de corriente constante de 500 Amp. arco manual.....20 Unds.
- Máquinas de soldar de corriente constante de 300 Amp., arco manual.....10 Unds.
- Máquinas de soldar de arco sumergido..... 3 Unds.
- Máquinas de soldar MIG..... 7 Unds.

AREA DE ESTRUCTURAS METALICAS - NAVES 4, 5, 6

- Máquinas de soldar de corriente constante de 500 Amp., arco manual.....40 Unds.
- Máquinas de soldar de corriente constante de 300 Amp., arco manual.....30 Unds.
- Máquinas de soldar de arco sumergido..... 4 Unds.

ANALISIS GENERICO DEL USO Y DISTRIBUCION DE LAS CARGAS MOVILES :

De acuerdo a lo indicado anteriormente, las cargas móviles se han agrupado en

- 1- Máquinas herramientas manuales de alta frecuencia.
- 2- Máquinas de soldar para calderería.
- 3- Máquinas de soldar para Estructuras Industriales.

En base a lo cual y por necesidades de producción, el uso será

AREA	GRUPO DE CARGAS MOVILES A EMPLEARSE
NAVE - 1	1
NAVE - 2	1 y 2
NAVE - 3	1 y 2
NAVE - 4	1 y 3
NAVE - 5	1 y 3
NAVE - 6	1 y 3
NAVE - 7	1

La totalidad de estas cargas móviles están distribuídas de acuerdo a necesidades del momento en las zonas de trabajo para las cuales han sido asignadas, por lo que para efectos del estudio de cargas, ésta distribución la consideraremos uniforme y proporcional al área a servir, determinándose un valor de área servida por máquina ( $m^2/máquina$ ), con la que se determinará la cantidad de cargas móviles (máquinas de soldar) asignadas a cada área. Para estos cálculos se descontarán los espacios ocupados por las máquinas de ubicación determinada (cargas fijas). Los resultados se indican en las tablas 2.13 y 2.14.

TABLA Nº 2.13

CARGA MOVIL INSTALADA EN CALDERERIA

DESCRIPCION GENERICA	CARGA UNITARIA (KW.)	NAVE - 2		NAVE - 3	
		CANTIDAD ASIGNADA	CARGA PARC. (KW.)	CANTIDAD ASIGNADA	CARGA PARC. (KW.)
Máquinas de soldar, 500 Amp. arco manual.....(9.5)	35	7	245	13	455
Máquinas de soldar, 300 Amp. arco manual..... (9.6)	18	4	72	6	108
Máquinas de soldar de arco sumergido..... (9.7)	55	1	55	2	110
Máquinas de soldar MIG..... (9.8)	25	3	75	4	100
TOTAL DE CARGA MOVIL INST. POR NAVES		447		773	

Nota

Para los cálculos de la tabla Nº 2.13, se ha considerado la siguiente distribución de áreas

NAVE - 2      3000 M2.

NAVE - 3      5900 M2.

TOTAL.....: 8900 M2.



TABLA Nº 2.14 : CARGA MOVIL INSTALADA EN LOS TALLERES DE ESTRUCTURAS INDUSTRIALES

DESCRIPCION GENERICA	CARGA UNITARIA	NAVE - 4		NAVE - 5		NAVE - 6	
		CANT. ASIG- NADA.	CARGA PARC. (KW.)	CANT. ASIG- NADA	CARGA PARC. (KW.)	CANT. ASIG- NADA	CARGA PARC. (KW.)
Máquina de soldar de corriente constante de 500 Amperios.....(8.6.2)	35	16	560	13	455	11	385
Máquina de soldar de corriente constante de 300 Amperios.....(8.6.3)	18	12	216	9	162	9	162
Equipo de soldar de arco sumergido.....(8.6.1)	55	2	110	1	55	1	55
<b>CARGA MOVIL INSTALADA POR NAVES</b>			<b>886</b>		<b>672</b>		<b>602</b>

NOTA :

Para los cálculos de la tabla 2.14, se ha considerado la siguiente distribución de áreas :

NAVE 4	: 7900 M2.
NAVE 5	: 6300 M2.
NAVE 6	: <u>5400 M2.</u>
TOTAL	: 19600 M2.

## 2.1.2 CARGAS DE ILUMINACION

La iluminación del Complejo, se hará diferenciando cada uno de los ambientes, a fin de asignar Niveles de Iluminación promedio típicos dados por el Código Eléctrico del Perú y el Manual de Iluminación Westinghouse, en función de las actividades que en ellos se desarrollen.

### 2.1.2.1 ILUMINACION DE NAVES

Al prescribir la iluminación apropiada en una planta Industrial es conveniente, primero analizar las necesidades de la misma, a fin de determinar el tipo de iluminación que le corresponde (tarea visual y nivel luminoso requerido). Segundo, se selecciona el equipo de alumbrado que satisfaga los requerimientos establecidos.

En el caso de la iluminación de Naves del Complejo Calderero Estructural SIMA Chimbote Metal Mecánica, las necesidades de iluminación radica en el establecimiento de una jornada de trabajo en dos turnos, el primero de 7.30 a 15.45 horas, en el cual practicamente los requerimientos de iluminación son nulos, pero en el segundo turno de 15.30 a 23.45 horas, si se requiere para un promedio de 6 horas de jornada de trabajo, por lo que las características de ésta, deben de reunir las exigencias de una iluminación general, únicamente en el área techada, puesto que las actividades de trabajo en este turno se desarrollarán en ella. Asimismo, se requerirá una iluminación de vigilancia nocturna en las áreas sin techo, por lo que los cálculos de iluminación se harán independientemente.

### AREA TECHADA DE NAVES

Dado que la parte techada de naves constituye un área ancha de gran altura de techo y los trabajos que en ella se realizan son objetos grandes y tridimensionales sin problemas de deslumbramiento reflejado; las fuentes de luz a utilizar serán lámparas de vapor de mercurio en luminarias abiertas y ventiladas de haz medio, distribuídas uniformemente en el área a servir.

Para calcular la cantidad de lámparas a emplearse y por lo tanto la carga de iluminación de ésta zona, emplearemos el método de los lúmenes que establece la siguiente secuencia de cálculo

1. Elección del nivel de iluminación requerido, de acuerdo al trabajo a efectuarse.
2. Selección del sistema de alumbrado (directo, indirecto, semi-indirecto, mixto.).
3. Cálculo del coeficiente de utilización, para lo cual primeramente calculamos la Relación de Local, definido por :

$$R.L. = \frac{l \times a}{h_m (1+a)} \dots\dots\dots (2.1)$$

ó

$$R.L. = \frac{3 l \times a}{2 h_m (1+a)} \dots\dots\dots (2.2)$$

Donde :

R.L. : Relación de Local

l : Longitud.

a : Ancho

$h_m$  : Altura de montaje sobre el plano de trabajo.

La fórmula (2.1) se utiliza en sistemas de iluminación directa, semi directa, directa-indirecta y general difusa.

La fórmula (2.2) es empleada en sistemas de iluminación semi-indirecta e indirectos.

Con la Relación de Local determinamos el índice de Local de la tabla Nº 2.15.8, con éste índice y los porcentajes de reflexión seleccionados de acuerdo a las características del local, se determina el Coeficiente de Utilización para la luminaria previamente definida en las tablas elaboradas por los fabricantes para tales fines.

4. Determinamos el factor de conservación o mantenimiento, basado en un análisis de las condiciones bajo las que el sistema deberá de funcionar.

5. Calculamos el número de lámparas mediante

$$N.\text{de L.} = \frac{E \times A}{F \times C.U. \times F.C.} \dots\dots\dots(2.3)$$

DONDE

- N.de L.      Número de lámparas
- E.          Nivel de Iluminación seleccionado
- A.          Area del local.
- F.          Flujo luminoso total por luminaria.
- C.U.        Coeficiente de Utilización
- F.C.        Factor de conservación o mantenimiento.

6. Encontramos la carga instalada de Iluminación.

$$KW_L = N. \text{ de L. (watts/lámpara + Pérdidas en equipo)}$$

Siendo

- $KW_L$       Carga instalada de iluminación en un determinado local.

N.de L. : Número de lámparas calculado.

EJEMPLO DE CALCULO :

ILUMINACION DEL TALLER DE MAESTRANZA

1. Nivel de Iluminación : 500 Lux.

Este nivel de iluminación corresponde a un trabajo fino y alta exigencia de luz, especialmente recomendado para trabajos bastos de banco y maquinaria. Tablas Pág. 5-13 del manual de alumbrado Westinghouse y Nº LXXII - 1 del Código Eléctrico del Perú.

2. Sistema de alumbrado seleccionado : Directo

Este sistema es el que más se acondiciona para iluminación industrial de grandes alturas y áreas anchas.

3. Determinación del Coeficiente de Utilización.

$$R. de L. = \frac{165 \times 20}{16.4 (165 + 20)}$$

$$R. de L. = 1.087$$

Para una R. de L. = 1.087 corresponde un Índice de Local "H" (tabla Nº 2.15.8).

Entonces con :

Índice de Local : H

Luminaria : Abierta ventilada, haz medio.

Fuente de Luz : Vapor de mercurio de 700 watts.

Reflexión techo : 50% por ser de canalón, color gris.

Paredes : 10% por constituir generalmente espacios abiertos a excepción de las naves 1 y 7.

TABLA Nº 2.15  
ILUMINACION DE NAVES - AREA TECHADA

DESCRIPCION DEL AREA	DIMENSIONES (mts.)			E <sub>m</sub>	R.L.	I. de L.	LUMINARIA Y LAMPARA SELECCIONADA.	C de R		F.C.	C.U.	Nº L.	PERDIDA EN EQUIPO. (KW.)	CARGA INSTALADA. (KW.)
	l	a	hm					T	P					
NAVE 1 TALLER MECANICO	165	20	16.7	500	1.06'	H	700W-H35-18NA	50	10	0.65	0.55	140	7.00	105.00
NAVE 2 CALDERERIA PESADA	165	30	16.7	500	1.62	F	700W-H35-18NA	50	10	0.65	0.63	184	9.20	138.00
NAVE 3 CALDERERIA LIVIANA	165	30	16.7	500	1.62	F	700W-H35-18NA	50	10	0.65	0.63	184	9.20	138.00
NAVE 4 ESTRUCTURAS METALIC.	165	30	16.7	500	1.62	F	700W-H35-18NA	50	10	0.65	0.63	184	9.20	138.00
NAVE 5 ESTRUCTURAS METALIC.	165	30	16.7	500	1.62	F	700W-H35-18NA	50	10	0.65	0.63	184	9.20	138.00
NAVE 6 ESTRUCTURAS METALIC.	165	30	16.7	500	1.62	F	700W-H35-18NA	50	10	0.65	0.63	184	9.20	138.00
NAVE 7 FABRICACION DE VIGAS	165	20	16.7	500	1.06	H	700W-H35-18NA	50	10	0.65	0.55	140	7.00	105.00

Siendo :

l : Largo del local

a : Ancho del local

h<sub>m</sub> : Altura de montaje sobre el plano de trabajo.

C.de R.T. : Coeficiente de reflexión del techo (%)

E<sub>m</sub> : Nivel de iluminación medio requerido para cada local en lux.

R.L.: Relación de local

I.L.: Indice de local

C.de R.P. : Coeficiente de reflexión de las paredes (%)

F.C. : Factor de conservación

C.U. : Coeficiente de utilización

Nº L. : Número de lámparas.

TABLA Nº 2.15.B

INDICES DE LOCAL

INDICE DEL LOCAL	RELACION DEL LOCAL	
	VALOR	PTO. CENTRAL
A	Menos de 0.7	0.60
B	0.7 a 0.9	0.80
C	0.9 a 1.12	1.00
D	1.12 a 1.38	1.25
E	1.38 a 1.75	1.50
F	1.75 a 2.25	2.00
G	2.25 a 2.75	2.50
H	2.75 a 3.50	3.00
I	3.50 a 4.50	4.00
J	Más de 4.50	5.00

Determinamos que el coeficiente de utilización es 0.55 (tabla de coeficiente de utilización - Manual Westinghouse)

4. Factor de conservación

$$\text{Medio} = 0.65$$

5. Número de lámparas

$$\text{N. de L.} = \frac{500 \times 3300}{32900 \times 0.55 \times 0.65}$$

$$\text{N. de L.} = 140 \text{ lámparas.}$$

6. Carga instalada en iluminación en nave 1 - taller de maestra

za :

$$P = 130 (700 + 50)$$

$$P = 97.5 \text{ Kw.}$$

De manera similar se calcula la carga instalada en iluminación en la zona techada del resto de naves, cuyos resultados se indican en la tabla Nº 2.15.

AREA SIN TECHO DE NAVES

Para determinar la iluminación del área sin techo de las naves, emplearemos el método de punto por punto, para lo cual disponemos de los siguientes datos :

- Nivel de Iluminación promedio

requerido : 50 lux.

- Luminarias a utilizar

: Proyectorios Jوسف tipo C-52 con lámparas de vapor de mercurio de 700 W.

- Ubicación de luminarias

: Parte inferior de las vigas carrileras espaciadas 15 metros.



- Esquema de cálculo figura Nº 2.1.

En base al esquema de cálculo establecido, determinamos el nivel luminoso en cada uno de los puntos indicados.

Primero debido a un sólo proyector, luego, teniendo en cuenta la distribución de los mismos, se calculará el nivel luminoso total en los puntos en estudio, considerando las contribuciones de todos los proyectores que incidan en él. Para ello, se considera que el radio de acción máximo de cada proyector será de 15 metros en forma paralela a las navas y a ambos lados del mismo y 22.5 perpendicularmente a ellas, tal como se indica en el esquema.

Secuencia de cálculo en cada punto :

1. Calculamos el ángulo de incidencia vertical del rayo luminoso en el punto en estudio,

$$\beta = \arctang. \left( \frac{d_1}{h_m} \right) \dots\dots\dots (2.4)$$

2. Determinamos la distancia real del proyector al punto en estudio mediante :

$$D = \sqrt{h_m^2 + d_1^2} \dots\dots\dots (2.5)$$

Donde :

$h_m$  : Altura de montaje del proyector

$d_1$  : Distancia horizontal del proyector al punto.

3. Determinamos el ángulo de desviación del rayo luminoso respecto del eje del haz ( $\alpha$ )
4. Encontramos la intensidad luminosa para el ángulo  $\alpha$  en base a las curvas fotométricas del proyector suministradas por el fabricante.

5. Calculamos el nivel de iluminación mediante :

$$E = \frac{I}{D^2} \cos \beta \dots\dots\dots (2.6)$$

EJEMPLO DE CALCULO

PUNTO - 1

(ver esquema de cálculo)

$$\beta_1 = \arctang. \frac{28.7}{13.4} = 64.97^\circ$$

$$D_1 = \sqrt{13.4^2 + 28.7^2} = 31.67 \text{ mts.}$$

$$\alpha_1 = \beta_1 - \gamma = 64.97^\circ - 24.82^\circ = 40.15^\circ$$

Donde  $\gamma$  es el ángulo del haz del proyector con la vertical.

I = 1500 candelas para  $\alpha = 40.15^\circ$ , de acuerdo a la curva fotométrica del proyector C-52 Jofel con lámparas de vapor de mercurio de 400 watts., dada en la figura N° 2.2.

$$E = \frac{1500}{31.67^2} \cos 64.97^\circ$$

$$E = 0.63 \text{ lux.}$$

De manera similar se calculará el nivel luminoso para los demás puntos obteniéndose los resultados de la tabla N° 2.16.

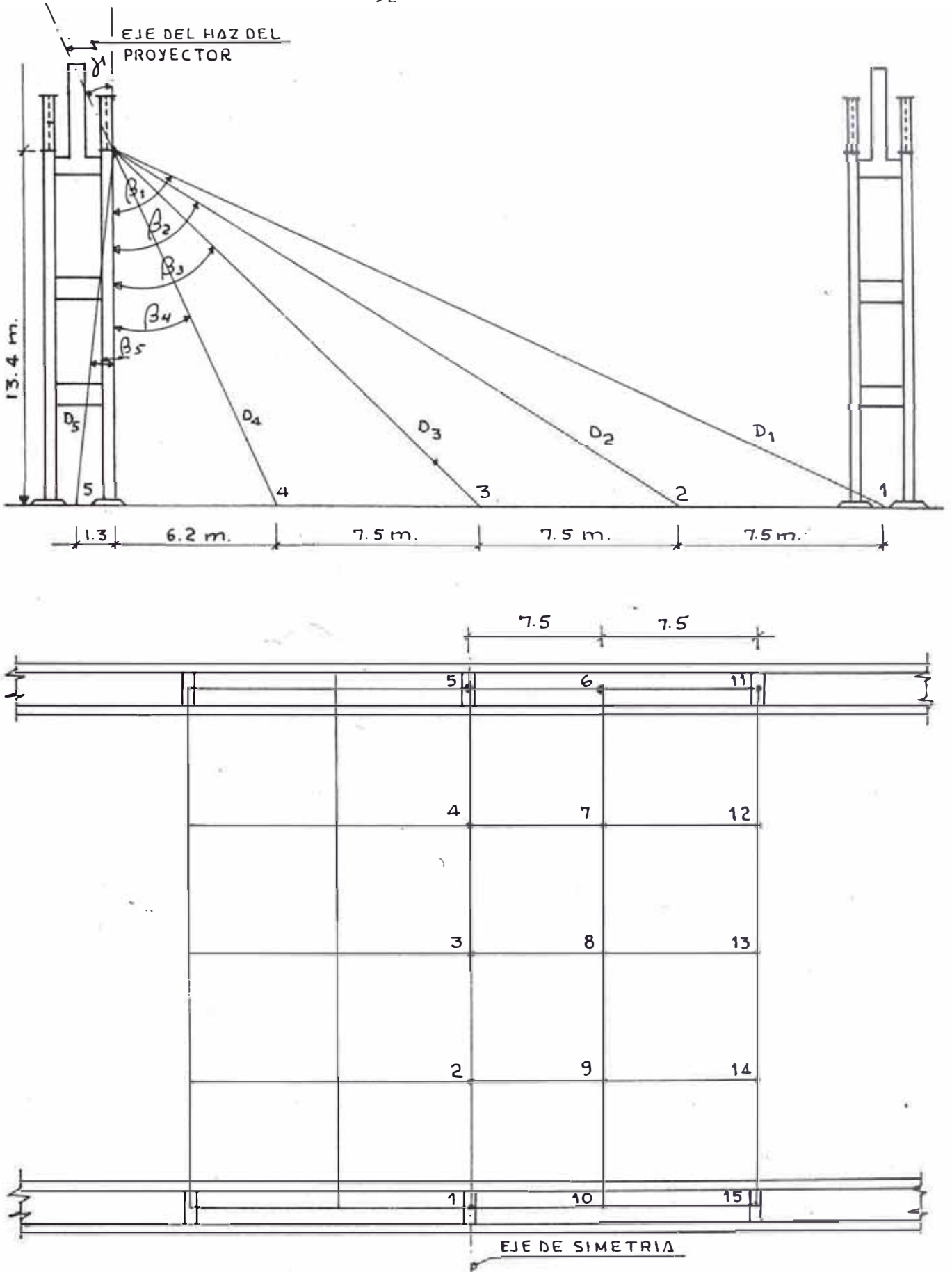


FIGURA N° 2.1

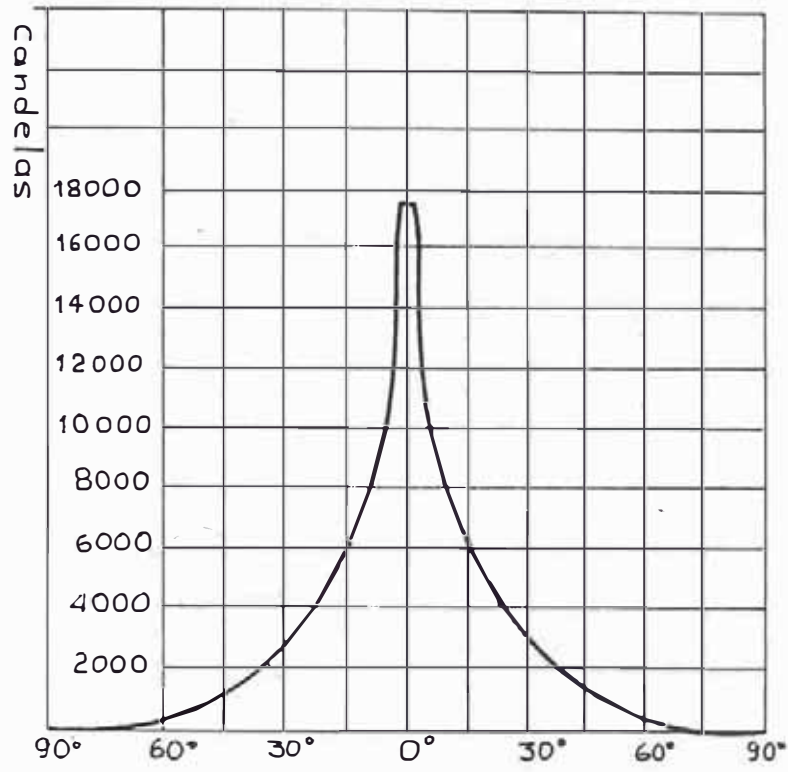
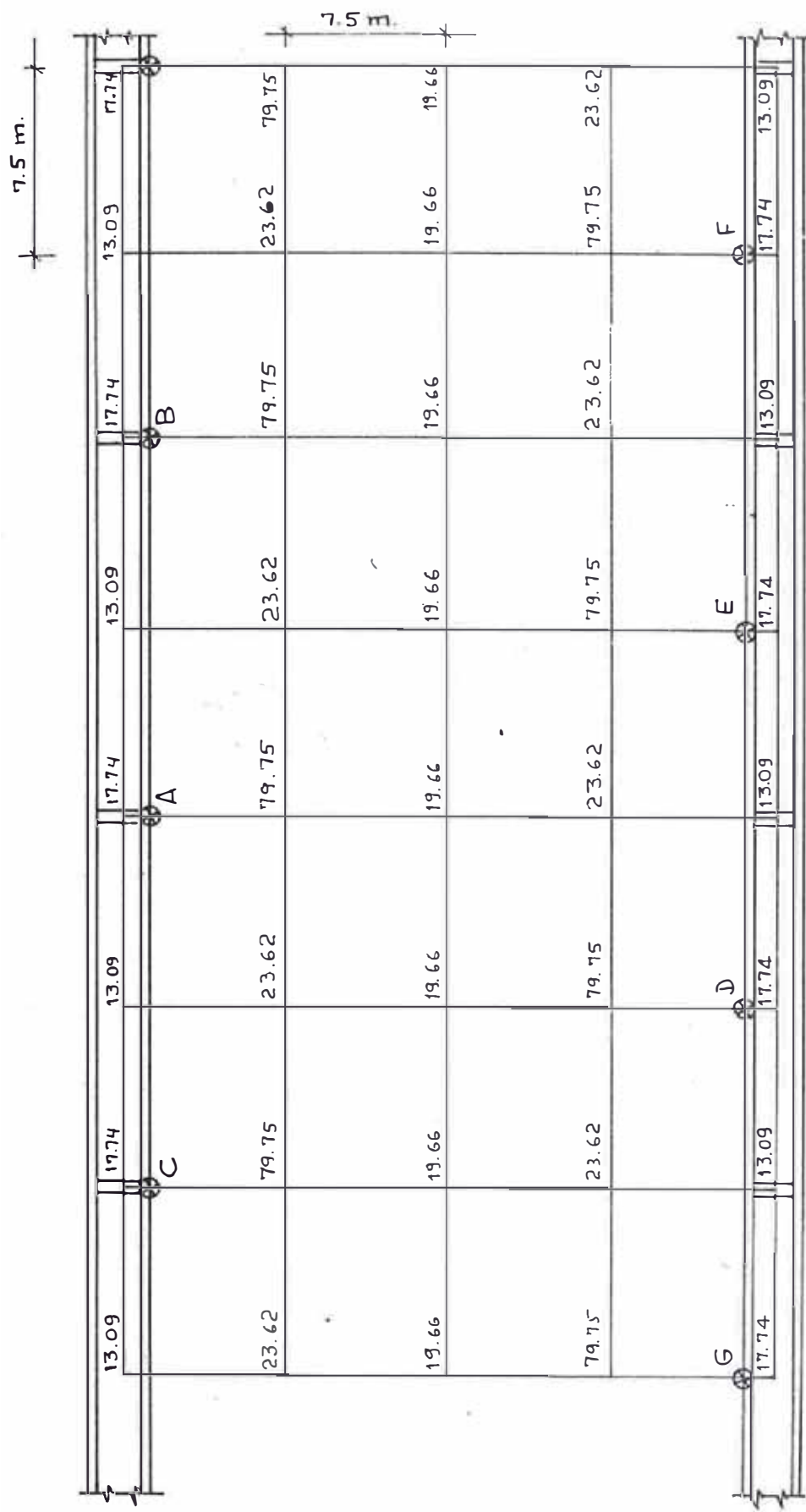


fig. 2.2 - CURVA FOTOMETRICA

Proyector Josef C-52



⊗ A, ... : Luminaria empleada (Proyector)

FIGURA N° 2.3

TABLA Nº 2.16

NIVELES DE ILUMINACION DEBIDO AL PROYECTOR "A"

PUNTOS	(º)	D <sub>n</sub> (mts.)	n (º)	I <sub>n</sub> (cand.)	E <sub>n</sub> (lux)
1	64.97	31.67	40.15	1500	0.63
2	58.06	25.07	32.90	2400	1.02
3	45.21	19.16	20.81	4400	8.44
4	24.83	14.76	0.00	17600	73.31
5	5.54	13.46	30.38	2600	14.28
6	29.59	15.41	41.35	1600	5.86
7	35.98	16.56	26.93	3300	9.74
8	49.36	20.57	29.47	2800	4.31
9	59.20	26.17	36.44	2000	1.49
10	65.68	32.54	41.98	1500	0.58
11	48.32	20.15	54.83	700	1.15
12	50.45	21.04	45.47	1200	1.73
13	56.58	24.33	42.61	1400	1.30
14	65.90	32.82	29.27	2800	1.06
15	67.52	35.04	46.31	1200	0.37

Considerando una distribución de proyectores en forma alterna da a ambos lados de la nave y distanciados uno del otro 15 metros; obtenemos los niveles de iluminación totales para cada uno de los puntos en estudio que se indican a continuación :

$$E_{1T} = E_{6T} = E_{15T} = 0.63 + 5.86 + 5.86 + 0.37 + 0.37 = 13.09$$

$$E_{2T} = E_{7T} = E_{14T} = 2.02 + 9.74 + 9.74 + 1.06 + 1.06 = 23.62$$

$$E_{3T} = E_{8T} = E_{13T} = 8.44 + 4.31 + 4.31 + 1.30 + 1.30 = 19.66$$

$$E_{4T} = E_{9T} = E_{12T} = 73.31 + 1.49 + 1.49 + 1.73 + 1.73 = 79.75$$

$$E_{5T} = E_{10T} = E_{11T} = 14.28 + 0.58 + 0.58 + 1.15 + 1.15 = 17.74$$

Ubicamos estos valores en el esquema de cálculo a fin de determinar el nivel de iluminación promedio, tal como se muestra en la figura N° 2.3, de donde tomando como base los puntos a,b,c,d,e, f,g,h,i, calculamos el nivel de iluminación medio del local mediante la fórmula :

$$E_m = \frac{1}{4} E_e + \frac{1}{8} (E_b + E_d + E_f + E_h) + \frac{1}{16} (E_a + E_c + E_g + E_i) \dots\dots\dots(2.7)$$

$$E_m = \frac{1}{4} (23.62) + \frac{1}{8} (79.75 + 19.66 + 19.66 + 23.62) + \frac{1}{16} (23.62 + 23.62 + 79.75 + 79.75) = 36.66 \text{ lux.}$$

$$E_m = 36.66 \text{ lux.}$$

El nivel de iluminación está por debajo del mínimo pre-establecido, por lo que emplearemos lámparas de 700 watts de vapor de mercurio de 32900 lúmenes de flujo luminoso, obteniéndose un nuevo nivel de iluminación corregido dado por :

$$E_{mc} = E_m \left( \frac{F_n}{F_a} \right) \dots\dots\dots (2.8)$$

donde :  $E_{mc}$  : Nivel de iluminación corregido

$E_m$  : Nivel de iluminación anterior.

$F_n$  : Flujo luminoso de lámpara de 700 watts.

$F_a$  : Flujo luminoso de lámpara de 400 watts.

$$E_{mc} = 36.66 \left( \frac{32900}{18600} \right)$$

$$E_{mc} = 64.88 \text{ lux.}$$

ILUMINACION DE ALMACEN DE PLANCHAS Y PERFILES METALICOS

Los almacenes de materiales de planchas de acero, perfiles rodados, tuberías y otros materiales metálicos que puedan ser almacenados exteriormente; ubicados entre las filas C-V, ejes 0 - 45, del plano de disposición general (áreas 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 y 4.5, del equipamiento integral del complejo), serán iluminados de manera similar al área sin techo de naves, con la diferencia que los proyectos tendrán la ubicación indicada en la figura Nº 2.4, por lo que nuestras premisas de cálculo serán

- Nivel de Iluminación                      50 lux recomendable para almacenes de poco movimiento y tosco.
- Luminaria                                      Proyectores Josfel tipo C-52, con lámpara de vapor de mercurio de 700 watts.
- Ubicación de luminarias                    Parte inferior de vigas carrileras.
- Esquema de cálculo                        Figura Nº 2.4.

Debido a la infraestructura del almacén, la ubicación de las luminarias no serán iguales en ambos lados del local tal como se indicó en el caso de las naves, pero sí será simétrico en su totalidad tal como se puede apreciar en el esquema de cálculo.

Para determinar el nivel de Iluminación de cada uno de los puntos seleccionados, procedemos de manera similar al caso de iluminación del área sin techo de naves, teniéndose que hacer los cálculos para cada proyector típico de los dos lados del local a



iluminar. Los resultados para la luminaria típica del eje "0" se dan en la tabla Nº 2.17 y en la tabla Nº 2.18 para la luminaria típica del eje "30".

TABLA Nº 2.17

NIVELES DE ILUMINACION DEL PROYECTOR TIPICO DEL EJE "0"

PUNTOS	$\beta_n(^{\circ})$	$D_n(\text{mts.})$	$\alpha_n(^{\circ})$	$I_n(\text{cand.})$	$E_n(\text{lux})$
1	56.69	32.78	32.39	2500	1.28
2	44.03	24.04	19.71	4600	5.27
3	24.31	19.75	0.00	17600	41.12
4	8.22	18.19	32.53	2400	7.18
5	17.37	18.86	35.62	2100	5.63
6	27.92	20.37	14.21	6100	12.99
7	45.16	25.53	22.61	4000	4.33
8	57.12	33.16	33.42	2300	1.14
9	58.32	34.28	36.12	2000	2.66
10	48.11	26.96	29.06	2900	2.66
11	35.58	22.13	26.86	3200	5.31
12	29.85	20.75	42.35	1500	3.02
13	40.22	23.57	49.42	1000	1.37
14	43.46	24.80	37.22	1900	2.24
15	51.91	29.18	36.15	2000	1.45
16	60.05	36.05	38.84	1800	0.69

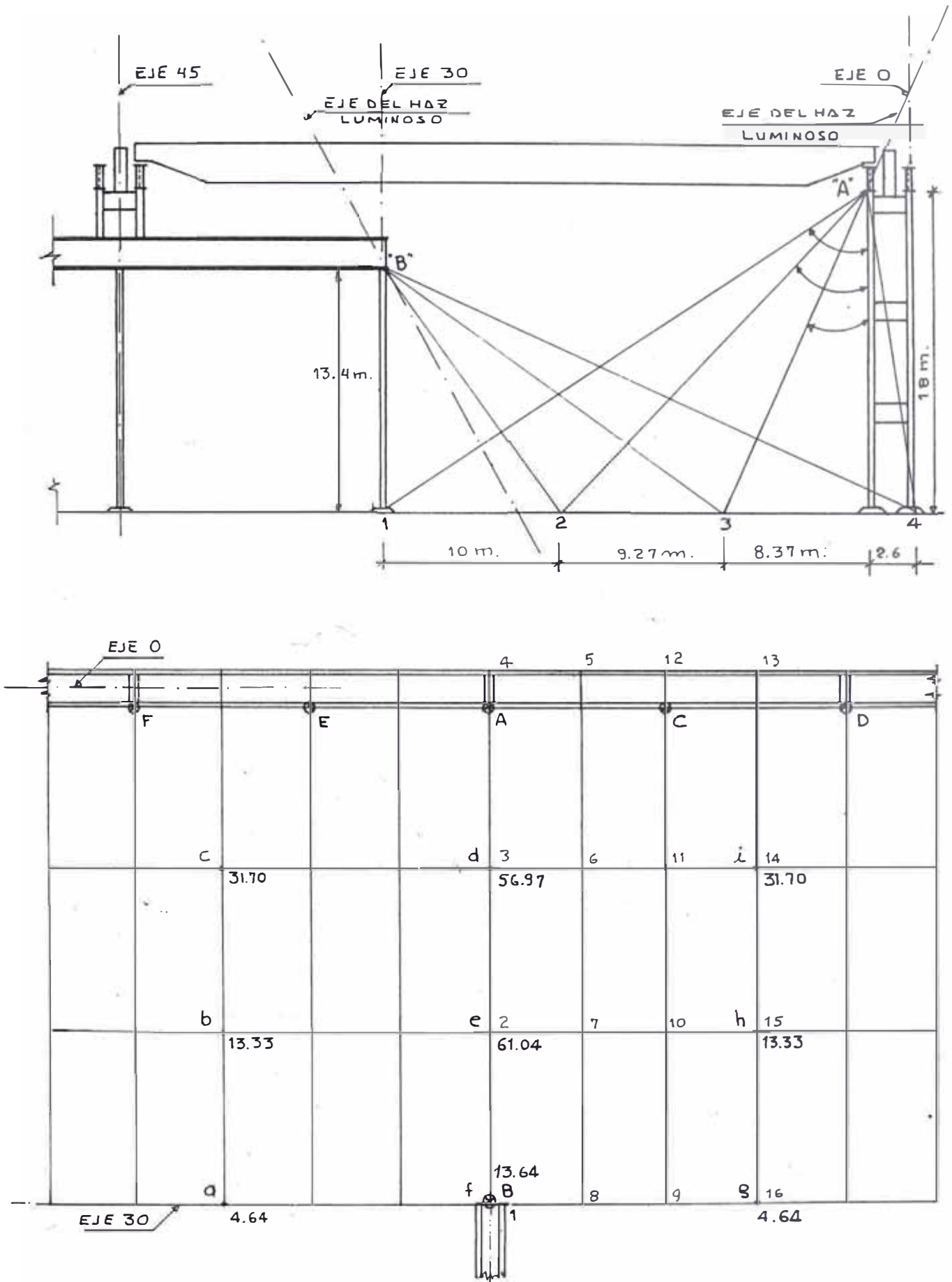


FIGURA N° 2.4

TABLA Nº 2.18

NIVELES DE ILUMINACION DEL PROYECTOR TIPICO DEL EJE "30"

PUNTOS	$\beta_n(^{\circ})$	D (mts.)	$\alpha_n(^{\circ})$	$I_n(\text{cand.})$	$E_n(\text{lux})$
1	0.00	13.40	36.73	1900	10.58
2	36.73	16.72	0.00	17600	50.46
3	55.19	23.47	18.46	5000	5.18
4	65.93	32.86	29.18	2900	1.09
5	66.22	33.23	30.38	2700	0.98
6	56.06	23.99	21.93	4100	3.98
7	39.84	17.45	16.65	5500	13.87
8	20.46	14.30	41.33	1600	7.33
9	36.73	16.72	50.03	1000	2.87
10	46.54	19.48	45.19	1100	1.99
11	58.32	25.51	29.21	2900	2.34
12	67.03	34.34	33.38	2400	0.79
13	68.22	36.12	37.42	2000	0.57
14	61.24	27.85	36.94	2000	1.24
15	53.38	22.46	41.90	1500	1.77
16	48.22	20.11	57.74	600	0.98

Considerando una distribución de luminarias cada 10 mts. en el eje cero y en cada extremo de naves en el eje 30, obtenemos los niveles de Iluminación totales en cada punto en estudio. Para el cálculo del nivel de iluminación promedio del local, consideramos los puntos 1,2,3,4,13,14,15,16 y sus equivalentes simétricos por

ser los más representativos y críticos, obteniéndose los siguientes valores

$$\begin{aligned} E_{1T} &= 1.28 + 0.89 + 0.89 + 10.58 = 13.64 \\ E_{2T} &= 5.27 + 2.66 + 2.66 + 50.45 = 61.04 \\ E_{3T} &= 41.12 + 5.31 + 5.31 + 5.18 = 56.97 \\ E_{4T} &= 7.18 + 3.02 + 3.02 + 1.09 = 14.31 \\ E_{13T} &= 1.37 + 5.63 + 5.63 + 1.37 + 0.67 = 14.57 \\ E_{14T} &= 2.24 + 12.99 + 12.99 + 2.24 + 1.24 = 31.70 \\ E_{15T} &= 1.44 + 4.33 + 4.33 + 1.45 + 1.77 = 13.33 \end{aligned}$$

El nivel de Iluminación promedio del local se calcula de manera similar al del área sin techo de naves, alcanzando el siguiente resultado

$$E_m = \frac{1}{4} (61.04) + \frac{1}{8} (13.64 + 56.97 + 61.04 + 13.33) + \frac{1}{16} (31.70 + 4.64 + 4.64 + 31.70)$$

$$E = 37.93 \text{ lux.}$$

Corregimos el nivel de iluminación para lámparas de mercurio de 700 watts empleando para ello, la fórmula N° 2.8.

$$E_{mc} = E \left( \frac{F_n}{F_a} \right)$$

$$E_{mc} = 37.93 \left( \frac{32900}{18600} \right)$$

$E_{mc} = 67.09 \text{ lux}$  que resulta mayor que 50 lux pre-establecido, por lo que nos quedamos con la distribución de proyectores indicados.

El análisis efectuado nos permite determinar la carga instalada en iluminación en la zona sin techo de las naves y el almacén de planchas y perfiles, resultados que se indican en la tabla N° 2.19.

TABLA Nº 2.19

CARGA INSTALADA DE ILUMINACION EN AREAS SIN TECHO

AREA	CANTIDAD DE PROYECTORES	CARGA POR PROYECTOR (Kwatts.)		CARGA INSTALADA (Kw.)
		LAMPARA	EQUIPO	
NAVE 1	5	700	50	3.75
NAVE 2	8	700	50	6.00
NAVE 3	12	700	50	9.00
NAVE 4	14	700	50	10.50
NAVE 5	14	700	50	10.50
NAVE 6	14	700	50	10.50
NAVE 7	14	700	50	10.50
ALMACEN DE PLANCHAS Y PERFILES.	28	700	50	21.00

#### 2.1.2.2 ILUMINACION Y TOMACORRIENTES DE OFICINAS Y EDIFICIOS AUXILIARES

Las cargas de iluminación, tomacorrientes y otras de las oficinas administrativas, oficinas técnicas y servicios auxiliares, es función de los requerimientos lumínicos y de energía de cada uno de éstos locales, así como del grado de tecnificación de las actividades que en ellos se desarrolle. Por lo tanto, para efectos del estudio de cargas, haremos en lo posible, los cálculos precisos que un diseño integral requiere, esto con la finalidad de llevar nuestro análisis de carga a un campo de mayor realidad.

En cada uno de los cálculos de requerimiento de energía, para los diferentes ambientes se seguirán los siguientes lineamientos

##### 1. ILUMINACION GENERAL

Para los ambientes de uso específico, se determinará la carga instalada en alumbrado, partiendo de los niveles de iluminación que éstos requieran para el desarrollo de las actividades a los que son asignados, empleando para ello, el método de los lúmenes, explicado detalladamente al determinar la iluminación de naves.

- Para los ambientes de uso general, tal es el caso de baños, pasadisos, halls, etc., la carga instalada en alumbrado se calculará en función de los watts por metro cuadrado que asigna el Código Eléctrico del Perú, según tabla Nº 2C-X-2.

##### 2. TOMACORRIENTES PARA USOS DIVERSOS

Se ha tomado como base, la consideración de colocar un toma-

corriente cada 6 metros lineales de perímetro en cada uno de los ambientes, con una carga máxima de 0.75 amperios cada uno (160 watts.)

Los resultados en base a lo indicado anteriormente, se dan en las tablas N<sup>o</sup> 2.20 a la 2.28.

TABLA Nº 2.20

## ILUMINACION DE OFICINAS DE EDIFICIO ADMINISTRATIVO

DESCRIPCION DEL	DIMENSIONES (mts.)			E <sub>m</sub> .	R.L.	I.L.	LUMINARIA Y LAMPARA SE - LECCIONADA.	C.de R. (%)		F.C. (%)	C.U.	NºL.	PERDIDA EN EQUI- PO (Kw.)	CARGA INSTALA- DA (Kw.)
	l	a	hm					T	P					
	OFICINA - 1	10	10					2.50	1000					
OFICINA - 2	5	10	2.50	1000	1.33	G	TIPO PLASTICO	80	50	70	0.36	12	1.2	3.60
OFICINA - 3	5	10	2.50	1000	1.33	G	RECTANGULAR	80	50	70	0.36	12	1.2	3.60
OFICINA - 4	10	10	2.50	1000	2	E	FLUORESCENTES	80	50	70	0.43	21	2.10	6.30
OFICINA - 5	10	7	2.50	1000	1.64	F	RECTOS DE	80	50	70	0.39	16	1.60	4.80
OFICINA - 6	15	7	2.50	1000	1.90	E	5 x 40 WATTS	80	50	70	0.43	22	2.20	6.60
OFICINA - 7	15	10	2.50	1000	2.40	D		80	50	70	0.46	30	3.00	9.00
OFICINA - 8	20	15	2.50	1000	3.42	C		80	50	70	0.48	57	5.7	17.10
OFICINA - 9	15	10	2.50	1000	2.40	D		80	50	70	0.46	30	3.00	9.00
OFICINA - 10	20	10	2.50	1000	2.66	D		80	50	70	0.46	40	4.00	12.00
SUB TOTAL .....													78.30	



TABLA Nº 2.21

ILUMINACION DE AMBIENTES DE USO GENERAL DE EDF./ADMINISTRAT.

DESCRIPCION DEL AMBIENTE	AREA (M2)	DENSIDAD DE CARGA ASIGNADA (Watts/M2)	CARGA INSTALADA (Kilowattas).
Servicios higiénicos	175	20.00	3.50
Pasadizos y Halls.	605	10.00	6.05
SUB TOTAL .....			<u>9.55</u>

TABLA Nº 2.22

CARGAS DE TOMACORRIENTES PARA USOS VARIOS DE EDIFICIO ADMINISTRATIVO.

DESCRIPCION DEL AREA	PERIMETRO UTIL (mts.)	CARGA INSTALADA (Kws.)
OFICINA - 1	35	0.90
OFICINA - 2	32	0.80
OFICINA - 3	28	0.80
OFICINA - 4	38	0.96
OFICINA - 5	29	0.80
OFICINA - 6	42	1.12
OFICINA - 7	97	1.28
OFICINA - 8	67	1.76
OFICINA - 9	46	1.28
OFICINA - 10	57	1.60
SERVIC.HIGIENICOS	72	1.92
PASADIZOS Y HALLS.	136	1.92
SUB TOTAL .....		<u>15.14 Kwts.</u>

TOTAL DE CARGA INSTALADA EN EDIFICIO ADMINISTRATIVO

Iluminación de Oficinas.....	78.30 Kw.
Iluminación de áreas de uso general.....	9.55 Kw.
Cargas de tomacorrientes .....	<u>15.14 Kw.</u>
TOTAL DE CARGA INSTALADA .	<u><u>102.99 Kw.</u></u>

TABLA Nº 2.23  
 ILUMINACION DE EDIFICIO AUXILIAR Nº 1  
 AREAS DE USO ESPECIFICO

DESCRIPCION DEL AREA	DIMENSIONES (mts.)			E <sub>m</sub>	R.L.	I.L.	LUMINARIA Y LAMPARA SE LECCIONADA.	C. de R. (%)		F.C.	C.U.	Nº L	PERDIDA EN EQUIPO. (Kw.)	CARGA INSTALADA (Kw.)
	l	a	h <sub>m</sub>					T	P					
OF. TECNICAS 1º PISO	30	10	2.80	1000	2.68	D	JOSFEL RG.	80	50	70	0.47	56	5.6	16.80
OF. TECNICAS 2º PISO	30	10	2.80	1000	2.68	D	PLASTICA	80	50	70	0.47	56	5.6	16.80
OF. TECNICAS 3º PISO	30	10	2.80	1000	2.68	D	5 x 40W	80	50	70	0.47	56	5.6	16.80
ALMACEN DE MATERIAL	60	10	10	200	0.85	I	IS-4x96"-73W	50	10	55	0.35	28	2.80	10.97
MANT. MECANICO.	30	10	6	300	1.25	G		70	50	55	0.56	26	1.30	5.53
MANT. ELECTRICO.	30	10	2.80	300	2.68	D	IS-2x96"-73W	70	50	55	0.64	23	1.15	4.51
SUB TOTAL .....														71.41

TABLA Nº 2.24

EDIFICIO AUXILIAR Nº 1  
AREAS DE USO GENERICO

DESCRIPCION DEL AREA	SUPERFICIE (M2).	CARGA ASIGNADA (W/M2)	CARGA INST. (Kw.)
SERVICIOS HIGIENICOS Y VESTUARIOS.	600	20	12.00
ESCALERAS Y PASADIZOS	690	5	3.45
SUB TOTAL .....			<u>15.45</u>

TABLA Nº 2.25

CARGAS DE TOMACORRIENTES PARA USOS VARIOS - EDIFICIO AUXILIAR Nº 1

DESCRIPCION DEL AREA	PERIMETRO UTIL (mts.)	CARGA INSTALADA (Kw.)
OFICINAS TECNICAS 1º PISO	70	1.76
OFICINAS TECNICAS 2º PISO	70	1.76
OFICINAS TECNICAS 3º PISO	70	1.76
ALMACENES DE MATERIAL.	130	1.60
MANT. MECANICO.	70	0.96
MANT. ELECTRICO.	70	0.96
SERVICIOS HIGIENICOS Y VESTUARIOS.	120	1.60
SUB TOTAL		<u>10.40</u>

NOTA : Para el caso de almacenes, mantenimiento y servicios higiénicos, se está considerando un tomacorriente por cada 12 metros, por tener uso exclusivamente para limpieza y otros fines muy secundarios.

TOTAL DE CARGA INSTALADA EN EDIFICIO AUXILIAR Nº 1

Iluminación de Oficinas Técnicas y de uso específico	71.41 Kw.
Iluminación general de áreas secundarias	15.45 Kw.
Tomacorrientes.	10.40 Kw.
	<hr/>
TOTAL DE CARGA INSTALADA .....	97.26 Kw.
	<hr/>

TABLA Nº 2.26

## ILUMINACION DE EDIFICIO AUXILIAR Nº 2

## AREAS DE USO ESPECIFICO

DESCRIPCION DEL AREA	DIMENSIONES (mts.)			E <sub>m</sub>	R.L.	I.L.	LUMINARIA Y LAMPARA SELECCIONADA.	C.de R. (%)		F.C.	C.U.	Nº L	PERDIDA EN EQUIPO. (Kw.)	CARGA INSTALADA (Kw.)
	l	a	h <sub>m</sub>					T	P					
OFICINAS TECNC. 1º PISO	45	10	2.80	1000	2.92	C	JOSFEL RG.	80	50	70	0.49	82	8.2	24.60
OFICINAS TECNC. 2º PISO	45	10	2.80	1000	2.92	C	5 x 40 W	80	50	70	0.49	82	8.2	24.60
OFICINAS TECNC. 3º PISO	45	10	2.80	1000	2.92	C	TUBOS REC-TOS.	80	50	70	0.49	82	8.2	24.60
ALMACEN DE HERRAMIENT.	45	10	10	200	0.81	I	IS-4x96"-73W	50	10	55	0.35	20	2.00	7.84
SUB TOTAL .....													81.64	

## I N T R O D U C C I O N

El presente proyecto, tema de tesis para optar el grado de Ingeniero Electricista, ha sido desarrollado teniendo en cuenta las recomendaciones prácticas dadas para diseño de **Sistemas Eléctricos** de plantas industriales, de la bibliografía indicada, así como el Código Nacional de Electricidad y la experiencia del suscrito en el conocimiento del comportamiento de las industrias metal mecánicas, a fin de obtener un **Sistema Eléctrico** Tecnicamente satisfactorio y económico.

El desarrollo del tema ha sido encarado siguiendo un lineamiento académico, con la finalidad de justificar, muchas veces en forma bien detallada, la selección de las alternativas en cada uno de los puntos, iniciándose el proyecto con un conocimiento pleno de la industria metal mecánica; seguidamente hacemos un estudio de cargas hasta determinar la máxima demanda del suministro, empleando para ello, los factores de demanda y simultaneidad adecuados. La distribución de Energía dentro del Complejo, se efectuará por medio del método que más se acondicione a las necesidades de la planta. Finalmente se efectuarán los calculos necesarios justificativos en la sección de cada uno de los componentes del sistema.

TABLA Nº 2.27

ILUMINACION DE EDIFICIO AUXILIAR Nº 2  
AREAS DE USO GENERICO

DESCRIPCION DEL AREA	SUPERFICIE (M2).	CARGA ASIGNADA (W/m2)	CARGA INST. (Kw.)
SERVICIOS HIGIENICOS, VESTUARIOS Y COMEDOR.	1800	20	36.00
ESCALERAS Y PASADIZOS.	828	5	4.14
SUB TOTAL .....			40.14

TABLA Nº 2.28

CARGAS DE TOMACORRIENTES PARA USOS VARIOS - EDIFICIO AUXILIAR Nº 2

DESCRIPCION DEL AREA	PERIMETRO UTIL (mts.)	CARGA INSTALADA (Kw.)
OFICINAS TECNC. 1º PISO	100	2.72
OFICINAS TECNC. 2º PISO	100	2.72
OFICINAS TECNC. 3º PISO	100	2.72
ALMACENES DE HERRAMTS.	100	1.28
SERVICIOS HIGIENICOS, VESTUARIOS Y COMEDOR.	360	4.80
SUB TOTAL .....		14.24

Para las áreas de almacén de herramientas y servicios higiénicos, se considera un tomacorriente cada 12 metros dado que el uso se limita al mantenimiento y limpieza.



TOTAL DE CARGA INSTALADA EN EDIFICIO AUXILIAR Nº 2

- ILUMINACION ESPECIFICA DE AMBIENTES	81.64 Kw.
- ILUMINACION GENERICA	40.14 Kw.
- TOMACORRIENTES	<u>14.24 Kw.</u>
TOTAL DE CARGA INSTALADA.....	<u><u>136.02 Kw.</u></u>

### 2.1.2.3 ALUMBRADO EXTERIOR

Para poder determinar la carga instalada en alumbrado exterior, ésta área la dividimos en tres zonas

- Zona de circulación perimétrica (vehicular y peatonal)
- Zona de estacionamiento de vehículos.
- Area de entradas principales.

para las cuales se han considerado los siguientes niveles de Iluminación promedio

Circulación perimétrica y peatonal	20 lux.
Entradas principales.	30 lux.
Estacionamiento de vehículos	15 lux.

#### ILUMINACION PERIMETRICA

La zona de circulación vehicular y peatonal perimétrica del Complejo, es la que se encuentra frente a los edificios auxiliares Nº 1 y 2 de Oficinas Técnicas, Oficinas de Apoyo y Servicios Auxiliares, paralelos a las naves, entre las filas "A - B" y "W - V" del plano de distribución general, en donde se dispone de una pista para vehículos de 10 metros de ancho y de una vereda de 1.50 metros para circulación peatonal. Esta zona será iluminada con luminarias JOSFEL BIH-83 con lámparas de vapor de mercurio de 250 watts, en postes de fierro galvanizado, ubicados sobre la pared perimétrica del Complejo como se indica en el plano Nº SCH-MM-09/5 , distanciados 30 metros el uno del otro. La conveniencia del equipo de iluminación seleccionado e indicado anteriormente será verificado mediante el método de iluminación punto por punto, empleando para ello, curvas ISOLUX proporcionadas por el fabricante; para lo cual, consideraremos dos puntos contiguos

de luz de la zona a iluminar, superponemos sobre ellos las curvas Isolux correspondiente a una y otra luminaria, seleccionamos nueve puntos de la mitad simétrica del área comprendida entre los dos puntos de luz y determinamos los niveles de iluminación de dichos puntos, considerando la contribución de las dos luminarias, obteniéndose finalmente el nivel de iluminación medio mediante la fórmula N° 2.9.

$$E_m = \frac{E_1 + 2E_2 + E_3 + 4E_5 + 2E_6 + E_7 + 2E_8 + E_9 + 2E_4}{16} \dots\dots (2.9)$$

donde :  $E_1, E_2, \dots\dots, E_n$  son los niveles de iluminación en cada uno de los puntos, considerando las dos luminarias, osea que  $E_1 = E_1^1 + E_1^2$ , etc., siendo  $E^1$  los valores correspondientes a la luminaria 1 y los  $E^2$  los de la luminaria 2.

Además, es conveniente indicar que la curva es simétrica, por lo que primero superponemos ésta sobre una luminaria y después sobre la otra, para determinar los valores de  $E^1$  y  $E^2$  respectivamente. El esquema de cálculo de la figura N° 2.5 debe de estar a la misma escala de las curvas Isolux. Los resultados son indicados en la tabla N° 2.29, para lo cual disponemos de

- Altura de montaje  $h_m = 8.48$  mts.
- Longitud del brazo del pastoral. 2.00 mts.
- Flujo luminoso 13500 lúmenes.
- Separación de luminarias 30 mts.
- Nivel de iluminación media. 20 lux.
- Esquema de cálculo figura N° 2.5

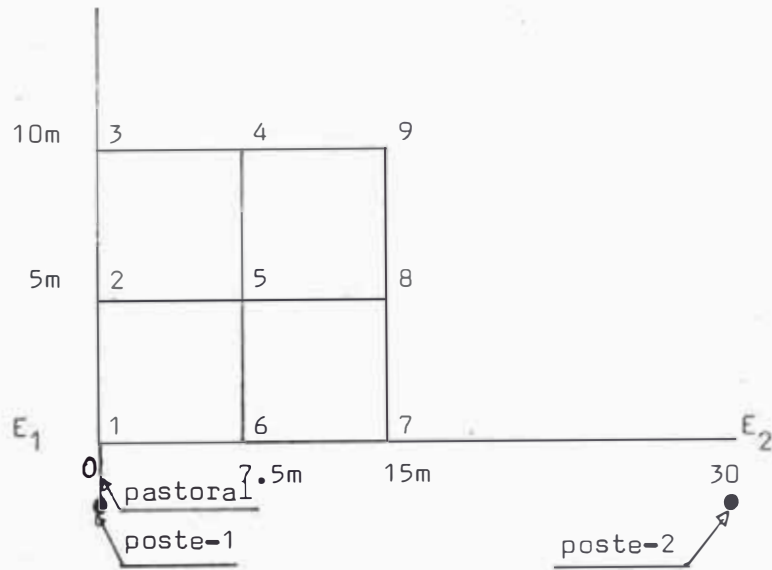
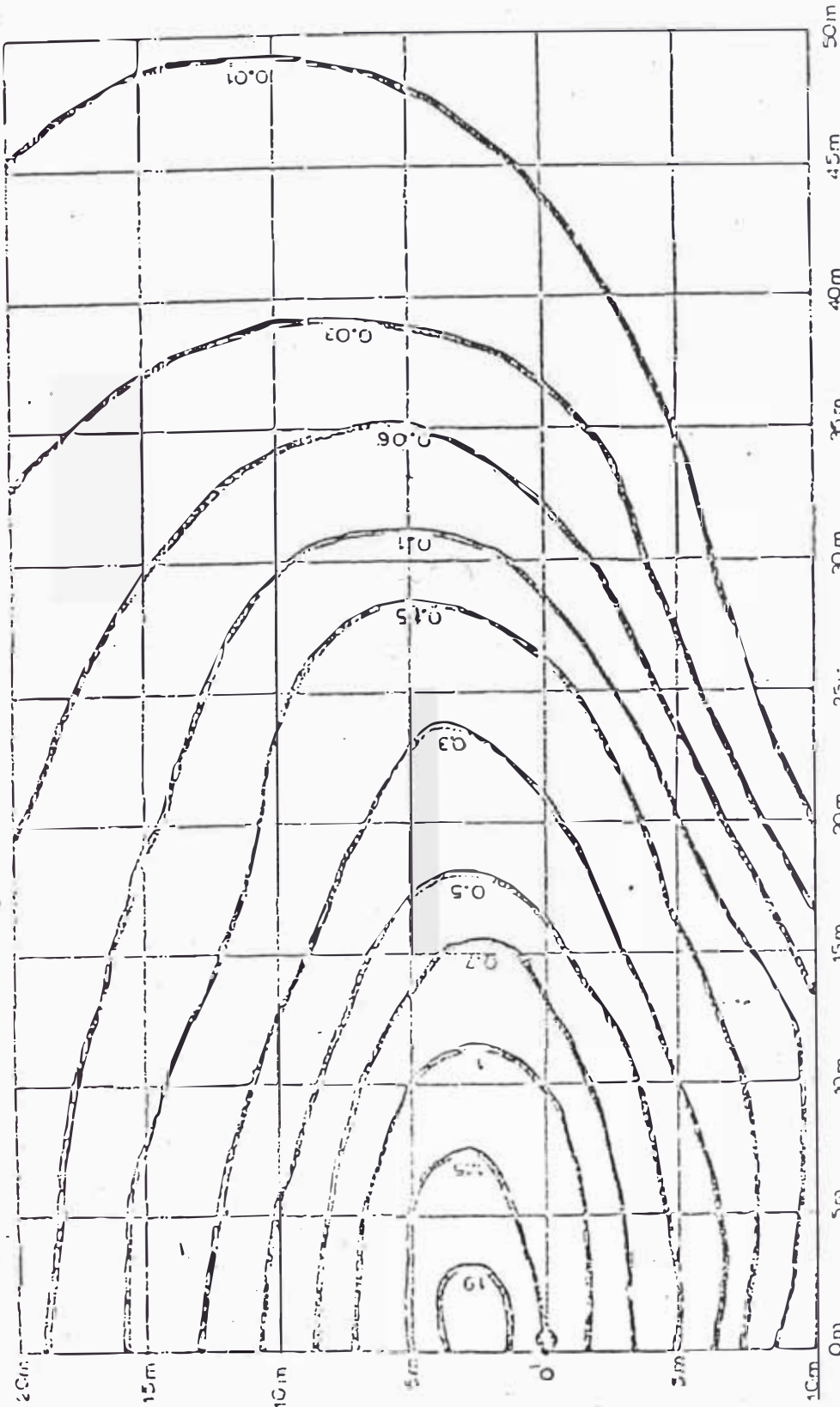


Figura Nº 2.5

TABLA Nº 2.29

PUNTOS	$E_n^1$ (lux)	$E_n^2$ (lux)	$E_n$ (lux)
1	1.150	0.084	1.234
2	1.150	0.120	1.270
3	0.580	0.096	0.676
4	0.450	0.160	0.610
5	1.250	0.300	1.550
6	1.115	0.250	1.365
7	0.600	0.600	1.200
8	0.610	0.610	1.220
9	0.200	0.200	0.400



CURVAS ISOLUX (Para 1000 lúmenes de flujo luminoso)

Para otras alturas de montaje aplicar los siguientes coeficientes multiplicadores

7m	8m	9m	10m	11m	12m	13m	14m
2.04	1.56	1.24	1.00	0.83	0.69	0.60	0.51

ESCALA: 1/250  
 ALTURA DE MONTAJE: 10m.  
 INCLINACION:  
 ENFOQUE: Posición media

ILUMINACION  
 ESCALA

Estas curvas son para artefactos BH y MRH UNITEC de Jostel y no dependen de la inclinación de la luminaria, gracias al enfoque horizontal de la lampara.

NOTA: ESTAS CURVAS SON PARA DIFERENTES TIPOS DE LAMPARAS

Reemplazando valores en la fórmula N° 2.9, se tiene :

$$E_m = \frac{1.23 + 2 \times 1.27 + 0.676 + 2 \times 0.61 + 4 \times 1.55 + 2 \times 1.365 + 1.2 + 2 \times 1.22 + 0.40}{16} = 1.165$$

$$E_m = 1.165 \text{ lux.}$$

La curva Isolux utilizada está graficada para una altura de montaje de 10 metros y un flujo luminoso de 1000 lúmenes , por lo que se tiene que corregir al nivel de iluminación media  $E_m$  para los valores de altura y lúmenes reales, de la manera que se indica a continuación :

$$E_r = E_m \left( \frac{h_m}{h_r} \right)^2 \left( \frac{\phi_r}{\phi_m} \right) \dots\dots\dots (2.10)$$

Donde :

- $E_r$  : Nivel de iluminación medio real.
- $E_m$  : Nivel de iluminación medio para los valores de las curvas Isolux.
- $h_m$  : Altura de montaje según curvas Isolux (10 mts.)
- $h_r$  : Altura de montaje real (8.48 mts.)
- $\phi_m$  : Flujo luminoso de las curvas Isolux (1000 lúmenes)
- $\phi_r$  : Flujo luminoso de la lámpara utilizada (13500 lúmenes).

Luego, el nivel de iluminación medio real será :

$$E_r = 1.165 \left( \frac{10}{8.48} \right)^2 \left( \frac{13500}{1000} \right)$$
$$E_r = 21.87 \text{ lux.}$$

Que es mayor que el mínimo requerido y es justamente lo que se

quería demostrar. Ahora bien, los factores de uniformidad medio y extremo, definidos por :

$$f_{u \text{ med.}} = \frac{E_{\text{min.}}}{E_{\text{med.}}} \dots\dots\dots (2.11)$$

$$f_{u \text{ ext.}} = \frac{E_{\text{min.}}}{E_{\text{máx.}}} \dots\dots\dots (2.12)$$

tienen un valor de :

$$f_{u \text{ med.}} = \frac{0.4}{1.165} = 0.343$$

$$f_{u \text{ ext.}} = \frac{0.4}{1.55} = 0.258$$

Son mayores que el mínimo establecido de  $1/6$ , por lo que nuestra iluminación la consideramos adecuada. Si los factores anteriormente indicados hubieran resultado menores que el prescrito, tendríamos que acercar más los postes.

ILUMINACION DE ENTRADAS PRINCIPALES.

En esta zona se tienen dos ambientes diferenciados, área de circulación peatonal y vehicular de la parte delantera del edificio de Oficinas Administrativas y la zona de las puertas principales de ingreso vehicular y peatonal a la planta.

AREA DE CIRCULACION PEATONAL Y VEHICULAR

Para éstas áreas se ha visto por conveniente, utilizar las mismas luminarias de la zona perimetral, con la diferencia de que las distancias de emplazamiento de los postes es de 20 metros a fin de obtener un mayor nivel de iluminación y la altura de montaje será de 8 metros.

Para verificar el nivel de Iluminación establecido, procedemos de la misma manera que en el caso de la iluminación perimétrica, disponiendo para ello, de los siguientes datos :

- Altura de montaje de luminaria : 8.00 metros.
- Longitud del brazo de pastoral : 2.00 metros.
- Luminaria : BIH-83 JOSFEL, con lámpara de vapor de mercurio de 250 vatios.
- Flujo luminoso por lámpara : 13500 lúmenes.
- Separación de luminarias : 20 metros.
- Nivel de iluminación media : 30 lux.
- Soporte de luminaria : postes de fierro galvanizado, ubicados sobre las paredes perimétricas en unos casos y empotrados en el suelo en otros.

Los resultados son mostrados en la tabla Nº 2.30, tomando como esquema de cálculo la figura Nº 2.6

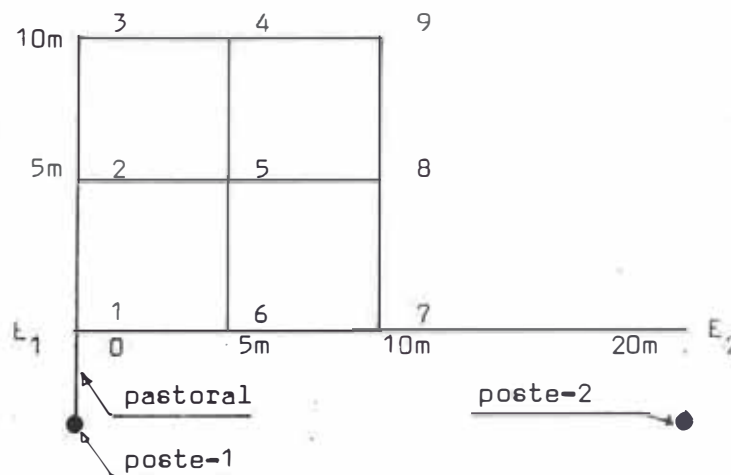


Figura Nº 2.6



TABLA Nº 2.30

PUNTOS $n=1, \dots, 9$	$E_n^1$	$E_n^2$	$E_n$
1	1.15	0.32	1.47
2	1.15	0.38	1.58
3	0.55	0.17	0.72
4	0.50	0.24	0.74
5	1.15	0.59	1.74
6	1.13	0.55	1.68
7	0.98	0.98	1.96
8	1.00	1.00	2.00
9	0.38	0.38	0.76

El nivel de iluminación medio se calcula mediante la fórmula 2.9, obteniéndose

$$E_m = 1.485 \text{ lux.}$$

corrigiendo para los valores reales de altura y flujo luminoso se tiene

$$E_m = 1.485 \left(\frac{10}{8}\right)^2 \left(\frac{13500}{1000}\right)$$

$$E_m = 31.32 \text{ lux.}$$

Se demuestra de esta manera, que la iluminación de esta zona es tá dentro de lo pre-establecido.

#### PUERTAS DE INGRESO PEATONAL Y VEHICULAR

Las puertas de ingreso al complejo (P-1, P-2, P-3) para el personal y vehículos, serán iluminados mediante farolas Josfel PJ/250 dispuestas de la manera que se indican en el plano N<sup>o</sup>SCH-MM-09/5 , con lámparas de vapor de mercurio de 250 vatios. Tal como ya se ha indicado, el nivel de iluminación medio deberá ser como mínimo de 30 lux, lo que será verificado a continuación, bajo las siguientes condiciones

Altura de montaje de luminaria	:	5 metros.
Luminaria	:	farolas Josfel JP/250
- Flujo luminoso por lámpara	:	13500 lúmenes.
Nivel de iluminación medio	:	30 lux.
- Soporte de luminaria	:	postes de fierro galvanizado sobre las paredes (ver plano N <sup>o</sup> s CH-MM-09/5)

Los cálculos son efectuados mediante el método punto por punto, de manera similar a la iluminación de naves-área sin techo, disponiendo para ello, del esquema de cálculo de la figura N<sup>o</sup> 2.7 y de la curva fotométrica para 1000 lúmenes de la luminaria seleccionada suministrada por el fabricante. Asimismo, se considera que el radio de acción máximo de las farolas es de 4 metros. Los resultados de los niveles de iluminación de los nueve puntos seleccionados se dan en la tabla N<sup>o</sup> 2.31, en base a los cuales y aplicando la fórmula N<sup>o</sup> 2.9 encontramos que el nivel de iluminación medio es:

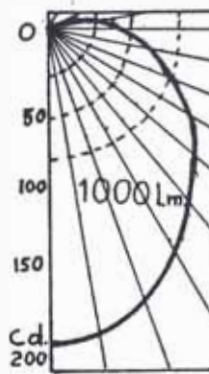
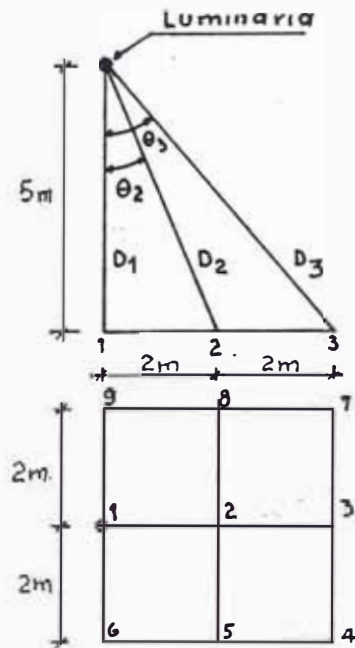
$$E_m = 3.57 \text{ lux.}$$

Corrigiendo a valores reales de flujo luminoso se tendrá

$$E_m = 3.57 \left( \frac{13500}{1000} \right)$$

$$E_m = 48.195 \text{ lux}$$

Lo que demuestra que la iluminación indicada es adecuada.



Curva fotométrica  
FAROLA JOSEFEL-JP.

FIGURA N° 2.7

TABLA N° 2.31

PUNTOS $n=1, \dots, 9$	$\theta$ (%)	$D_n$ (mts.)	$I_n$ (cand.)	$E_n$ (lux.)
1	0	5	175	7.00
2	26.56	5.39	154	4.74
3	45.00	6.40	128	2.21
4	51.34	7.07	111	1.38
5	41.98	6.16	133	2.61
6	36.87	5.83	142	3.34
7	51.34	7.07	111	1.38
8	41.98	6.16	133	2.61
9	36.87	5.83	142	3.34

Al igual que en el caso de iluminación de naves, podemos calcular la carga instalada para alumbrado exterior, los resultados son indicados en la tabla Nº 2.32

TABLA Nº 2.32

CARGA INSTALADA EN ALUMBRADO EXTERIOR

AREA	CANTIDAD DE LUMINARIA	CARGA POR LUMINARIA (Kw.)		CARGA INSTALADA. (Kw.)
		LAMPARA	EQUIPO	
Perímetro	26	250	30	7.28
Entradas principales.	18	250	30	5.04
Estacionamiento.	14	250	30	3.92
TOTAL.....				16.24 Kw.

En la tabla Nº 2.33 se indica la carga total instalada en el Complejo, debidamente diferenciada por áreas a fin de hacer un adecuado estudio de planeamiento del sistema a utilizarse en la distribución de energía eléctrica del total de cargas y el análisis de la máxima demanda necesaria.

TABLA Nº 2.33

RESUMEN DE CARGA INSTALADA

DESCRIPCION DEL AREA	CARGAS DE FUERZA FIJAS-NIVEL "0"	CARGAS DE FUERZA FIJAS-NIVEL "15"	CARGAS MOVILES.	CARGAS DE ILUMINACION.	TOTALES	GRAN TOTAL.
	(KW.)	(KW.)	(KW.)	(KW.)	(KW.)	(KW.)
NAVE - 1 TALLER DE MAESTRANZA	588.00	110.00	-----	108.75	806.75	
NAVE - 2 CALDERERIA PESADA	1366.00	180.00	447.00	144.00	2137.00	
NAVE - 3 CALDERERIA LIVIANA	136.00	180.00	773.00	147.00	1236.00	
NAVE - 4 ESTRUCTURAS METALICAS	143.00	240.00	886.00	148.50	1417.50	
NAVE - 5 ESTRUCTURAS METALICAS	213.00	240.00	672.00	148.50	1273.50	
NAVE - 6 ESTRUCTURAS METALICAS	533.00	240.00	602.00	148.50	1523.50	
NAVE - 7 SOLDADURA EN SERIE	463.00	165.00	10.00	115.50	753.50	
EDF.OFS. ADMINISTRATIVAS	-----	-----	-----	102.99	102.99	
EDIFICIO AUXILIAR Nº 1	190.50	-----	-----	97.26	287.26	
EDIFICIO AUXILIAR Nº 2	61.00	-----	-----	136.02	197.02	
ALMACEN DE PLANCHAS EXTERIORES	10.00	55.00	5.00	21.00	91.00	
	-----	-----	-----	16.24	16.24	9842.26

## 2.2 MAXIMA DEMANDA

En el acápite 2.1 se ha determinado la carga total instalada en el Complejo, la cual en condiciones normales de trabajo es muy superior a la máxima demanda real de potencia activa a consumirse, que es la que se solicitará al concesionario eléctrico. Esto ocurre debido a varias razones

- a) En el caso que la carga lo constituyan los motores de las máquinas, la potencia nominal (de placa), por razones de seguridad desde el punto de vista de diseño es generalmente superior a la requerida para mover la máquina en cuestión.
- b) En la industria metal-mecánica, es poco probable que las máquinas que en su mayoría son máquinas herramientas, grúas puente y máquinas de calderería, trabajen al 100% de su capacidad, lo cual implica que la demanda real del o los motores correspondientes, sea menor que la máxima a la cual podrían trabajar.
- c) Además, de lo dicho anteriormente, no se presenta una coincidencia total en la utilización de las diversas máquinas, puesto que durante la ejecución de los diversos trabajos, gran parte del tiempo se utilizará para montar y desmontar las piezas de trabajo o el acondicionamiento de la misma; asimismo, muchas máquinas (máquinas de soldar, grúas puente), están sujetas a un determinado ciclo de trabajo en base al cual, las máquinas deberán descansar un determinado porcentaje de la unidad de tiempo de referencia tomada para cada una de las máquinas.

Todo lo indicado anteriormente, nos obliga a utilizar los criterios involucrados con los factores de simultaneidad y de demanda para grupos de motores y circuitos en general.

De modo que para calcular la máxima demanda del Complejo, sería necesario haber definido ya el sistema de distribución tanto en media, como en baja tensión; lo cual recién se efectuará a partir del acápite 3.2. Sin embargo, conocida la potencia instalada de cada una de las cargas, tanto en fuerza como en alumbrado y tomacorrientes, contando además con factores de demanda y simultaneidad dados en el acápite 2.2.1, es posible hacer una estimación a nivel parcial por etapas y en total.

La máxima demanda de ésta manera nos permitirá hacer una adecuada planificación en lo referente a la distribución de energía dentro de la planta y seleccionar el sistema más conveniente para el Complejo, tal como se indica en el capítulo 3.

#### 2.2.1 FACTORES DE DEMANDA Y SIMULTANEIDAD

Con la finalidad de asignar valores característicos a los factores de demanda y simultaneidad de las diferentes cargas que se tienen en el Complejo Calderero Estructural; éstas serán agrupadas teniendo en cuenta el régimen de trabajo y el comportamiento de las mismas durante los períodos normales de funcionamiento.

#### TIPOS DE CARGAS EXISTENTES

##### HORNOS ELECTRICOS :

Horno de inducción

Estufas

Presecador de materiales

##### MAQUINAS DE SOLDAR POR ARCO

Máquinas de soldar de arco manual

Máquinas de soldar de arco sumergido.

Máquinas de soldar con proceso MIG.

Máquinas de soldar de gas inerte.

Equipos ARC-AIR para Shamfle.

#### EQUIPOS DE PRUEBA Y ENSAYO DE MATERIALES

Equipo de rayos "X"

Detectores por impulsos de ruptura y resistencia de materiales.

Dobladoras de probetas de soldadura.

#### EQUIPOS Y MAQUINAS HERRAMIENTAS PORTATILES

Amoladoras angulares de alta frecuencia.

Taladradoras manuales de alta frecuencia.

#### ILUMINACION

Lámparas fluorescentes y de vapor de mercurio.

#### MAQUINAS HERRAMIENTAS MEDIANAS DE MAESTRANZA

Tornos, fresas, cepillos de codo,

taladros radiales, mortajadoras,

sierras de arco, mandriladoras,

tarrajas, esmeriles de banco, pun

zonadora de presión.

#### GRANDES MAQUINAS HERRAMIENTAS

Cepillos de mesa de gran bancada,

torno de plato horizontal.

#### MAQUINAS DE CALDERERIA :

Roladora de planchas, plegadoras,

rebordeadora, cizalla de planchas,

dobladoras, cortadoras de perfiles,

prensa en general.



MAQUINAS ESPECIALES :

Balanza de camiones.

Máquinas de oxicorte.

MAQUINAS DE FUNCIONAMIENTO SEMI CONTINUO

Generadores de alta frecuencia.

Compresoras estacionarias de tornillo.

MAQUINARIA Y EQUIPO DE TRANSPORTE Y MANIOBRAS

Grúas puente, mesas de trabajo con rodillos de transporte, caballetes giratorios, portales. volteadores, equipos de ajuste.

Tomando como base, valores de factores de simultaneidad y de demanda, dados en bibliografía de instalaciones industriales (ver bibliografía Nº 3), así como medidas tomadas en máquinas similares en el SIMA CALLAO, se ha confeccionado el cuadro indicado en la tabla Nº 2.34.

TABLA Nº 2.34

FACTORES DE SOBREDIMENSIONAMIENTO (K) DEMANDA Y SIMULTANEIDAD

TIPOS DE CARGA	K	FACTORES DE DEMANDA (%)	FACTORES DE SIMULTANEIDAD (%)
Hornos	1	100	80
Máquinas de soldar por arco	1	80	45 para 4 sol dadoras. 30 Para 10 sol dadoras. 40 Para 20 sol dadoras.
Máquinas y equipos de control de calidad (ensayo de materiales)	1	80	80 para 2 e-quipos. 60 Para 5 e-quipos.
Equipos y máquinas herramientas portátiles. (0,5 -- 5 Kws.)	1.10	90	60 para 5 má-quinas. 50 Para 10 má-quinas. 40 Para 20 má-quinas.
Iluminación	1	100	80
Máquinas herramientas medianas de maestranza. (5.5 --- 30.00 Kw.)	1.10	80	80 Para 5 má-quinas. 65 Para 10 má-quinas. 50 Para 20 má-quinas.

Continúa .....

Continuación de la tabla Nº 2.34

Grandes máquinas herramientas (más de 30 Kw.)	1.15	80	90	70	
				Para 2 máquinas. nas.	Para 5 máquinas. nas.
Máquinas de calderería.	1.15	80	80	70	60
			Para 2 máquinas. nas.	Para 5 máquinas. nas.	Para 10 máquinas. nas.
Máquinas especiales	1.10	100	90		
Máquinas de funcionamiento semi-continuo.	1.15	90	100		
Maquinaria y equipo de transporte y maniobras.	1.15	80	60	50	40
			Para 2 máquinas. nas.	Para 4 máquinas. nas.	Para 7 máquinas. nas.

### 2.2.2 METODO DE CALCULO DE LA MAXIMA DEMANDA

Para efectuar el cálculo de la máxima demanda definitiva, es necesario definir primero los términos a utilizar (ver figura Nº 2.8)

#### CARGA CONECTADA ( $q_i$ )

Es el elemento consumidor de energía eléctrica, puede ser un motor individualmente o un grupo de motores (máquinas eléctricas en general), hornos eléctricos, máquinas de soldar, circuitos de iluminación de un área determinada, etc.

#### RAMAL

Es el conductor que suministra energía eléctrica única y exclusivamente a la carga conectada, partiendo para ello desde un sub-centro de carga o centro de carga.

#### SUB CENTRO DE CARGA :

Son los tableros eléctricos a partir de los cuales se suministra energía a un conjunto de cargas conectadas y localizadas en un área determinada.

#### ALIMENTADOR EN BAJA TENSION :

Es el conductor por medio del cual se suministra energía en baja tensión (460 ó 230 voltios) a un sub centro de carga o a un conjunto de cargas del cual se derivan directamente.

#### CENTRO DE CARGA :

Es el punto donde se efectúa la reducción de la tensión, desde el nivel de suministro (13.8 Kv.) hasta el de utilización (460 ó 230 voltios) y desde el cual se suministra energía a los diferentes Sub

Centros de carga o cargas directamente. Generalmente éste se ubica en el centro de carga eléctrica del área a servir, a fin de obtener ventajas técnico-económicas.

ALIMENTADOR EN MEDIA TENSION :

Es el conductor mediante el cual se suministra energía a un Centro de Carga a una tensión superior a la de utilización (13.8 Kv. en nuestro caso).

SUMINISTRO

Es la acometida desde el punto de toma del concesionario hasta el primer centro de carga del Complejo, donde se instalará el equipo de medida de la Empresa Pública de Electricidad.

Definidos los términos a utilizarse, a continuación procedemos a describir el método genérico de cálculo de la máxima demanda de cada una de las partes del sistema.

1. CALCULO DE LA MAXIMA DEMANDA DE UN RAMAL

MAQUINAS ACCIONADAS POR MOTORES

La máxima demanda de un ramal que alimenta a una determinada carga conectada (máquina en general) se calcula mediante la fórmula Nº 2.11

$$MD_{m.n.q} = f_{d_q} \left( \frac{P_{N_q}}{q_i} \right), \dots\dots\dots (2.11)$$

Donde :

$MD_{m.n.q}$  = Máxima demanda del ramal que alimenta a la carga "q", partiendo del sub centro de carga "n" perteneciente al centro de carga "m".

$P_{Nq}$  = Potencia nominal de la carga conectada "q" en Kw.

$K_q$  = Factor de sobredimensionamiento de diseño de las máquinas (ver tabla Nº 2.34).

$fd_q$  = Factor de demanda de la carga "q". (ver tabla Nº 2.34)

CIRCUITOS DE ILUMINACION Y MAQUINAS DE SOLDAR :

En estos casos se utilizará la fórmula Nº 2.12.

$$MD_{m.n.q} = (fd_q) (P_{Nq}) \dots\dots\dots (2.12)$$

donde :

$P_{Nq}$  = Carga total conectada al circuito en Kw.

$fd_q$  = Factor de demanda del circuito.

2. MAXIMA DEMANDA DE UN CENTRO DE CARGA O DE UN SUB CENTRO DE CARGA :

La máxima demanda estará dada por :

$$MD_m = fs_1 ( \sum MD_{m.n.q_1} ) + fs_2 ( \sum MD_{m.n.q_2} ) + fs_i \dots\dots\dots \\ \dots\dots\dots ( \sum MD_{m.n.q_i} ) + P_{Rm} \dots\dots\dots (2.13)$$

Siendo :

$MD_m$  = Máxima demanda del centro de carga o sub centro de carga.

$fs_i$  = Factor de simultaneidad del grupo de cargas "i" conectados al centro o sub centro, según sea el caso.

$\sum MD_{m.n.q_i}$  = Sumatoria de máximas demandas del grupo de cargas "i".

$P_{Rm}$  = Potencia de reserva.

3. CALCULO DE LA MAXIMA DEMANDA DE UN ALIMENTADOR DE BAJA TENSION :

La máxima demanda de un alimentador en baja tensión, es igual a la máxima demanda del sub centro de carga que alimenta.

4. CALCULO DE LA MAXIMA DEMANDA DE UN ALIMENTADOR EN MEDIA TENSION :

La máxima demanda de transporte de energía de un alimentador en media tensión, será igual a la :

- Máxima demanda del centro de carga que alimenta.
- Sumatoria de máximas demandas de los centros de carga que alimente, en caso de tenerse una distribución en derivación (tramo intermedio en la figura 2.8)

5. DETERMINACION DE LA MAXIMA DEMANDA DEL SUMINISTRO

Dada la gran cantidad de máquinas, así como de su variedad a nivel global de la Planta, utilizaremos un factor de simultaneidad general de la misma, estimado en función del número de centros de carga y las características de funcionabilidad de cada una de las áreas de trabajo que éstos alimentan, por lo tanto, la máxima demanda del alimentador estará dado por la fórmula Nº 2.14.

$$MD = f_{s_0} ( \sum MD_m ) + P_{R0} \dots\dots\dots(2.14)$$

Siendo

MD Máxima demanda del suministro.

$fs_o$  = Factor de simultaneidad de la planta.

$P_{Ro}$  = Potencia de reserva a nivel total.

Aplicando el método de cálculo de máxima demanda y utilizando la carga instalada del acápite 2 y los factores de simultaneidad, demanda y sobredimensionamiento de la tabla Nº 2.34, se ha calculado la máxima demanda previa del complejo, con fines de planificación del sistema, la misma que se indica en la tabla Nº 2.35.



TABLA Nº 2.35

RESUMEN DE MAXIMAS DEMANDAS

E T A P A	A R E A S	MAXIMA DEMANDA (KW.)		MAXIMA DEMANDA PARCIAL (KW.)	MAXIMA DEMANDA TOTAL (KW.)
		FUERZA	ILUMINACION TOMACORRIENTES.		
PRIMERA	EDF. AUXILIAR Nº 1				
	NAVE - 1 : Taller Mecánico.				
	NAVE - 2 : Calderería Pesada.	1768.00	320.00	2088.00	
SEGUNDA	NAVE - 3 : Calderería Liviana				
	NAVE - 4 : Estructuras Metálicas.				
	NAVE - 5 : Estructuras Metálicas.				
	Almacén de planchas.	1219.00	407.00	1626.00	
TERCERA	NAVE - 6 : Estructuras Metálicas.				
	NAVE - 7 : Fabricación de vigas.				
	EDIFICIO AUXILIAR Nº 2. EDIFICIO OFICINAS ADMINISTRATIVAS.	967.00	454.00	1421.00	5135.00

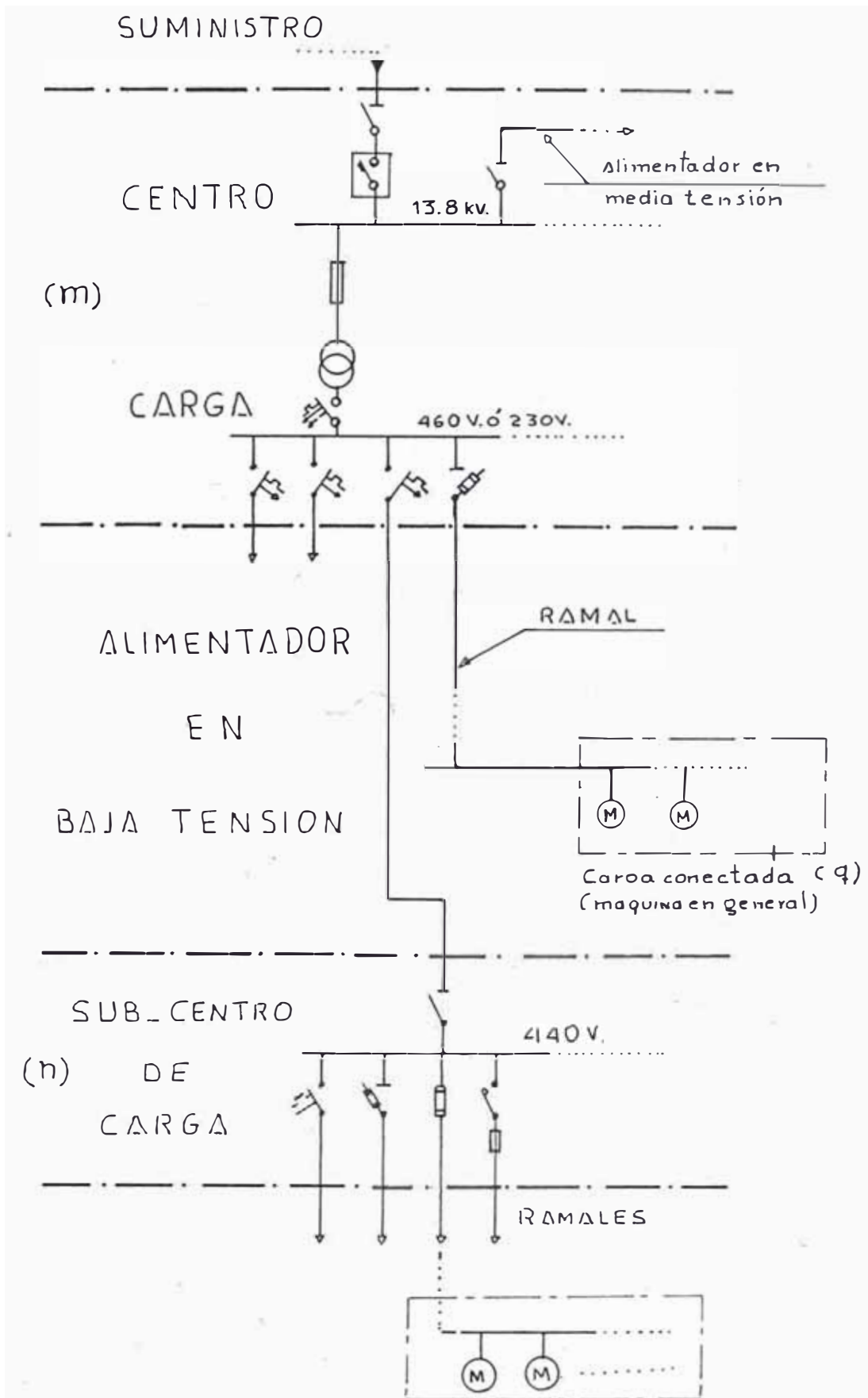


FIG. N° 2.8 : Perfil de distribución de energía

## 2.3 CARGAS ESPECIALES

Se consideran como tales, aquellas máquinas cuyas características de carga y funcionamiento pueden ser influyentes o aún determinantes al diseñar el sistema eléctrico.

Los parámetros a considerar para cuyos efectos son la Potencia Nominal requerida por la máquina y sus condiciones de arranque.

### 2.3.1 POTENCIA NOMINAL REQUERIDA

De acuerdo con estudios económicos que relacionan el nivel de tensión de utilización apropiado con la potencia nominal de los motores, se sugiere lo siguiente

- Para motores menores de 200 H.P. se recomienda una tensión de utilización de 460 voltios.
- Para motores de 200 H.P. a 2000 H.P. se debe de utilizar 2.3 Kv.
- Más de 2000 H.P. directamente a 13.8 Kv.

En el presente caso, a excepción de las compresoras de arenado (5.2), las máquinas están constituidas por uno o más motores que no exceden los 200 H.P., tal como puede verse en el plano N° 02 de esquemas genéricos de las máquinas a utilizarse en el Complejo, por lo tanto, la potencia nominal de las cargas están dentro del rango más adecuado para las tensiones establecidas.

La ubicación de cada una de las máquinas, determinará tal como veremos en el capítulo 3, la localización de las Sub Estaciones de los Centros de Carga, así como el número de las mismas, a fin de minimizar los efectos de caída de tensión en los alimentadores

individuales de cada uno de ellos. Además, dada la magnitud de las potencias nominales de cada una de las máquinas, éstas serán alimentadas individualmente desde la Sub Estación más cercana.

### 2.3.2 CONDICIONES DE ARRANQUE

Dado que la mayoría de máquinas son accionadas por motores de inducción, las corrientes de arranque de cada uno de ellos son limitados por arranques ESTRELLA-TRIANGULO para los de jaula de ardilla y por bancos de resistencia para los de rotor devanado, específicamente grúas puente (ver plano Nº SCH-MM-01/2)

Asimismo, como ya se indicó en el acápite anterior, cada máquina de una potencia de consumo importante (arriba de 60 Kw.) tendrán un alimentador independiente desde la Sub Estación, por lo que los efectos de perturbación de los arranques son minimizados.

De igual manera, las máquinas que tienen más de un motor, llevan elementos discriminadores de arranque, a fin de que éstos sean puestos en marcha secuencialmente uno después del otro. También la totalidad de máquinas a excepción de las grúas puente, no arrancan en condiciones de plena carga, sino aproximadamente al 30% de su valor nominal.

Además de las máquinas accionadas por motores, se tienen máquinas de soldar tipo transformador, distribuídos en todos los talleres, para lo cual se diseñarán circuitos independientes y de uso exclusivo de las mismas, a fin de que sus efectos intermitentes sobre las demás cargas sean minimizados al máximo.

#### 2.4 FACTOR DE POTENCIA

El factor de potencia en el Complejo tenderá a ser bajo por las siguientes razones

1. La mayoría de las cargas eléctricas son motores de inducción.
2. En las industrias Metal Mecánicas, las máquinas se sobredimensionan ligeramente a las exigencias máximas de trabajo, por lo que su factor de demanda siempre es menor que la unidad; asumiendo un caso ideal del 80% de carga de la mayoría de los motores, tendrán un factor de potencia según se indica en la tabla Nº 2.41 (ver gráfico Nº 2.10A).
3. Asimismo, dada la gran diversidad de trabajo en el Complejo, las máquinas en muchos casos estarán funcionando en porcentajes por debajo de su capacidad nominal y por lo tanto, el factor de potencia de sus motores tenderán a ser muy inferior a la unidad, dada las características de comportamiento en éstas máquinas del factor de potencia en función de su carga (ver figura Nº 2.10 A.)
4. Por otro lado, en la Planta se utilizan una gran cantidad de máquinas de soldar con cargas que van del 40 al 100% de su capacidad nominal, lo que ocasiona factores de potencia entre 0.65 y 0.89, principalmente en las máquinas de soldar tipo transformador de arco manual (ver gráfico Nº 2.10B).

Todo esto origina un alto consumo reactivo, el cual es necesario compensar adecuadamente; de modo que al efectuar el diseño de las Sub Estaciones y ya establecido el esquema de principio de cada una de ellas, se darán las recomendaciones del caso para las solu -

ciones posibles.

TABLA Nº 2.41

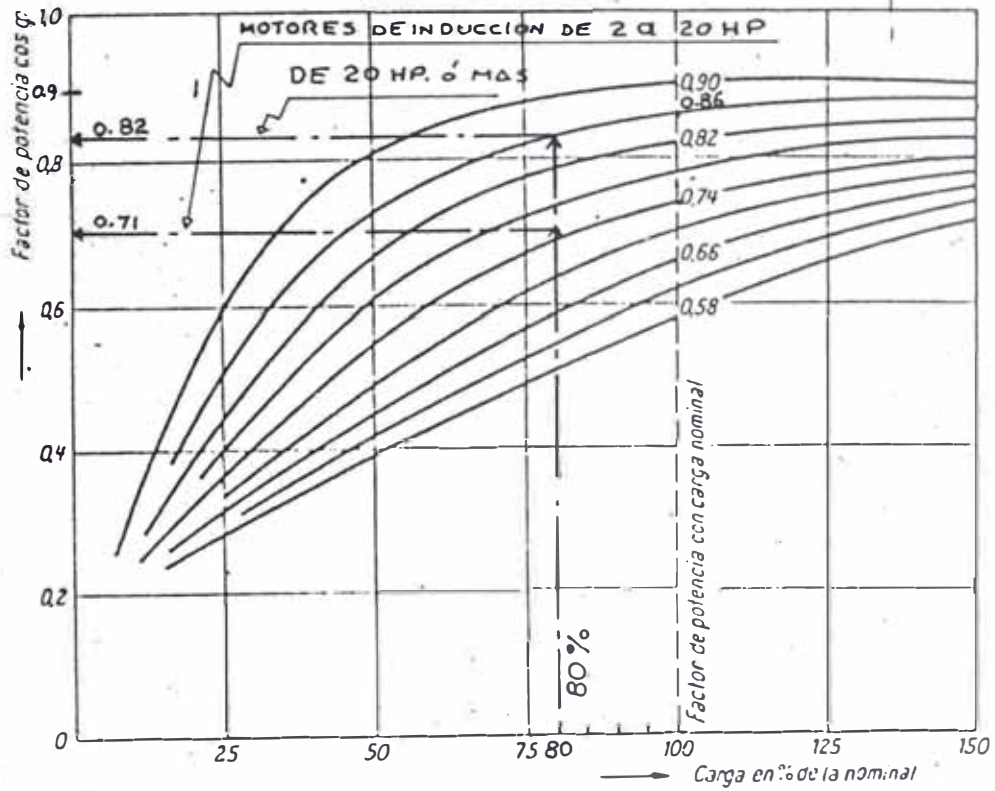
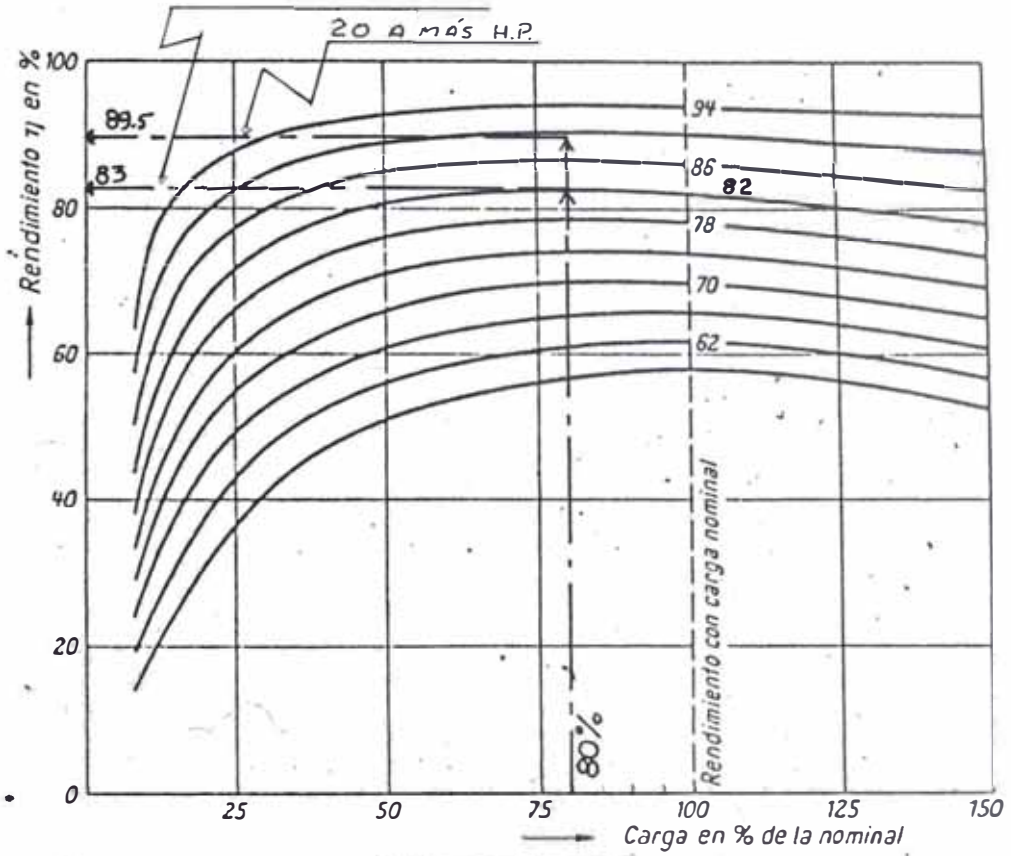
FACTORES DE POTENCIA Y EFICIENCIA TIPICOS

TIPO DE CARGA	A PLENA CARGA		AL 80% DE CARGA	
	COS $\phi$	$\eta$	COS $\phi$	$\eta$
Motores de inducción de 2 a 20 H.P.	0.75	0.82	0.71	0.83
Motores de inducción de más de 20 H.P.	0.86	0.89	0.82	0.895
Máquinas de soldar de arco manual (300 A/400 A).	0.81	0.78	0.78	(1) 759
Máquinas de soldar con proceso "MIG".	0.90	0.80	0.84	0.865
Máquinas de soldar (2) en general.	0.850	0.789	0.830	0.807

(1) Esta es la eficiencia promedio de una máquina de 300 Amp. y otra de 400 Amp.

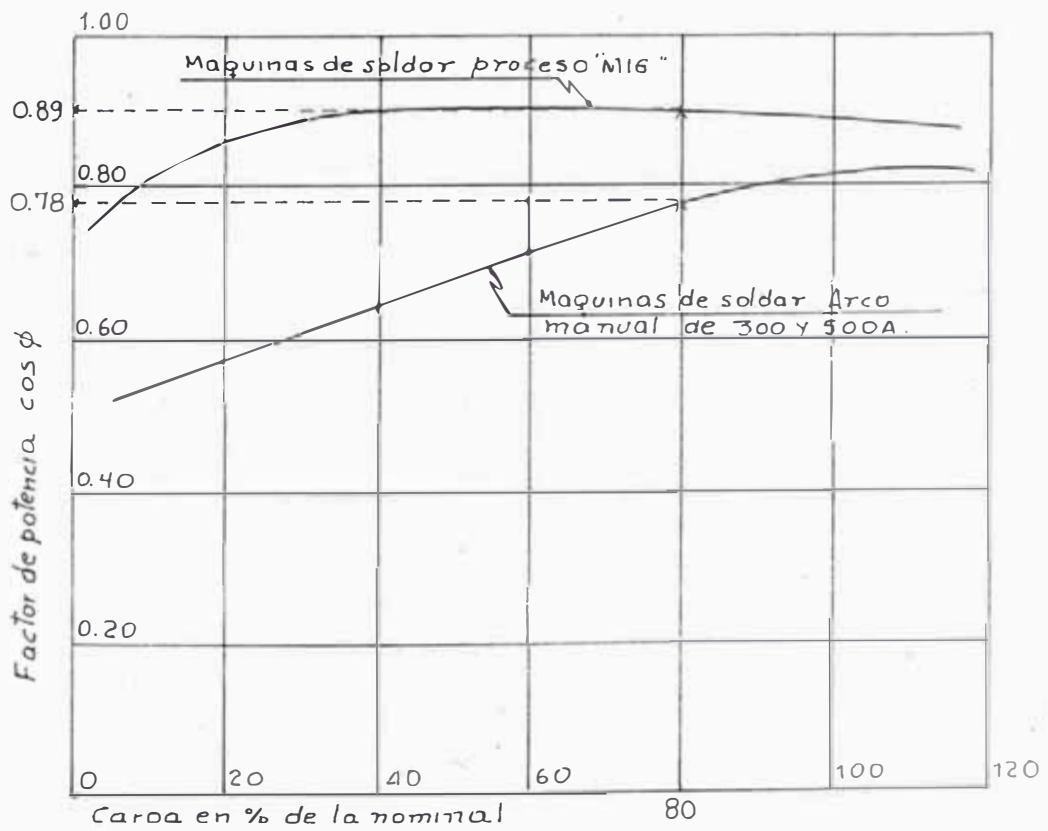
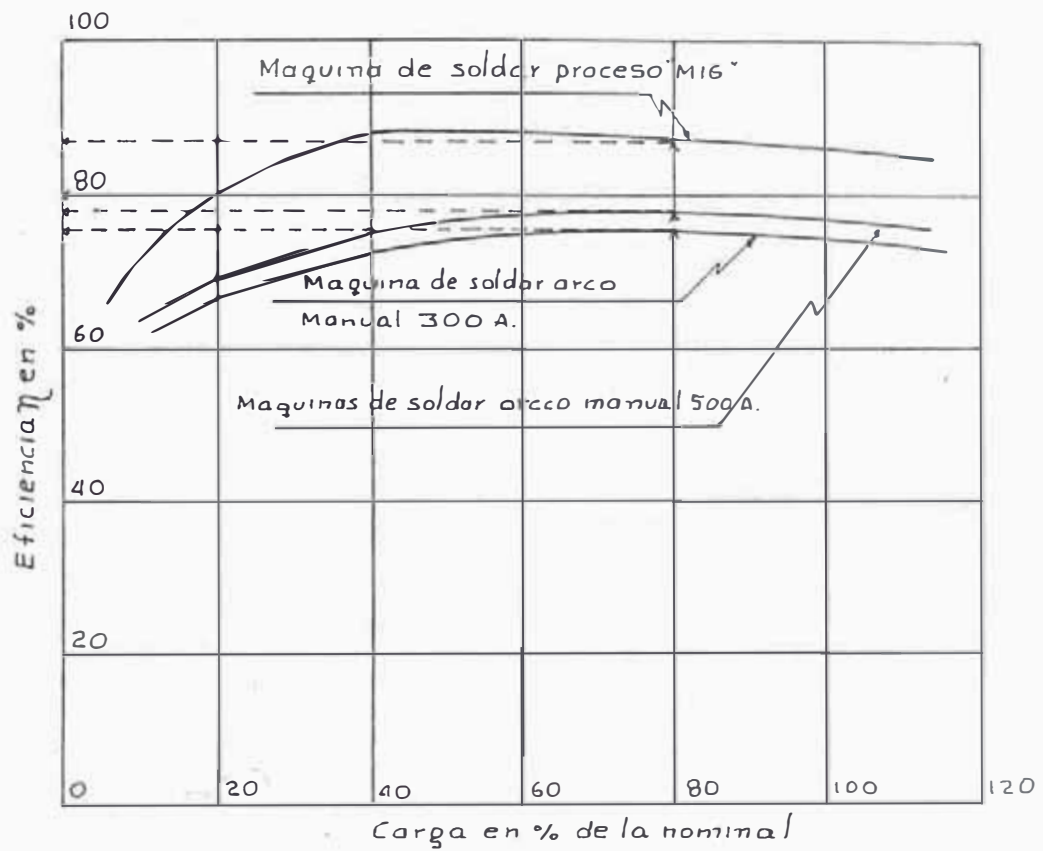
(2) Estos valores se han determinado para el caso más desfavorable, entendiéndose como tal, al valor más bajo de cos  $\phi$

Para motores de inducción de:  
2 a 20 H.P.



GRAF. Nº 2.10A

FACTOR DE POTENCIA Y EFICIENCIA DE LOS MOTORES DE INDUCCIÓN



GRAF. N° 2.10 B :  
Factor de potencia y eficiencia para maquinas de soldar



C A P I T U L O     3

SUMINISTRO Y DISTRIBUCION

DE ENERGIA ELECTRICA

3.1 SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA

3.1.1 SUMINISTRO

La energía eléctrica, en su totalidad, será suministrada por la empresa concesionaria de electricidad de la localidad HIDRANDINA S.A., mediante una línea aérea de 13.8 kilovoltios y 1.5 kilómetros de longitud, la misma que se inicia en el patio de llaves ubicado dentro de las instalaciones de SIDERPERU y que pertenece a HIDRANDINA.

Esta línea actualmente se encuentra instalada y es de uso exclusivo del SIMA Chimbote Metal Mecánica; fue instalada a fin de suministrar energía a las instalaciones provisionales del Complejo al iniciar sus operaciones en el año 1975, tal como se indicó en el capítulo 1.

Características de la línea

Tensión	13.8 Kv.
Tipo	Aérea, sobre postes metálicos.
Conductor	Cobre desnudo, temple duro, .7 hilos.
Calibre del conductor	2 AWG.
Longitud	1.5 Km.
Distribución de conductores	en triángulo.
Capacidad de transporte	5180 KVA a 70° C.

La capacidad de esta línea cubre holgadamente las necesidades de energía del Complejo, tal como puede verse en el punto 2.2 y las características anteriormente indicadas.

### 3.1.2 ACOMETIDA

La acometida se efectuará en forma subterránea hacia los puntos de distribución seleccionados más adelante.

La tensión de acometida será la misma que la de suministro, utilizándose cable del tipo NKY-15 KV, el cual hará su recorrido a través de ductos hasta los respectivos centros de carga. Los detalles son indicados en el plano Nº SCH-MM-02/1 y 02/2 y la totalidad de sus elementos son calculados en el acápite 3.4.2.

### 3.2 SISTEMA DE DISTRIBUCION EN MEDIA TENSION

En general, existen varias formas diferentes de distribuir la energía eléctrica en una planta industrial, las cuales a su vez podrán compararse desde diversos puntos de vista, aunque por lo general la mejor elección será aquella que brinde un buen grado de confiabilidad en el servicio a un mínimo costo.

Además de esto y dada la magnitud del sistema eléctrico por alimentar, así como por tratarse de una planta industrial con un gran volumen de producción, consideraremos la influencia de algunos otros factores, como

- a.- Seguridad : La mejor para el personal y la más conveniente para los materiales, equipos eléctricos y edificios.
- b.- Simplicidad en la operación del sistema eléctrico, especialmente en situaciones de emergencia.

c.- Regulación del voltaje : Es importante mantener una buena regulación en los puntos de servicios para no perjudicar la vida útil y la buena operación de la máquina eléctrica.

d.- Mantenimiento : Un sistema de distribución bien diseñado con sus equipos elegidos apropiadamente, reducirán mantenimientos de emergencia. Además, hay que preveer que el sistema permita un rápido acceso, así como facilidades para labores de inspección y/o reparación.

e.- Flexibilidad : El sistema debe poder adaptarse y permitir una razonable expansión con un mínimo de inversión y con una mínima interrupción del proceso de producción presente.

Luego de presentar estos factores, los cuales definen los criterios de comparación a utilizar, seguidamente establecemos las alternativas posibles para el sistema de distribución primaria en 13.8 KV. Finalmente se elegirá el sistema a emplear.

### 3.2.1 ALTERNATIVAS

Se escogerá entre las siguientes alternativas

- 1.- Sistema radial tradicional, centralizado en una sola Sub-Estación.
- 2.- Sistema radial distribuído en varias Sub-Estaciones modulares ubicados en centros de carga seleccionados e independientemente entre sí.
- 3.- Sistema similar al anterior, pero con la modalidad de selección en el lado secundario.

### 3.2.1.1 SISTEMA RADIAL TRADICIONAL

Este sistema es todavía aplicable bajo ciertas condiciones :

- 1.- Magnitud de la carga : Cuando la carga eléctrica servida a ni vel de Máxima Demanda, no excede los 1500 KVA, resulta por lo general desventajoso económicamente dividir el suministro en varias Sub-Estaciones, a menos que hayan razones de peso que lo justifiquen.
- 2.- Cuando el arreglo del local permite ubicar la única Sub-Estación en el centro de carga eléctrica o lo más cerca a éste; pues, a medida que se aleje de él, podría ser más ventajoso económicamente utilizar dos o más Sub-Estaciones.
- 3.- Area Servida : Cuando las dimensiones del Area de la planta a servir no sean tan grandes que obligue a usar conductores de mayor calibre por dificultades de caída de tensión, dado que ésto encarecería la instalación.

Cuando las condiciones de la carga eléctrica a suministrar son ta les que exceden las limitaciones básicas mencionadas líneas arriba, entonces resulta conveniente la evaluación de otras alternativas.

En el caso del Complejo Calderero, se tiene lo siguiente

- 1.- De acuerdo con la máxima demanda previa estimada en el punto 2.2, la magnitud de la carga total a servir excede por mucho a la limitación de 1500 KVA señalada.
- 2.- Aún, si a pesar de la elevada máxima demanda se quisiera utilizar una sola Sub-Estación centralizada, la ubicación más económica de ésta, sería la dada por el método de centros de carga.

Ante esto, notamos que la gran cantidad de cargas que existe está distribuída en una extensa área, lo cual obliga a encubrirla con los largos alimentadores de grueso calibre para compensar la mayor caída de tensión, aparte de aumentar zanjas, ductos y/o tuberías utilizados para su instalación.

3.- Por otro lado, al concentrar el suministro de energía eléctrica en una sólo Sub-Estación, encarece el equipamiento (barras interruptoras principalmente), dado la mayor potencia de cortocircuito que resulta de dicho arreglo, tal como se indica en la gráfica Nº 3.3. Esto disminuye también la seguridad del sistema eléctrico.

4.- La otra desventaja que surge para esta alternativa, consiste en sus limitaciones para con futuras ampliaciones de carga. Es cierto que se considera una reserva, pero difícilmente puede ser flexible, pues, ésta es cubierta fácilmente en pocos años, obligando después a inversiones mayores (ver gráfico 3.6).

5.- Además de lo anterior, tenemos el aspecto de la continuidad en el servicio, una falla en la Sub-Estación puede llegar a afectar toda el área de producción, lo cual originaría muchas pérdidas y atrasos en los compromisos de la empresa.

6.- Las labores de mantenimiento en la Sub-Estación sería otro aspecto crítico para la producción de la empresa, pues, ésta tendría que detenerse durante el período de mantenimiento a menos que se tomen medidas especiales.

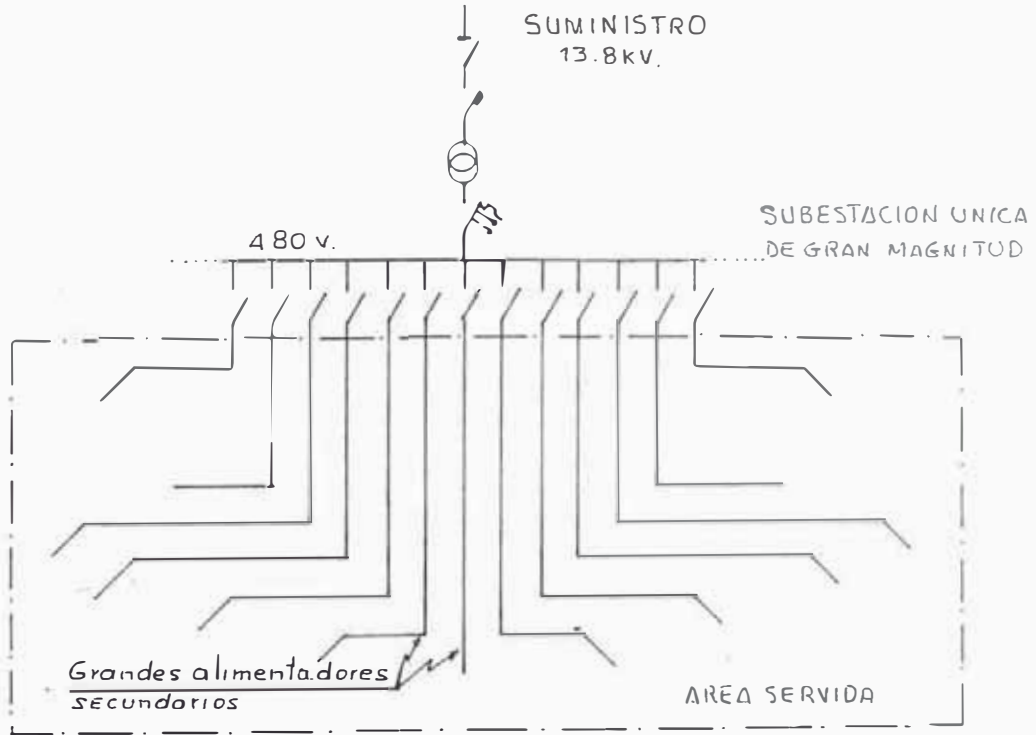


FIG. Nº 3.1 : ALTERNATIVA - 1.

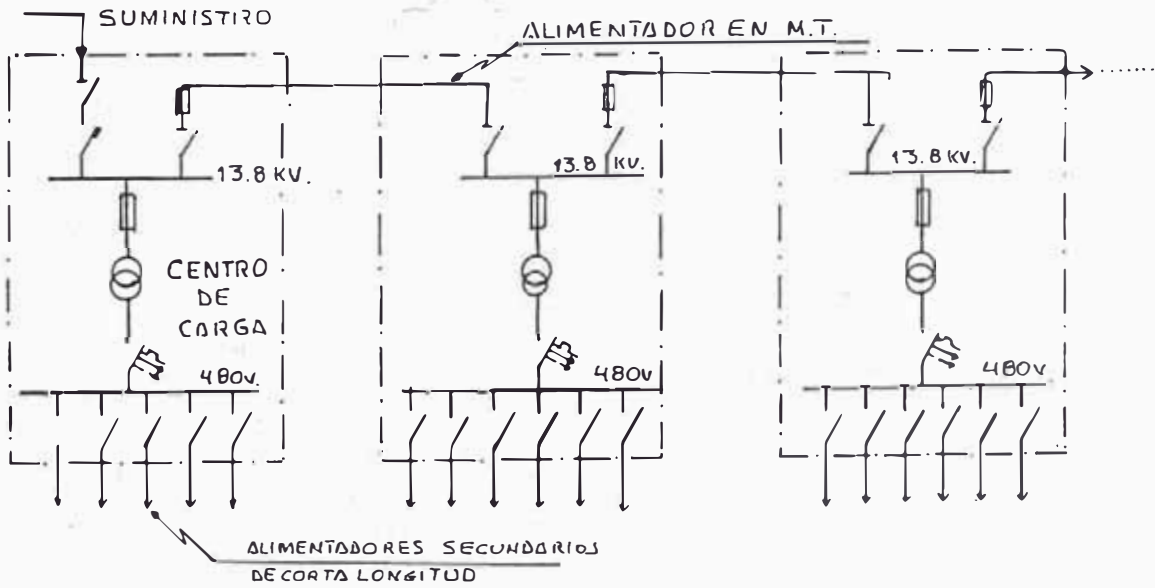


FIG. Nº 3.2 : ALTERNATIVA - 2

### 3.2.1.2 SISTEMA RADIAL DISTRIBUIDO

Este sistema es aplicable y conveniente para la distribución eléctrica en el Complejo Calderero SIMA Chimbote por las siguientes razones

1.- Dada la magnitud de la carga servida y el área involucrada, resulta más económico descentralizar la distribución de la energía eléctrica a nivel de Sub-Estaciones, en armonía con lo observado para la alternativa Nº 1.

2.- Por el hecho de que la implementación integral del Complejo se efectuará en tres etapas bien definidas, tanto en infraestructura así como por áreas y emplazamiento de máquinas; se manifiestan inmediatamente tres agrupaciones básicas de cargas.

Ya que la inversión para las mencionadas etapas pudieran efectuarse en tiempos muy posteriores a lo previsto, es favorable y preferible que cada etapa incluya su propio equipamiento eléctrico y así evitar que exista equipamiento sin utilizar por mucho tiempo con riesgo a deteriorarse.

3.- Al utilizar Sub-Estaciones en varios centros de carga en lugar de uno sólo, se logra reducir los costos de equipamiento a nivel de barras generales en baja tensión, lo cual beneficia especialmente a barras interruptoras dado que la potencia del cortocircuito a la cual pueden verse sometidas es menor (Ver gráfico Nº 3.3)

4.- También se logra una reducción de costos significativa a nivel de cables, pues la energía es transportada mayormente en cables de media tensión de bajo calibre en lugar de una multiplicidad de cables de baja tensión de grueso calibre. Esto, también

reduce las pérdidas en el sistema eléctrico (Ver gráfica Nº 3.5.)

5.- El ubicar las Sub-Estaciones en los respectivos centros de carga, trae ventajas con relación a la regulación del voltaje, pues, se reducen las caídas de tensión al emplearse alimentadores cortos.

6.- Las ventajas con relación al mantenimiento eléctrico de las Sub-Estaciones es evidente.

Es posible programar dicho mantenimiento en varias etapas, de modo que afecte en lo más mínimo el proceso productivo.

7.- Esta alternativa ofrece una mejor continuidad en el servicio ante fallas del sistema eléctrico interno de la planta. Pues, el que haya varias Sub-Estaciones brinda una buena selectividad, de modo que puede quedar desenergizada unicamente la zona afectada con el problema.

8.- Los costos de inversión para futuras ampliaciones de carga son menores con relación a la alternativa Nº 1, pues la capacidad del sistema puede seguir creciendo mediante pequeñas Sub-Estaciones modulares tal como vaya creciendo la carga. De esta manera, el crecimiento del sistema avanza en forma perfectamente coordinada con el aumento de las necesidades eléctricas.

9.- El utilizar Sub-Estaciones de menor capacidad, trae ventajas a dicionales en el equipamiento, como por ejemplo

- Facilidad de adquisición : ya que a éste nivel abundan los equipos standard en el mercado.
- Tiempos de entrega menores, especialmente con relación a los transformadores, los cuales para potencias no muy grandes pueden ser entregados directamente de stock.



- Facilidad y rapidez en el montaje.

### 3.2.1.3 SISTEMA RADIAL DISTRIBUIDO Y CON SELECCION EN EL SECUNDARIO

La idea original en que se basa este sistema, consiste en utilizar dos o más alimentadores primarios, de modo que cada uno dá el suministro eléctrico a varias Sub-Estaciones independientes entre sí.

Para proveer de selección en el secundario se proponen dos modalidades

- Para Sub-Estaciones alejadas entre sí, pertenecientes a alimentadores primarios diferentes, se instala un cable de interconexión entre las barras generales secundarias de ambas Sub-Estaciones mediante interruptores en ambos extremos que permitan su uso cuando sea necesario.

Para transformadores que alimentan a centros de carga adyacentes y que básicamente brindan su servicio en forma independiente, pero que pueden ser ubicados en una misma Sub-Estación, se instala un interruptor de interconexión directamente entre las bases generales de ambos transformadores, de modo que sea conectado cuando uno de los transformadores salga fuera de servicio.

Este sistema permite mantener la continuidad en el suministro eléctrico, cuando salga fuera de servicio algún transformador o su respectivo alimentador primario, sea por falla o por razones de mantenimiento.

El emplear varios alimentadores primarios con su respectivo interruptor de maniobra y protección se justifica mayormente para las siguientes condiciones

- Cuando el sistema requiere de un buen número de Sub-Estaciones de distribución.

- Cuando la probabilidad de falla tanto en el alimentador primario como en el transformador sea grande.

Lo anterior se dá principalmente en usuarios de mayor envergadura como por ejemplo : centros poblados y más aún donde predomina el uso del tendido aéreo para los alimentadores primarios para los cuales es obvia su mayor probabilidad de falla.

En cambio, para los cables subterráneos, ésta probabilidad es bajísima. De acuerdo con algunas estadísticas (1), ésta es aproximadamente 1 falla por milla cada 100 años, o lo que es lo mismo 1 falla por km. cada 160 años.

Por otro lado, en el caso de transformadores con inmersión en aceite, cuyo uso está muy generalizado en nuestro medio, no disponemos de estadísticas pero la experiencia en el campo nos muestra que pasan muchos años antes que se presente alguna falla. Además, debido al mantenimiento periódico requerido por este tipo de transformadores resulta obligado su retiro del servicio.

Por lo tanto, en el presente caso no es necesario preveer varios alimentadores primarios. No obstante, si resulta conveniente hacer algo en el caso de los transformadores.

La solución más económica es sencillamente mantener el uso de la alternativa Nº 2 con todas sus ventajas y añadir cables puente entre Sub-Estaciones cercanas tomadas de dos en dos.

---

(1) Ver Bibliografía Nº 1, Pág. 630

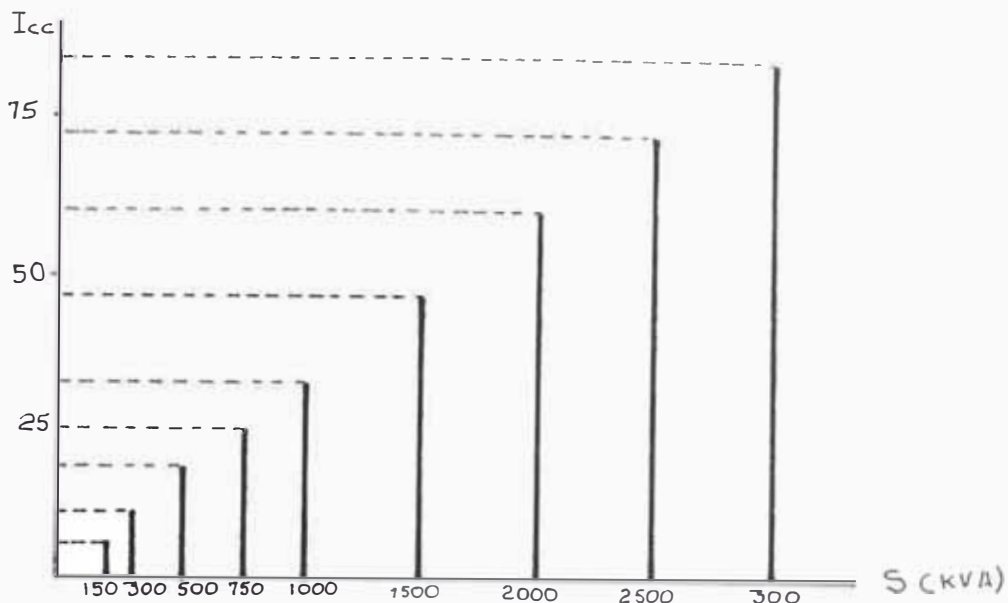


FIGURA N° 3.3 : Influencia de la potencia de los transformadores trifásicos sobre la corriente total de cortocircuito en el secundario (480V.) ( $I_{cc} : 250MVA ; V_{cc} \leq 5.5\%$ )

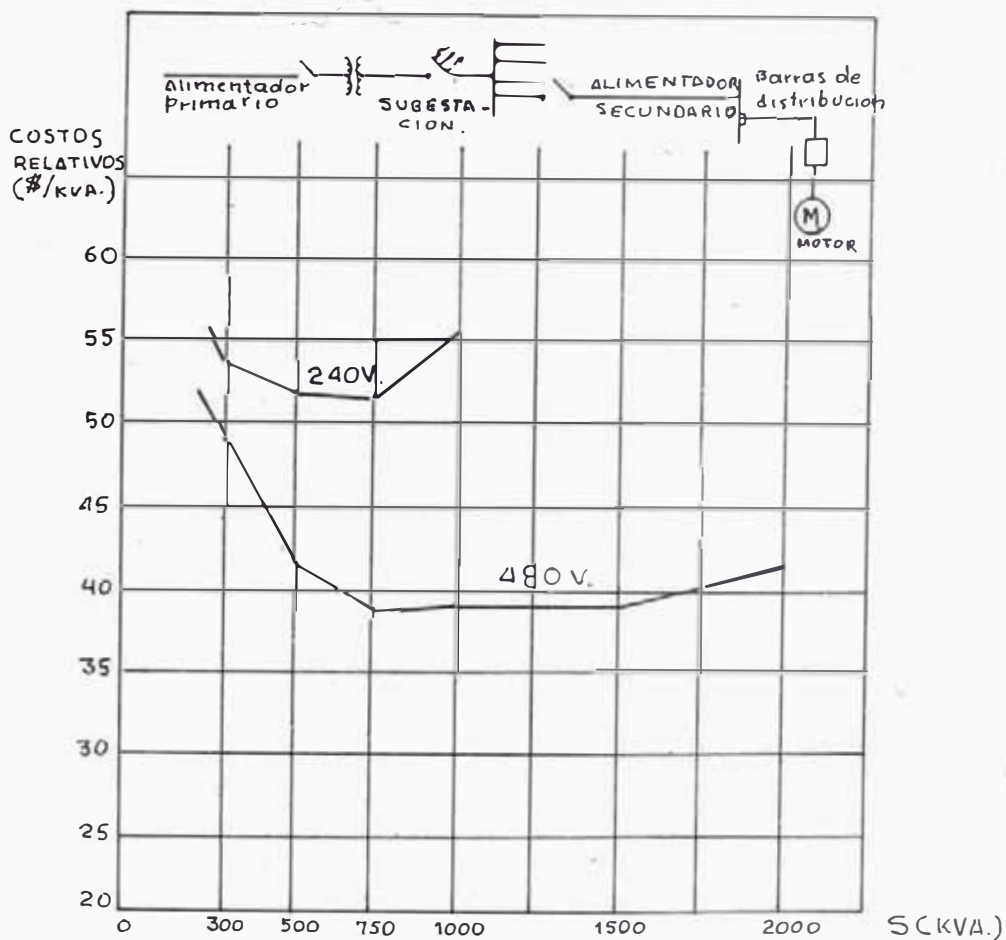


FIGURA N° 3.4 : Costos relativos por kVA de una subestación ubicada en un centro de carga en función de su potencia nominal, para 240V. y 480V.

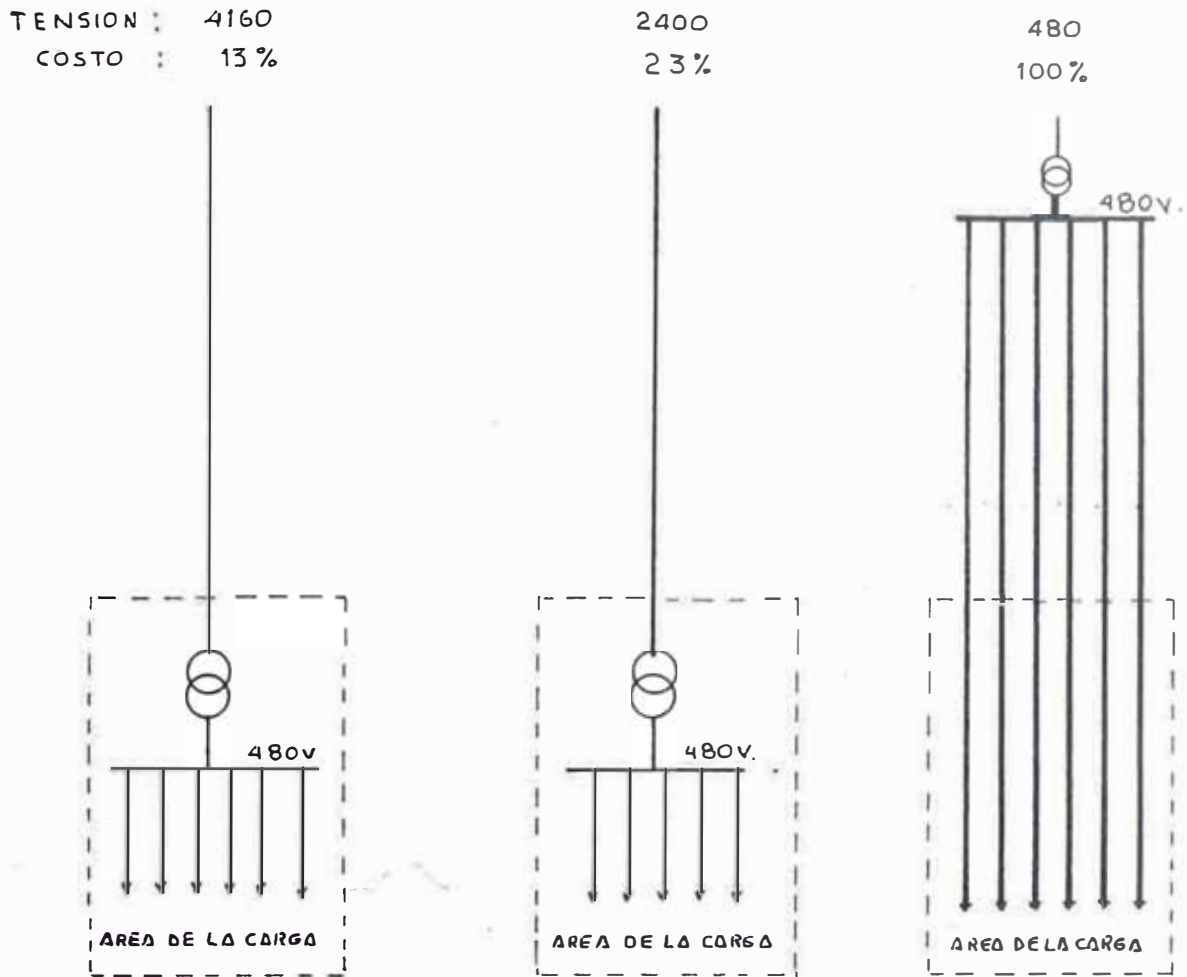


FIG. N° 3.5 : COMPARACION DE COSTOS A DIFENTES TENSIONES DE DISTRIBUCION PRIMARIA.

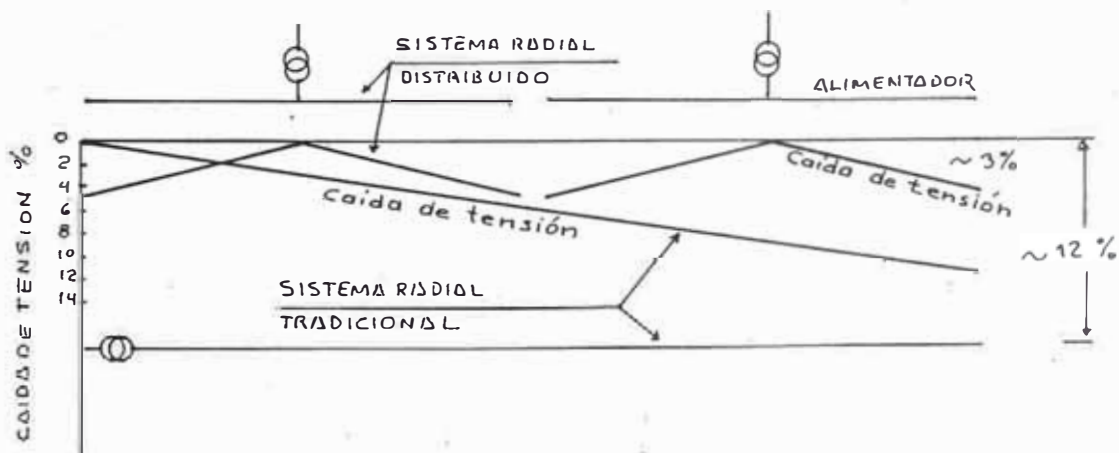


FIG. 3.5 : Comoaración de caídas de tensión entre un sistema Radial Tradicional y otro Distribuido.

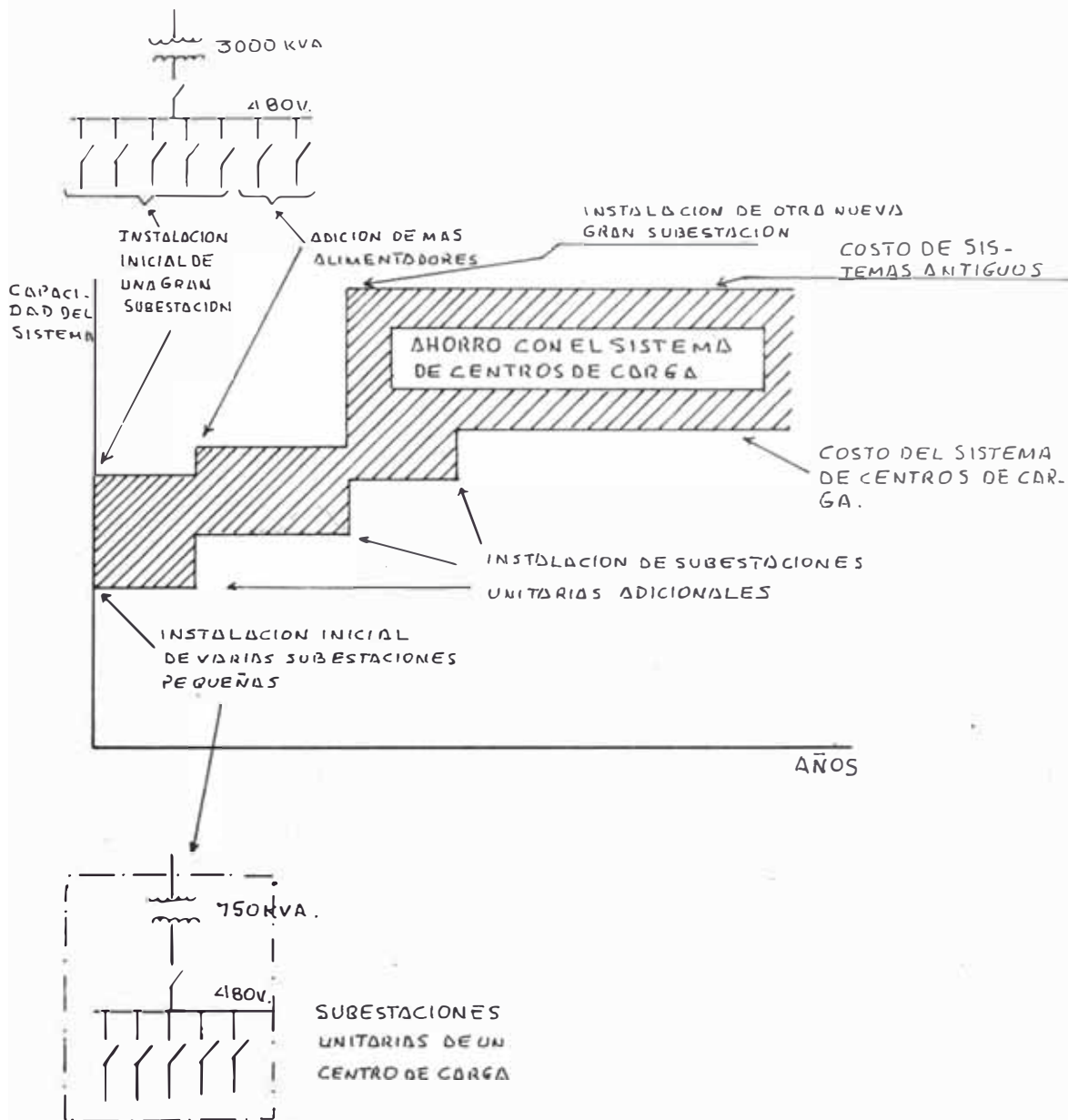


FIGURA N° 3.6 : FLEXIBILIDAD DE EXPANCIÓN DE LA DEMANDA - COMPARATIVAMENTE ENTRE ALTERNATIVA 1 Y 2

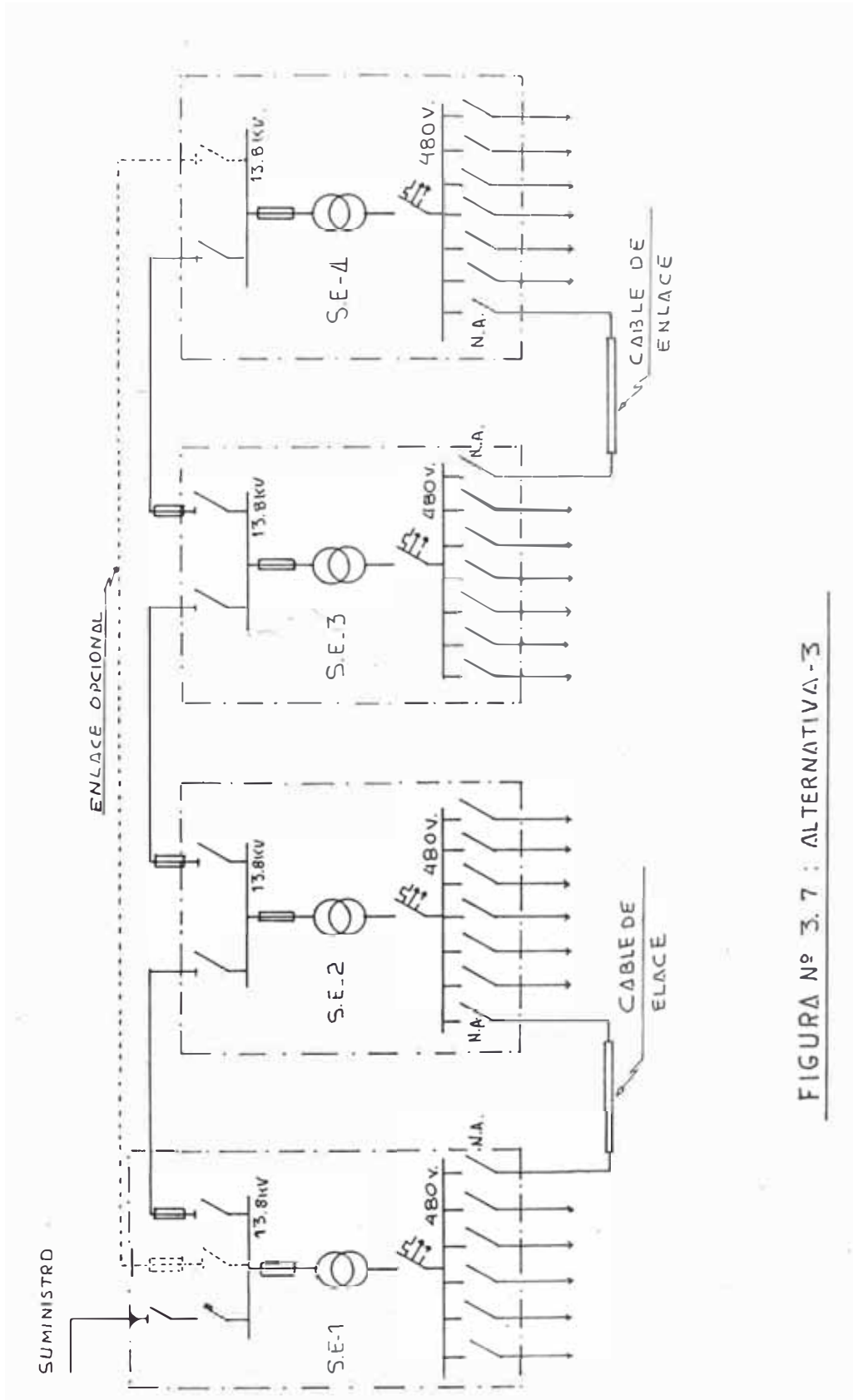


FIGURA Nº 3.7 : ALTERNATIVA-3

Para implementar este sistema, surge el obstáculo de definir el margen de reserva adicional que debe tener cada Sub-Estación para poder asumir la carga de su Sub-Estación pareja.

Para tomar la decisión en este asunto, se evalúa las cargas vitales de cada Sub-Estación, así como la capacidad de sobrecarga temporal factible y se elige el margen más económico.

### 3.2.2 SELECCION DE LA ALTERNATIVA

Luego de analizar las alternativas planteadas y compararlas de acuerdo con los factores señalados al principio del pto. 3.2, la alternativa seleccionada es la Nº 2, con la modificación indicada al final de la alternativa 3 (ver fig. Nº 3.7).

### 3.3 DETERMINACION DEL NUMERO OPTIMO DE SUB-ESTACIONES

Después de haber seleccionado el esquema primario de distribución de la energía eléctrica en el Complejo, los siguientes pasos son

- Establecer la capacidad óptima de KVA por Sub-Estación.
- El número óptimo de Sub-Estaciones, así como su mejor ubicación.

#### 3.3.1 CAPACIDAD OPTIMA DE KVA. POR SUB-ESTACION

En esto tiene gran influencia el factor económico en lo que se refiere a la incidencia sobre los costos totales del sistema.

Hay tres componentes básicos que afectan significativamente los costos totales, éstos son los alimentadores primarios, las Sub-Estaciones o centros de carga y los alimentadores secundarios. Estos factores a su vez influyen entre sí, de maneras contrarias, de modo que el sistema más económico se obtendrá sólo considerando los tres factores a su vez.

Al incrementarse el número de Sub-Estaciones en un área dada, la longitud de los alimentadores requeridos para servir dichas Sub-Estaciones también aumenta; pero en cambio disminuye la longitud de los subsiguientes alimentadores secundarios. Por otro lado, el costo por KVA de una Sub-Estación no es el mismo en todos los casos depende de la magnitud de la Sub-Estación.

Si se combinan dichos factores en las proporciones apropiadas para una planta industrial típica, el resultado es el que se muestra en la Fig. Nº 3.4. Esta curva nos informa acerca de la relación que existe entre el costo por KVA de dicha Sub-Estación, para las tensiones secundarias de 240 y 480 voltios.

En ella observamos que

a) Para 240V el rango de potencia más económico es de 300 a 750 KVA, estando el mínimo en 750 KVA.

b) Para 480V dicho rango está entre 750 y 1500 KVA, con el mínimo también en 750 KVA. Finalmente, tendremos en cuenta que al aumentar la potencia de los transformadores utilizados, aumentará también la potencia de cortocircuito exigida para los elementos secundarios de la Sub-Estación, lo cual aumentaría los costos.

Por lo tanto, utilizaremos los rangos más bajos posibles al definir la potencia de los transformadores y/o Sub-Estaciones.

### 3.3.2 NUMERO OPTIMO DE SUB-ESTACIONES

Para definir este número, además de lo expuesto en el punto anterior 3.3.1; seguiremos los siguientes criterios



a. La implementación por etapas de todo el Complejo Calderero define básicamente tres grupos de cargas eléctricas y por consiguiente un mínimo de tres Sub-Estaciones de distribución.

b. De acuerdo con la máxima demanda para cada etapa notamos lo siguiente

- La 1ra. etapa excede el máximo económico de 1500 KVA, señalado líneas arriba, por lo cual resulta mejor utilizar dos Sub-Estaciones o por lo menos dos transformadores en la misma Sub-Estación, pero con barras secundarias independientes.

- Las dos etapas siguientes están dentro del rango económico de 750 a 1500 KVA, por lo que es suficiente una Sub-Estación para cada una de éstas etapas.

Por consiguiente, el número óptimo de Sub-Estaciones es de 4 dos para la primera etapa, una para la segunda y otra para la tercera.

### 3.3.3 UBICACION DE LAS SUB-ESTACIONES

La mejor ubicación tanto en sentido técnico como en económico, es la hallada mediante el método de cálculo de los centros de carga para el cual se sigue el siguiente procedimiento :

1. Se establecen coordenadas rectangulares para todo el área horizontal del Complejo.
2. Se hace un listado de todas las cargas eléctricas considerando: código-máquinas, potencia instalada (KW) y sus respectivas coordenadas rectangulares.

3. Se eligen como ejes de coordenadas referenciales dos lados perpendiculares del área del Complejo, nominándolos al eje horizontal como X y al vertical como Y, respectivamente.

4. Para cada carga se calculan los momentos con respecto al eje X y con respecto al eje Y

$$M_i^X = P_i Y_i \quad (Kw-m)$$

$$M_i^Y = P_i X_i \quad (Kw-m)$$

Donde

$M_i^X$  = Momento de la carga i-ésima con respecto al eje X.

$M_i^Y$  = Momento de la carga i-ésima con respecto al eje Y.

$P_i$  = Potencia nominal (de placa) de la carga i-ésima, Kw.

$x_i$  = Abcisa de la ubicación de la carga i-ésima mts.

$y_i$  = Ordenada de la ubicación de la carga i-ésima mts.

5. Teniendo en cuenta que la potencia total ( $P_R$ ) a ubicar en el centro de carga debe originar el mismo momento que la sumatoria de los momentos individuales de cada carga; podemos establecer que las coordenadas de posición de cada Sub-Estación o centro de carga estarán definidas por

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n M_i^Y}{P_R}$$

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n M_i^X}{P_R}$$

Siendo  $P_R = P_1 + P_2 + \dots + P_n$

Los resultados de cálculo de cada centro de carga son los que se indican en el siguiente cuadro

CENTRO DE CARGA O S.E.	COORDENADAS TEORICAS		COORDENADAS ASUMIDAS	
	X	Y	X	Y
S.E. - 1	182	184	185	190
S.E. - 2	105	185	110	190
S.E. - 3	123	102	135	100
S.E. - 4	125	37	135	40

Los valores son dados con referencia a los ejes X = 0 mts., Y = A (cero metros en este eje) del plano de equipamiento general SCH-MM-01/1).

### 3.4 SISTEMA DE DISTRIBUCION EN BAJA TENSION

Definido el Sistema de Distribución a nivel de media tensión, es decir en 13.8 Kv., el cual considera Sub-Estaciones en sus respectivos centros de carga; procederemos a diseñar el Sistema de Distribución Secundario, determinando en el presente acápite las barras y conductores utilizados para llevar la energía desde las Sub-Estaciones a las diferentes cargas del Complejo.

A partir de las Sub-Estaciones, la energía será distribuída mediante conductores alimentadores y barras colectoras de cobre en línea según sea el caso. Los conductores irán instalados en la parte superior de las vigas longitudinales de amarre de las naves (detalle 1 y 2, plano Nº SCH-MM-03/1) sujetos mediante abrazaderas que mantendrán una separación igual al diámetro de los mismos, a fin de cumplir con lo indicado en el CODIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD (C.N.E.).

y poder utilizar los factores de corrección indicados en sus respectivas tablas a las que frecuentemente haremos mención. En cambio las barras colectoras estarán ubicadas en la parte inferior de dichas vigas, con la debida protección, los detalles de las mismas se indican en Fig. 3.17, acápite 3.8.3.4.

#### 3.4.1 ALIMENTADORES EN BAJA TENSION

Se dispondrán de tres tipos de alimentadores

- a) ALIMENTADORES SIMPLES : Destinados al suministro directo y de una sola carga eléctrica, principalmente a máquinas de gran tamaño y en algunos casos a máquinas medianas que se encuentren muy separadas de las demás.
- b) ALIMENTADORES MULTIPLES : Previstos para alimentar en forma escalonada a un conjunto de máquinas o cargas que se hallan no muy distanciados entre sí y emplazadas normalmente a lo largo de una misma dirección o trayectoria elegida. Estos alimentadores pueden tener o no el mismo calibre en toda su longitud.
- c) ALIMENTADORES DE TABLEROS O SUB-TABLEROS DE DISTRIBUCION : Encargados del suministro de energía a un conjunto de cargas, preferiblemente cercanas entre sí, o de un conjunto de circuitos en general que necesiten ser controlados desde un lugar específico. En este caso, la distribución eléctrica se efectuará por medio de un tablero de distribución con todos sus elementos de control y protección que se requieran. A partir de los tableros o Sub - Tableros de distribución, se emplearán los ramales que en forma

similar a los alimentadores simples, se encargarán de atender directamente a cada una de las cargas eléctricas.

Con estos lineamientos se procede a elaborar el esquema de principio en baja tensión, así como a calcular la máxima demanda de cada uno de los alimentadores y Sub-Estaciones, empleando para ello, el método de cálculo detallado en el acápite 2.2.2 del presente proyecto. Los resultados se indican en las tablas Nº 3.3 a la Nº 3.11.

### 3.4.2 BARRAS COLECTORAS LINEALES

Para los casos en los cuales las cargas estén regularmente distribuidas en una determinada área y por lo general a lo largo de una misma dirección, se utilizarán barras colectoras con distribución lineal, debido a que ofrecen mayores ventajas, tales como

- Menor caída de tensión al transportar grandes corrientes.
  - Facilidad de derivaciones de los puntos más cercanos a las cargas y con conductores relativamente cortos.
  - Menor congestión de cables a la salida de las Sub-Estaciones.
- Mayor facilidad para desplazamiento de cargas, con el mínimo de alteración del sistema de distribución.

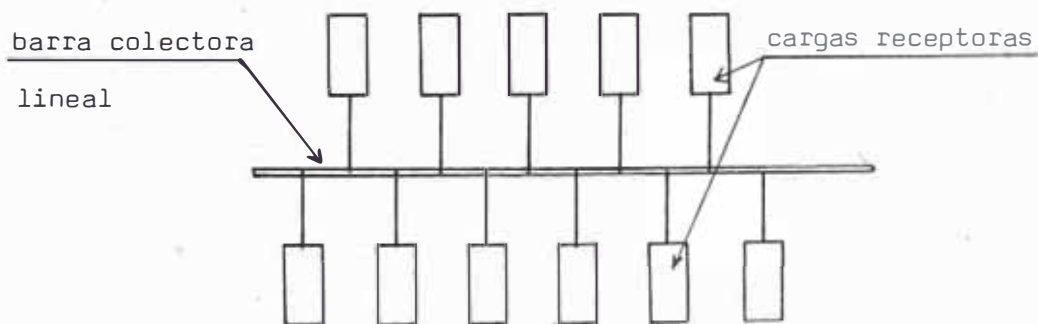


figura Nº 3.8

Distribución lineal de barras colectoras.

### 3.4.3 PERFIL DE TENSIONES DEL SISTEMA

A fin de poder establecer el perfil de tensiones del sistema secundario del Complejo, es necesario definir ciertos conceptos básicos

#### 3.4.3.1 CAIDA DE TENSION

La caída de tensión en un sistema de distribución en un determinado instante, es la diferencia de tensiones entre los voltajes de la fuente y los puntos de utilización de los alimentadores, ramales y transformadores del sistema, debido al flujo de la corriente de carga a través de ellos.

La caída de tensión máxima permisible en cada uno de los componentes de un sistema eléctrico está normado por códigos específicos, a fin de brindar un adecuado servicio a los usuarios. Tal es el caso del presente proyecto que de acuerdo a lo indicado en el CODIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD (artículo 3.2.3 tomo V parte 1) la caída máxima en alimentadores y circuitos derivados hasta el punto de utilización, no excederá del 4%.

Asimismo, como ya lo indicamos anteriormente, el flujo de las corrientes de carga también origina una caída de tensión en los alimentadores primarios de media tensión y en los transformadores que se ven reflejados en los circuitos secundarios, que para el presente proyecto y de acuerdo a la información dada en la bibliografía indicada en la parte inferior, asumimos

Caída de tensión debido a los	
alimentadores primarios	5%

Ver Bibliografía Nº 1, página 219

Caída de tensión en transformadores 3.5%

#### 3.4.3.2 VARIACIONES DE TENSION

Se define como tal a la diferencia entre el máximo y mínimo valor de la tensión que aparece en un determinado punto del sistema bajo condiciones normales de operación. Esta variación es función de la caída de tensión definida en el acápite anterior y de las características propias de la planta.

#### 3.4.3.3 REGULACION DE LA TENSION

Es la caída de tensión relativa de vacío a la tensión de plena carga.

La importancia que tiene la regulación de la tensión, no solamente en el presente proyecto, sino por lo general en todo sistema de distribución de energía eléctrica es fundamental, puesto que de ello depende el funcionamiento y conservación de los equipos utilizadores conectados a la red. Por lo tanto, ésta regulación deberá de contemplar la variación de la tensión en los puntos de utilización dentro de ciertos límites, analizándose el efecto en cada una de las cargas servidas, sin que ello afecte seriamente su comportamiento. En el presente proyecto, tal como lo indicáramos oportunamente, se disponen preferentemente de dos tipos de carga sobre los cuales analizaremos el efecto de la variación de la tensión.

a) MOTORES DE INDUCCION : En la gran mayoría de motores de inducción, las variaciones de tensión del orden del más menos 10% no afectan seriamente al comportamiento de los mismos, por lo

que para efectos de poder establecer nuestro perfil de tensiones, asumiremos ésta variación.

La tabla Nº 3.12 indica las variaciones de las características de los motores bajo las condiciones anteriormente indicadas (según bibliografía Nº 01, página Nº 206).

b) LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO Y FLUORESCENTES En estos casos con pequeñas variaciones de la tensión, no se alteran notablemente las características de éstas lámparas, tal como se puede apreciar en la figura Nº 3.9, por lo tanto, para poder establecer el perfil de tensiones en 220 voltios, asumiremos una variación máxima tolerable del orden del más menos 6.7% (ver bibliografía Nº 1, página Nº 210).

Además, con la finalidad de obtener una buena regulación de tensión en el presente proyecto, se ha incidido sobre los factores que afectan a ésta de la manera que se indica a continuación:

a) RESISTENCIA DE LOS CONDUCTORES : Al escoger el sistema de distribución de energía por el método de los centros de carga; la longitud de los conductores que alimentan las diferentes cargas se han reducido al mínimo, reduciendo con ello la resistencia de los conductores secundarios entre la fuente (Sub-Estación en este caso) y las cargas.

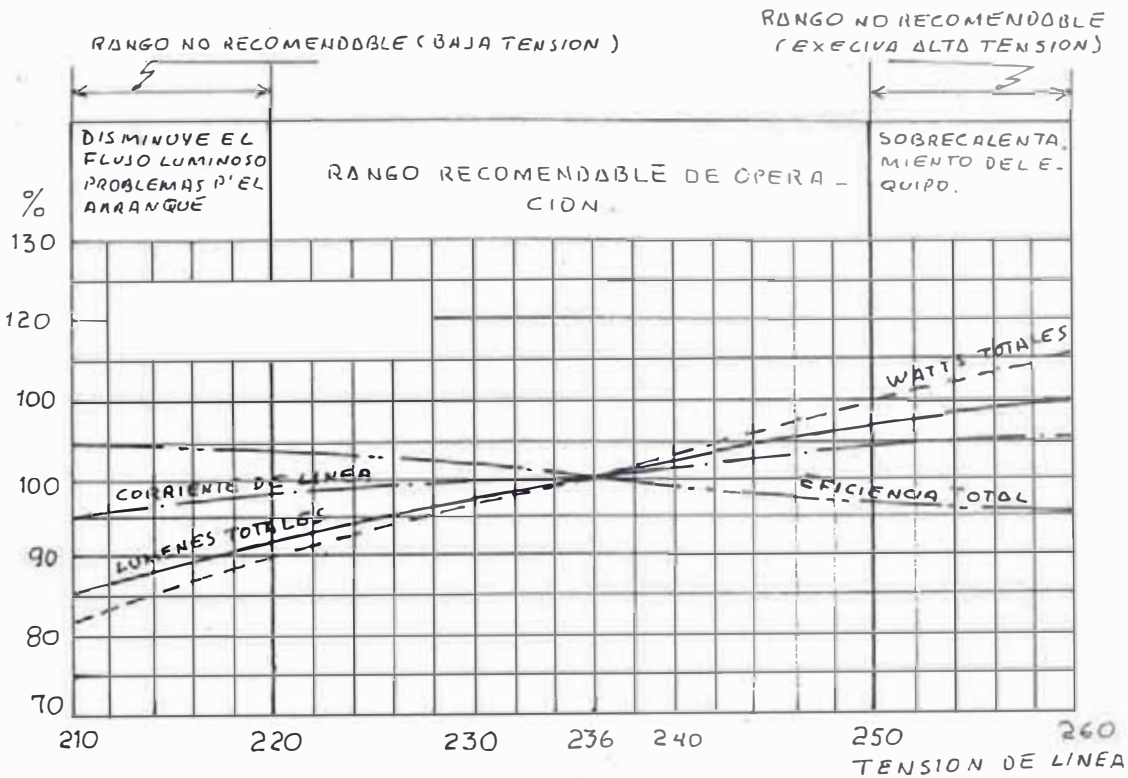
b) REACTANCIA INDUCTIVA : Con la finalidad de disminuir al mínimo la reactancia de los conductores, en su mayoría se ha optado por utilizar cables tipo NYY múltiples (trifásicos).



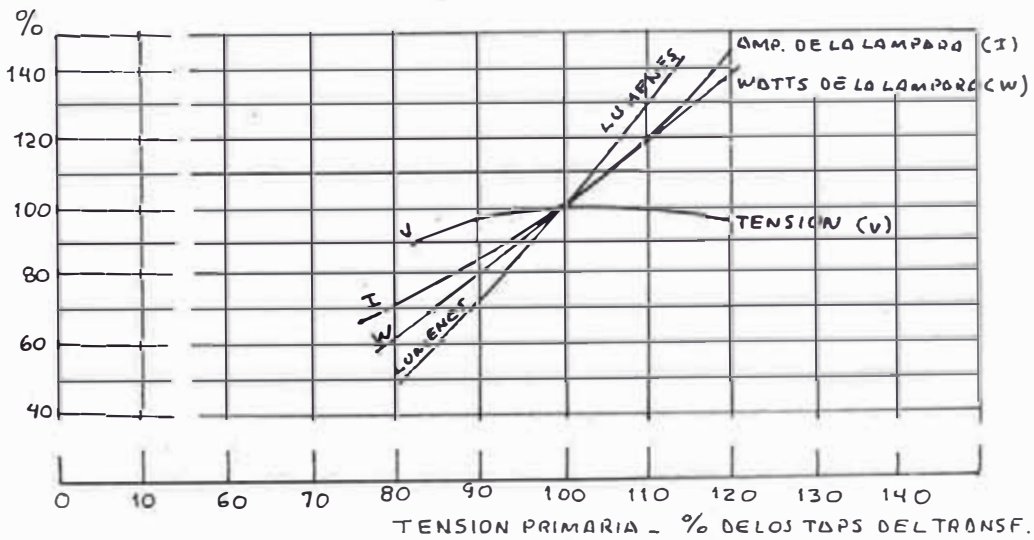
TABLA Nº 3.12

EFFECTOS GENERALES DE LA VARIACION DE LA TENSION EN LAS CARACTERISTICAS DE LOS MOTORES DE INDUCCION.

CARACTERISTICAS	VARIACION DE LA TENSION		
	-10%	RELACION CON LA TENSION.	+10%
Torque de arranque y máximo de trabajo.	decrece 19%	$V^2$	aumenta 21%
Velocidad sincrónica	no cambia	const.	no cambia
Deslizamiento	Aumenta 23%	$V^2$	decrece 17%
Velocidad a plena carga	decrece $1\frac{1}{2}\%$	.....	aumenta 1%
Eficiencia			
A plena carga	decrece 2 puntos	.....	pequeño incremento.
1/2 de carga	aumenta de 1 a 2 puntos.	.....	decrece de 1 a 2 puntos.
3/4 de carga	no cambia	.....	no cambia
Factor de potencia			
A plena carga	aumenta 1 punto	.....	decrece 3 puntos.
3/4 de carga	aumenta de 2 a 3 puntos.	.....	decrece 4 puntos.
1/2 de carga	aumenta de 4 a 5 puntos	.....	decrece de 5 a 6 puntos.
Corriente a plena carga	aumenta 11%	.....	decrece 7%
Corriente de arranque	decrece 12%	.....	aumenta 10 a 12%
Incremento de temperatura a plena carga.	aumenta de 6 a 7%	.....	decrece de 1 a 2%



CARACTERISTICAS DE LAMPARAS FLUORESCENTES EN FUNCION DE LA TENSION APLICADA AL REACTOR.



CARACTERISTICAS DE LAMPARAS DE MERCURIO TIPO H-400 WATTS.

FIG. 3.9.

c) TENSION NOMINAL DEL SISTEMA : La distribución de energía en el sistema secundario para el caso del circuito de fuerza, se efectúa a una tensión de 440 voltios nominales, debido sobre todo a las características de fabricación de las máquinas del Complejo Calderero y ésto consecuentemente contribuye a una mejor regulación de la tensión.

#### 3.4.3.4 PARAMETROS PRELIMINARES

El perfil de tensiones del sistema a emplear en el Complejo, se basa en algunos parámetros pre-establecidos, los mismos que son función de las características propias de la planta y del suministro o generación de energía , tales como

a) TENSION PRIMARIA DEL SUMINISTRO AL COMPLEJO Tal como se mencionó en el acápite 3.1.1, el suministro tendrá un valor nominal de

$$V_{n.p.} = 13.8 \text{ Kv} \pm 5\%$$

b) TENSIONES SECUNDARIAS : Considerando la información técnica indicada en el acápite 3.4.3.3 y lo indicado en éste, referente a la influencia de la variación de tensión aplicada sobre motores de inducción, así como los artefactos de iluminación, establecemos

TENSION NOMINAL DE LAS CARGAS A SERVIR : definido como tal a la tensión nominal de funcionamiento de las diferentes cargas o máquinas del Complejo, distinguiéndose dos niveles

FUERZA :

$$V_n = 440 \text{ voltios}$$

ILUMINACION :

$$V_n = 220 \text{ voltios}$$

TENSION DE SERVICIO : Es la tensión disponible en los bornes del secundario de los transformadores y por lo tanto, en las barras de los tableros generales :

FUERZA :

$$V_s = 480 \text{ voltios, en condiciones de carga en vacío.}$$

ILUMINACION :

$$V_s = 240 \text{ voltios, en condiciones de carga en vacío.}$$

Con toda la información indicada anteriormente, establecemos el perfil de tensiones de distribución secundaria que se indica en la figura Nº 3.10, de donde se deduce lo siguiente :

TENSION DE UTILIZACION : Que es la tensión mínima existente en los puntos donde son conectadas las diferentes máquinas y equipos, bajo condiciones normales de operación a plena carga :

FUERZA :

$$V_u = 420 \text{ voltios}$$

ILUMINACION :

$$V_u = 210 \text{ voltios}$$

VARIACIONES DE TENSION :

FUERZA :

$$V_{\text{máx.}} = 480 \text{ voltios (en vacío y en bornes secundarios del transformador)}$$

$$V_{\text{mín.}} = 420 \text{ voltios (a plena carga y en los puntos de utilización en condiciones}$$

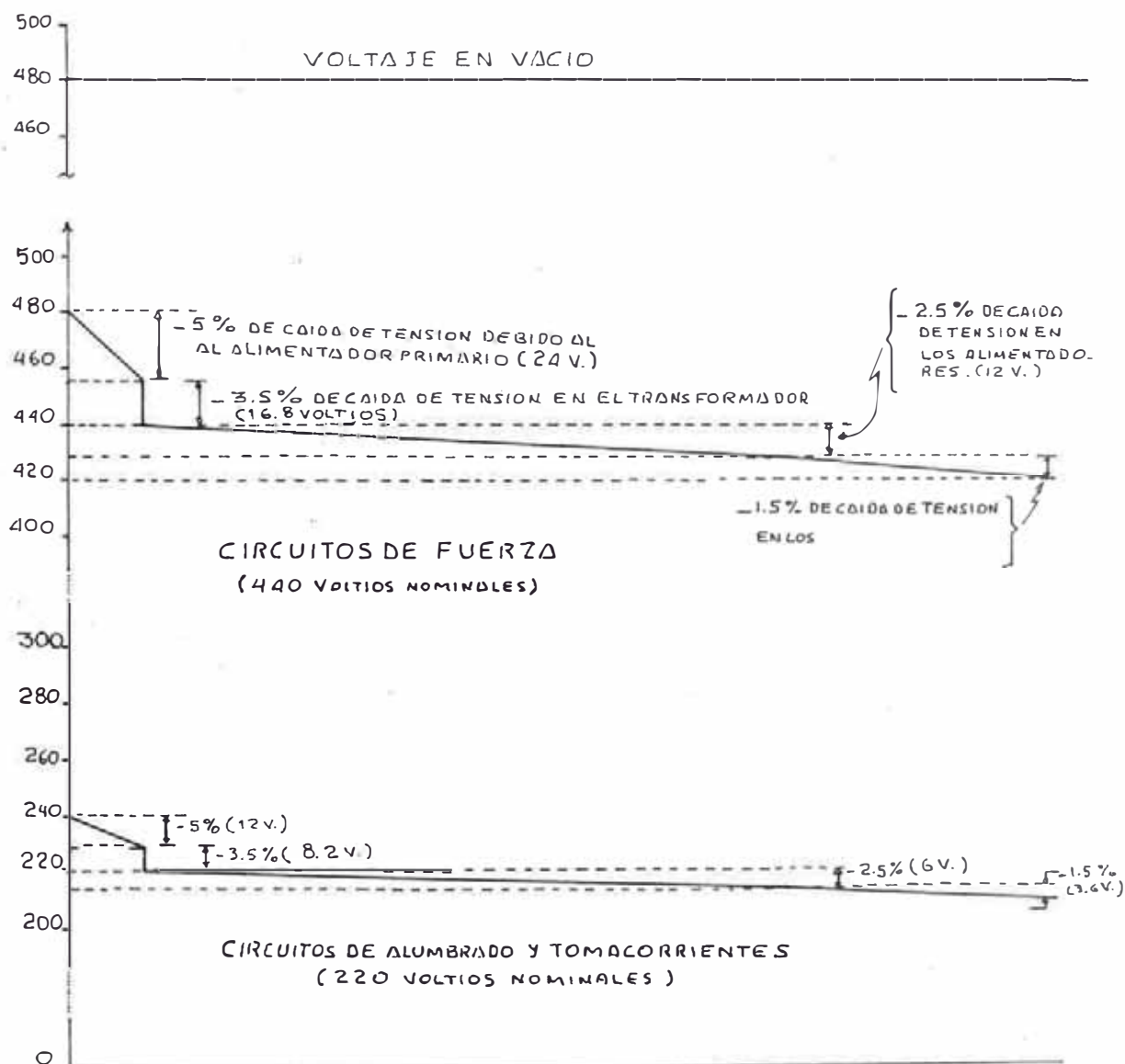
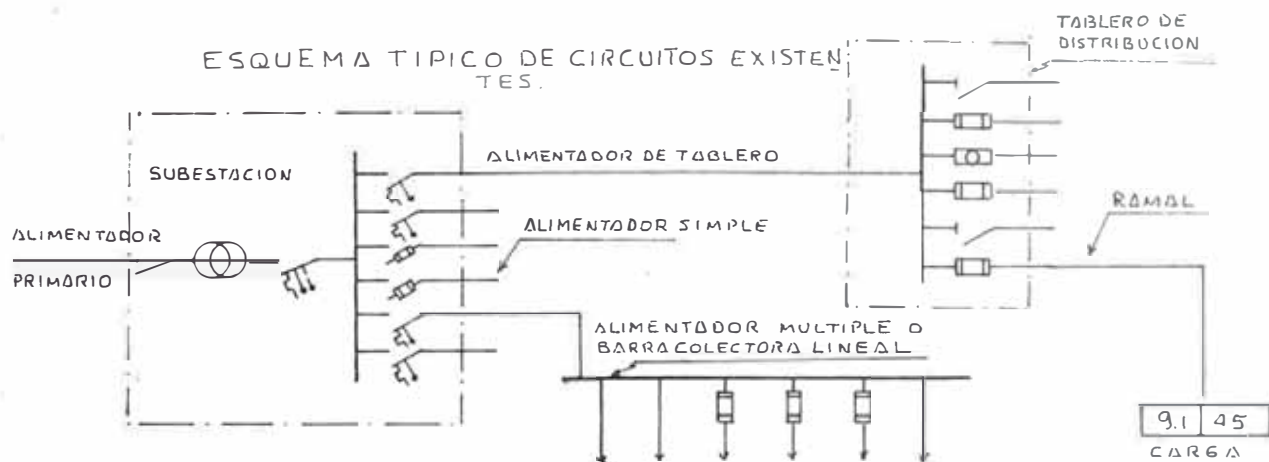


FIGURA N° 3.10 PERFILES TÍPICOS DE TENSION 440 V. Y 220 V. NOMINALES.

normales de operación).

Variación de tensión : 60 voltios (12%)

Asimismo, podemos afirmar que los límites de variación de tensión en condiciones normales de operación del sistema; están dentro de las tolerancias de variación de tensión del equipo a utilizar (10% para motores y 6.7% para artefactos de iluminación).

#### 3.4.4 DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTORES PARA CIRCUITOS DE FUERZA

Los conductores a emplearse en el circuito de fuerza, en su totalidad serán del tipo NYY por ser los más recomendables para usos industriales; dada sus magníficas propiedades eléctricas y mecánicas resistentes a los ácidos, grasas, aceites y especialmente a la abrasión.

##### METODO GENERAL DE DIMENSIONAMIENTO

El método general de dimensionamiento de los conductores NYY a emplearse en los circuitos de fuerza, será genérico para los tres tipos de alimentadores utilizados.

##### a) CALCULO DE LA CORRIENTE NOMINAL ( $I_n$ )

La corriente nominal del conductor de un alimentador simple, alimentador múltiple y alimentador de tableros, será calculado mediante la fórmula :

$$I_n = \frac{M.D. \times 1000}{\sqrt{3} V_n \cos \phi \times \eta} \quad (3.10)$$

Siendo :

M.D. : Máxima demanda de la carga o cargas del alimentador según sea un :

Alimentador Simple : Máxima demanda individual de la carga, columna 7 de las tablas de cálculo de máxima demanda.

Alimentador Múltiple : Máxima demanda parcial o total de las cargas que alimente según sea que éste se derive de un tablero de distribución o barra colectora; columnas 9 y 10 de las tablas de cálculo de máxima demanda.

Alimentador de tableros Similar al del alimentador múltiple.

$V_n$  : Tensión nominal del sistema en voltios.

$\cos\phi$ : Factor de potencia de la carga o grupo de cargas.

$\eta$  : Eficiencia del motor de la carga o motores de la misma.

Nota :

El factor de potencia y la eficiencia equivalente de un grupo de motores que constituyen una máquina o de un grupo de máquinas, se determinará mediante :

$$\cos \phi_e = \frac{\sum \cos \phi_i W_i}{\sum W_i} \quad (3.11)$$

$$\eta_{eq} = \frac{\sum \eta_i \times W_i}{\sum W_i} \quad (3.12)$$

Donde :

$\cos \phi_e$  : Factor de potencia equivalente.

$\eta_{eq.}$	Eficiencia equivalente.
$\cos \phi_i$	Factor de potencia individual de cada uno de los motores a un 80% de carga nominal.
$\eta_i$	Eficiencia individual de cada uno de los motores a un 80% de carga nominal.
$w_i$	Carga individual (potencia instalada) de cada uno de los motores o máquinas.

Los valores de  $\cos \phi_i$  y  $\eta_i$  se indican en la tabla N° 2.41 del capítulo 2.

b) FACTOR DE DISEÑO POR CLASIFICACION DE SERVICIO ( $f_{d.s.}$ )

Los conductores de los diferentes alimentadores deberán de tener una capacidad no menor que el porcentaje de corriente nominal indicada en la tabla N° 3.13, la misma que se ha confeccionado en función de la tabla N° 5-VII del C.N.E., tomo V parte 2; diferenciados en función del servicio o régimen de trabajo de los motores de las diferentes máquinas. Todo ello según el artículo N° 5.2.2.1 y 5.2.2.3 del mismo tomo de dicho código.

c) FACTORES DE CORRECCION POR CONDICIONES DE INSTALACION

De acuerdo a la instalación y condiciones particulares de ésta, en comparación con las nominales indicadas por el C.N.E., la capacidad de corriente de los conductores deberá ser corregido por temperatura del suelo, medio ambiente, resistividad del terreno, agrupamiento, etc., tal como se indica a continuación.

c.1) CONDUCTORES INSTALADOS EN DUCTOS : La capacidad de los conductores instalados en ductos indicada en la tabla N° 4-VII del



C.N.E. tomo IV, bajo las condiciones establecidas en el artículo 4.3.1.8-a y b del mismo tomo, deberán ser corregidas para las condiciones reales de instalación que en el presente proyecto serán :

- i) Clasificación de servicio similar a la nominal del C.N.E.
- ii) Disposición de cables : más de un cable trifásico en ductos independientes separados por una distancia de 25 centímetros.
- iii) Parámetros pre-establecidos :
  - Temperatura del suelo : 20° C.
  - Resistividad térmica del terreno : 80° C cm/w.
  - Profundidad de tendido : 1 metro.
  - Resistividad térmica del material que constituye el ducto : menor de 100° C. cm/w.

Por lo tanto, nuestros factores de corrección a considerar, serán :

- Factor de corrección por instalación en ducto, dado por la tabla Nº 2-XXXVI del C.N.E. tomo IV ( $f_1$  en las tablas de cálculo de conductores).
- Factor de corrección por resistividad térmica del terreno, indicado en la tabla Nº 2-XXXII del C.N.E. tomo IV ( $f_2$  en las tablas de cálculo de conductores)
- Factor de corrección por la proximidad de otros conductores, dado por la tabla 2-XXXVII tomo IV del C.N.E. ( $f_3$  del cuadro de cálculo de conductores).

c.2) CONDUCTORES INSTALADOS EN CUNETAS CERRADAS

Los conductores instalados en cunetas cerradas no rellenas de arena, serán tratados como una instalación aérea interior, por lo tanto, sus capacidades de corriente admisibles deberá de obtenerse a partir de las intensidades de la tabla 4-XVI del C.N.E. tomo V parte 1, las mismas que están dadas bajo las condiciones nominales establecidas en el artículo 4.4.2.8-b del mismo código.

En nuestro caso, las condiciones particulares de instalación para los conductores en cunetas serán :

- i) Temperatura del aire ambiente dentro de la cuneta : Variable
- ii) Tipo de instalación : Aérea interior.

Por lo tanto, los factores de corrección que deben de tenerse en cuenta son :

- Factor de corrección por instalación en cuneta cerrada no rellena de arena, dada por la tabla 4-XXV tomo V, parte 1 del C.N.E. (f1 en la tabla de cálculo de cond.)
- Factor de corrección relativo a la temperatura real del aire ambiente en la cuneta, para lo cual es necesario determinar el incremento de temperatura debido a las pérdidas de energía en él o los conductores instalados y determinado por :

$$\Delta T = \frac{W_t}{3p} \quad (3.13)$$

Siendo :

$\Delta T$  : incremento de temperatura en °C.

$W_t$  : Pérdidas totales de energía en los cables en watts/mt. y determinado por :

$$W_t = 3 \left( \sum I_i^2 R_i \right) \quad (3.14)$$

$I_i$  : Corriente nominal del cable "i"

$R_i$  : Resistencia eléctrica del cable a 70°C. en ohmios/mt.

$p$  : Perímetro del canal en mts., teniendo en cuenta que el ancho de las tapas metálicas deberá ser considerada como si fuese el doble.

Determinado el incremento de temperatura, el factor de corrección se determina en la tabla 4-XXIII tomo V parte 1 del C.N.E. en función de éste ( $f_2$  en la tabla de cálculo de conductores).

- Factor de corrección relativo a la proximidad de otros conductores, dado por la tabla 4-XXVI, tomo V parte 1 del C.N.E. ( $f_3$  en la tabla de cálculo de conductores).

### c.3) CONDUCTORES INSTALADOS AL AIRE LIBRE

La capacidad de corriente de los conductores instalados al aire libre, están dadas en la tabla Nº 4-XVI, tomo 5 parte 1 del C.N.E., para las condiciones nominales establecidas e indicadas en el artículo 4.4.27-a, de dicho código.

En nuestro caso, las condiciones de instalación de los conductores al aire libre son :

i) Clase de servicio : Similares a las nominales.

ii) Disposición de cables Horizontal, separados por lo me  
nos por una distancia equivalen  
te a un diámetro del cable que  
se está instalando.

iii) Temperatura del aire ambiente : máxima 30°C.

iv) Proximidad de otros cables : según necesidades.

Los cables en su mayoría serán instalados bajo protección de la radiación solar.

Los factores de corrección a tomarse en cuenta, serán :

- Factor de corrección relativo a la proximidad de otros conductores, dado por la tabla 4-XXIV tomo V parte 1 del C.N.E. ( $f_3$  en las tablas de cálculo de conductores).

#### d) CORRIENTE DE SELECCION DE LOS CONDUCTORES

La corriente de selección de los conductores se determinará por:

$$I_{sc} = \frac{f_{ds}}{f_1 f_2 f_3} I_n \quad (3.15)$$

Donde  $f_{ds}$ ,  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$  son los factores de corrección de capacidad de corriente del conductor e indicados anteriormente.

#### e) CALIBRE STANDARD DEL CONDUCTOR

El calibre standard del conductor será determinado en base a la corriente de selección ( $I_{sc}$ ) y las tablas del Código Nacional de Electricidad según sea :

i) Para conductores instalados en ductos : tabla 4-VIII-tomo IV.

- ii) Para conductores instalados en cunetas Tabla Nº 4-XVI-Tomo V- parte 1.
- iii) Conductores instalados al aire libre Tabla 4-XVI-Tomo V-parte 1.

f) VERIFICACION DE LA CAIDA DE TENSION

En la verificación de la caída de tensión de los conductores, se ha tomado como base lo indicado en el artículo Nº 3.2.3 - Tomo V-parte del C.N.E. y que se encuentra graficado en la figura Nº 3.10 del perfil de tensiones de distribución secundaria del acápite 3.4.3, siendo por lo tanto la caída máxima de tensión en un alimentador de 2.5% para cargas de fuerza, calefacción y alumbrado o combinación de tales cargas y donde la caída de tensión total máxima en alimentadores y circuitos derivados hasta el punto más alejado no exceda del 4%.

Para calcular la caída de tensión en un conductor cualquiera que alimente una carga, se empleará la siguiente fórmula

$$\Delta V = \sqrt{3} I L (R \cos \phi + X \text{ Sen } \phi) \quad (3.16)$$

donde

- $\Delta V$  Caída de tensión en voltios.
- I Corriente nominal de la carga en amperios.
- L Longitud del cable trifásico en mts.
- R Resistencia por fase del conductor en  $\mathcal{R}/\text{mt}$ .
- X Reactancia del cable por fase en  $\mathcal{R}/\text{mt}$ .
- $\text{Cos } \phi$  Factor de potencia de la carga del alimentador.

Si el conductor seleccionado por capacidad térmica de corriente no cumple con la caída máxima de tensión, deberá ser cambiado a otro valor standard superior hasta que satisfaga las condiciones pre establecidas.

#### 3.4.5 DIMENSIONAMIENTO DE BARRAS COLECTORAS LINEALES

En el presente acápite, unicamente dimensionaremos la capacidad térmica de conducción de las barras colectoras, así como su verificación de caída de tensión máxima admisible, posteriormente se indicarán los cálculos relacionados a los efectos dinámicos causados por las corrientes de corto-circuito.

##### METODO GENERAL DE DIMENSIONAMIENTO

- a) DETERMINACION DE LA CORRIENTE NOMINAL : La corriente nominal en las barras o en tramos intermedios de la misma, se calculará teniendo en cuenta la corriente efectiva que por ella circula y calculada mediante la fórmula Nº 3.10 indicada en el acápite de cálculo de conductores, aplicada tramo a tramo.
- b) FACTOR DE DISEÑO POR CLASIFICACION DE SERVICIO : El principio a aplicado es el mismo que para el caso de conductores aéreos ya de tallado.
- c) FACTORES DE CORRECCION POR CONDICIONES DE INSTALACION : Dada las características típicas de las barras a emplear, no se tendrán factores de corrección por condiciones de instalación, puesto que
  - Son aéreas con ventilación natural.
  - No se disponen de más juego de barras en su proximidad y los

conductores estarán instalados lo suficientemente separados como para influenciar en sus características.

- La temperatura máxima del medio ambiente es de 30°C.
- La frecuencia de la red es de 60 C/s.

d) CORRIENTE DE SELECCION DE LAS BARRAS : La corriente de selección estará dada por :

$$I_{sc} = f_{ds} I_n \quad (3.17)$$

Siendo :

$f_{ds}$  : Factor de servicio

$I_n$  : Corriente nominal de la carga

Con la corriente de selección de barras y la tabla Nº 3.15 de capacidad de barras colectoras, tomada de la bibliografía Nº 2 pág. 365, determinamos la sección rectangular de la barra de cobre a utilizar en cada caso.

e) VERIFICACION DE LA CAIDA DE TENSION : La verificación de la caída de tensión, se determina utilizando la fórmula Nº 3.16, indicada en el acápite 3.4.4 párrafo "f" de cálculo de conductores, con la salvedad que las resistencias y reactancias serán las correspondientes a las barras rectangulares de cobre y con una disposición indicada en la tabla Nº 3.15.

#### 3.4.6 DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTORES EN CIRCUITOS DE ALUMBRADO

En los circuitos de alumbrado se tienen dos tipos de alimentadores :

##### 3.4.6.1 ALIMENTADORES MULTIPLES PRINCIPALES

Son aquellos que suministran energía a un conjunto de lámparas

de iluminación de una determinada área previamente establecida, teniendo en cuenta los criterios de balance de cargas, puesto que éstas son monofásicas y conectadas a la tensión de línea del circuito de 220 voltios.

Estos conductores son dimensionados en forma similar a los del circuito de fuerza, puesto que la carga servida en conjunto, representa una carga trifásica.

#### 3.4.6.2 SUB ALIMENTADORES MULTIPLES

Los sub alimentadores múltiples utilizados en los circuitos de iluminación de naves, son aquellos que partiendo del final de un tramo de los alimentadores múltiples principales, conducen la energía a un grupo de lámparas uniforme y longitudinalmente distribuídas, ver detalle "A" Plano Nº 09/4.

Asimismo, los conductores a utilizarse son los del tipo WP, con la finalidad de facilitar las derivaciones a las lámparas y ser más económico que los del tipo NYY de sección equivalente.

#### METODO GENERAL DE CALCULO DE CONDUCTORES PARA SUB ALIMENTADORES MULTIPLES.

Debido a la longitud de estos conductores que alimentan a las lámparas de vapor de mercurio distribuídas en las naves, su dimensionamiento se efectuará por caída de tensión, verificándose su capacidad térmica de conducción de corriente para los casos que sean necesarios.

a) CALCULO DE LA SECCION DEL CONDUCTOR : Como los sub alimentadores múltiples están constituídos por tres conductores WP, dis -



puestos horizontalmente, del cual se derivan las cargas monofásicas a distancias uniformes, éste será calculado indirectamente mediante el conductor equivalente, el cual considera toda la carga concentrada a una distancia equivalente a determinar, tal como se indica a continuación

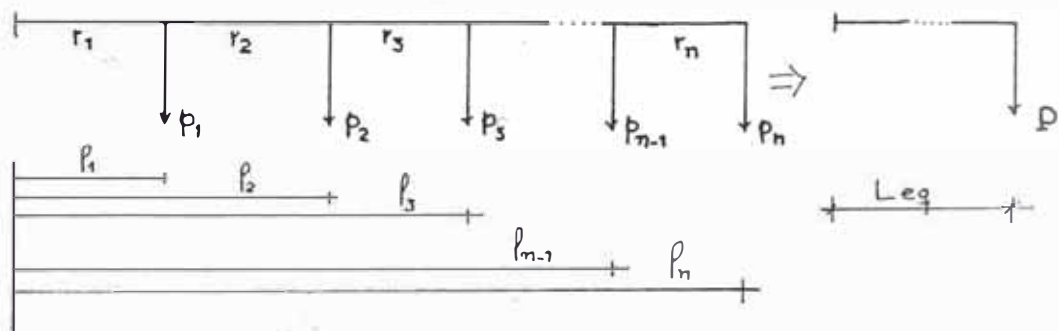


Figura Nº 3.11

Para el circuito equivalente de la figura Nº 3.11, la sección del conductor estará definido por :

$$S = \frac{\rho L_{eq.} P}{V \times \Delta V} \quad (3.18)$$

Donde :

$$L_{eq.} = \frac{p_1 l_1 + p_2 l_2 + \dots + p_n l_n}{p_1 + p_2 + \dots + p_n} \quad (3.19)$$

$P = p_1 + p_2 + \dots + p_n =$  M.D. del sub alimentador.

$\Delta V =$  Caída de tensión máxima permisible en el sub alimentador.

$\rho =$  Resistividad del cobre a 20°C en ohmios  $\text{mm}^2/\text{mts}$ .

$L_{eq.} =$  Longitud equivalente donde se supone concentrada la carga en mts.

$P_1, P_2, \dots, P_n$  = Cargas derivadas en watts (lámpara de mercurio)

$l_1, l_2, \dots, l_n$  = Distancia de cada derivación al inicio del sub alimentador múltiple.

$P$  = Carga concentrada a una distancia equivalente del inicio del sub alimentador.

$S$  = Sección del conductor a dimensionar en  $\text{mm}^2$ .

$V$  = Tensión nominal del sistema (220 voltios).

Téngase en cuenta que la caída de tensión máxima permisible en el sub alimentador múltiple, estará determinado por la caída de tensión máxima permisible desde la Sub Estación al punto de utilización dado por el perfil de tensiones, menos la caída de tensión del alimentador múltiple respectivo; por lo tanto, éste es un valor variable en cada caso.

b) CALIBRE STANDARD DEL CONDUCTOR : El calibre standard del conductor será seleccionado en base a la sección del conductor calculada en el punto anterior; de no coincidir ésta sección con las normalizadas, se aproximará al valor inmediato superior.

c) VERIFICACION POR CAPACIDAD TERMICA DE CONDUCCION : para ello calculamos la corriente nominal del circuito

$$I_n = \frac{P \times 1000}{\sqrt{3} V_n \times \text{Cos } \phi}$$

Donde

$P$  Valor de la carga concentrada en Kw.

$V_n$  Tensión nominal (220 voltios)

$\text{Cos. } \phi$  Factor de potencia (0.9)

Capacidad del conductor :

$$I_{sc} = 1.25 I_n$$

Esta capacidad de corriente deberá ser comparada con la capacidad de conducción del conductor seleccionado en el punto "d", de ser ésta última menor, se deberá cambiar al calibre adscrito inmediato superior.

- d) CALCULO DE LA CAIDA REAL DE TENSION : Con el conductor equivalente seleccionado, se determinará la caída real de tensión, teniendo en cuenta la reactancia del conductor :

$$\Delta V = \sqrt{3} I_n L_{eq.} (R \cos \phi + X \sin \phi).$$

Siendo :

$\Delta V$  : Caída de tensión, en volts.

$I_n$  : Corriente nominal, en amperios.

$L_{eq.}$  : Longitud equivalente, en metros.

$R$  : Resistencia del conductor, en ohmios/km.

$X$  : Reactancia del conductor, en ohmios/km.

$\cos \phi$  : 0.90;  $\sin \phi = 0.4358$

### 3.4.7 EJEMPLOS DE CALCULO DE CONDUCTORES Y BARRAS

EJEMPLO Nº 1 : CALCULO DE CONDUCTORES DEL CIRCUITO DE FUERZA.

Circuito tomado como ejemplo : Nº 1.1.2 (Sub-Estación Nº 1 tablero general Nº 1.1)

- a) Cálculo de la corriente nominal ( $I_n$ )

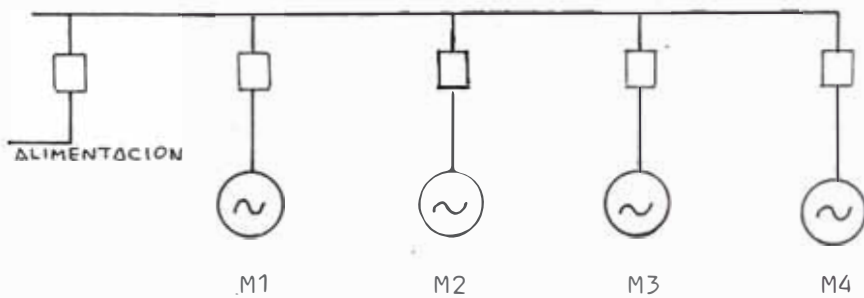
para ello disponemos de :

M.D.<sub>i</sub> = 112 Kw. (Columna 7 - tabla Nº 3.3)

$V_n$  = 440 voltios.

$\cos \phi$  y Eficiencia :

Se calculará el factor de potencia y eficiencia equivalentes de la máquina, que esta constituido por varios motores de acuerdo al esquema genérico de máquinas de calderería (esquema N° 5 - plano N° SCH-MM-01/2) que en este caso, básicamente está constituida por cuatro motores con sus  $\cos \phi$  y eficiencias asignados de acuerdo a la tabla N° 2.41.



Pi	120 HP	50 HP	15 HP	15 HP
Cos $\phi$	0.82	0.82	0.71	0.71
$\eta$	0.895	0.895	0.83	0.83

En consecuencia :

$$\cos \phi_{eq} = \frac{(120 + 50) 0.82 + (15 + 15) 0.71}{120 + 50 + 15 + 15} = 0.804$$

$$\eta_{eq} = \frac{(120 + 50) 0.895 + (15 + 15) 0.83}{120 + 50 + 15 + 15} = 0.885$$

Reemplazando datos en la fórmula N° 3.10, se tiene :

$$I_n = \frac{112 \times 1000}{3 \times 440 \times 0.804 \times 0.885}$$

$$I_n = 207 \text{ amp.}$$

b) Factor de diseño por clasificación de servicio : La máquina Rebordeadora de alta eficiencia que es la que se ha tomado como ejemplo; la clasificamos como del tipo C-2

( tabla Nº 3.13 ) por lo que :

$$f_{ds} = 0.95$$

c) Factor de corrección por condiciones de instalación del conductor :

-Por tipo de instalación : Como es un conductor instalado en cuneta desde la Sub-Estación se tiene que :

$$f_1 = 0.90 \quad (\text{tabla Nº 4-XXV-C.N.E., Tomo V - 1})$$

-Por temperatura real del aire ambiente en la cuneta : Para ello calculamos el incremento de temperatura en la cuneta, causado por las pérdidas de los conductores instalados en ella.

Cantidad de conductores : 1 cond. ( $3 \times 95 \text{ mm}^2$ , calculado en función de la corriente nominal).

$$\Delta T = \frac{W_t}{3p} = \frac{3(I^2R)}{3p} = \frac{3(207^2 \times 0.2309) \times 10^{-3}}{3(0.4 + 0.4 + 0.4 + 2 \times 0.4)}$$

$$\Delta T = 4.9^\circ\text{C} \quad \Rightarrow \quad \Delta T = 5^\circ\text{C}$$

Temperatura en la cuneta :  $30^\circ\text{C} + 5^\circ\text{C} = 35^\circ\text{C}$

En consecuencia :

$$f_2 = 0.93 \quad (\text{Tabla 4-XXIII del C.N.E., Tomo V - 1})$$

-Por la proximidad de otros conductores : En la cuneta y en el punto de análisis se dispone de un conductor, por lo tanto :

$$f_3 = 1.00$$

d) Corriente de selección del conductor :

$$I_{sc} = \frac{0.95 \times 207}{0.90 \times 0.93 \times 1} = 234.94$$

$$I_{sc} = 235 \text{ Amp.}$$

e) Calibre standard seleccionado : Según tabla 4-XVI C.N.E. 235 Amp. corresponde un conductor N° 3 x 120 mm<sup>2</sup>.

f) Verificación por caída de tensión :

$$\Delta V = \sqrt{3} I_n L (R \cos \phi + X \sin \phi)$$

$$I_n = 207 \text{ Amp.}$$

$$L = 20 \text{ mts. (distancia desde la Sub-Estación N° 1 a la carga)}$$

$$R = 0.1831 \text{ } \Omega/\text{Km/fase (correspondiente a cable de } 120 \text{ mm}^2, \text{ tabla N° 3.14)}$$

$$X = 0.080 \text{ } \Omega/\text{Km/fase (tabla N° 3.14)}$$

$$\cos \phi = 0.804 \text{ (calculado en el punto "a" de éste ejemplo)}$$

Reemplazando datos :

$$\Delta V = \sqrt{3} \times 207 \times 20 (0.1831 \times 0.804 + 0.08 \times 0.5946) \times 10^{-3}$$

$$\Delta V = 1.395 \text{ voltios.}$$

#### EJEMPLO N° 2 : CALCULO DE BARRAS COLECTORAS LINEALES

Circuito de cálculo : B.C.-1.2.1-TRAMO I (S.E. N° 1, T.G-1.2)

a) Cálculo de la corriente nominal

$$I_n = \frac{M.D. \times 1000}{\sqrt{3} \times V_n \times \cos \phi \times \eta}$$

donde :

$$M.D. = 340 \text{ Kw. (columna 9, tabla N° 3.4)}$$

$$V_n = 440 \text{ voltios}$$

$$\cos \phi = \cos \phi_{eq.}$$

$$\cos \phi = \frac{0.816 \times 155 + 200 \times 0.807 + 55 \times 0.83 + 10 \times 0.71 + 3 \times 1 + 20 \times 0.71}{155 + 200 + 55 + 10 + 3 + 20}$$

$$\cos \phi = 0.807$$

$$\eta = \eta_{eq.} = 0.864 \text{ (calculado en forma similar a } \cos \phi \text{)}$$

Reemplazando datos :

$$I_n = \frac{340 \times 1000}{\sqrt{3} \times 440 \times 0.807 \times 0.864}$$

$$I_n = 640 \text{ Amp.}$$

b) Factor de diseño por clasificación de servicio :

Clase Tipo - A (por ser un alimentador múltiple)

$$f_{ds} = 1.25 \text{ (Tabla N}^\circ \text{ 3.13)}$$

c) Factores de corrección por condiciones de instalación :

$$f_1 = 1$$

$$f_2 = 1$$

$$f_3 = 1$$

d) Corriente de selección de barras :

$$I_{SB} = \frac{1.25}{1 \times 1 \times 1} 640 = 800 \text{ Amp.}$$

Barra seleccionada : Barra de cobre de 40 x 10 (tabla N<sup>o</sup> 3.15)

e) Verificación de caída de tensión :

$$\Delta V = \sqrt{3} I L (R \cos \phi + X \sin \phi)$$

$$I = I_n = 640 \text{ Amp.}$$

$$L = 15 \text{ mts.}$$

$$R = 0.0536 \text{ } \Omega / \text{ Km.}$$

$$X = 0.1964 \text{ } \Omega / \text{ Km.}$$

$$\cos \phi = 0.807$$

$$\sin \phi = 0.5905$$

Reemplazando datos

$$\Delta V = \sqrt{3} \times 640 \times 15 (0.0536 \times 0.807 + 0.1964 \times 0.5905) 10^{-3}$$

$$\Delta V = 2.644 \text{ Voltios}$$

EJEMPLO Nº 3      CALCULO DE CONDUCTORES DE SUB ALIMENTADORES MULTIPLES.

Circuito seleccionado : Nº 2.2.3.1 (S.E. Nº 2 - T.G. - 2.2)

a) Cálculo de la sección del conductor :

Datos conocidos :

$P_1 = P_2 = \dots = P_8 = 1500 \text{ watts}$  (Carga conformada por 2 lámparas de vapor de mercurio)

$$l_1 = 2.5 \text{ mts.}$$

$$l_5 = 22.5 \text{ mts.}$$

$$l_2 = 7.5 \text{ mts.}$$

$$l_6 = 27.5 \text{ mts.}$$

$$l_3 = 12.5 \text{ mts.}$$

$$l_7 = 32.5 \text{ mts.}$$

$$l_4 = 17.5 \text{ mts.}$$

$$l_8 = 37.5 \text{ mts.}$$

Caída de tensión máxima permitida :  $6 + 3.6 = 9.6 \text{ vltts.}$  (ver perfil de tensiones, figura Nº 3.10)

Caída de tensión del A.M. - 2.2.3 - TRAMO I =  $4.52 \text{ vltts.}$  (es la caída de tensión en el alimentador múltiple que suministra energía al sub-alimentador en cálculo, columna 19 de la tabla Nº 3.22).

Máxima caída de tensión del sub-alimentador múltiple en cálculo:  
 $9.6 - 4.52 = 5.08 \text{ voltios.}$



$$\rho = 1/56 \Omega \times \text{mm}^2/\text{mts.}$$

$$V_n = 220 \text{ voltios.}$$

Con los datos anteriormente indicados, calculamos la longitud  $L_{eq}$  equivalente y la carga concentrada :

$$L_{eq.} = \frac{1500(2.5+7.5+12.5+17.5+22.5+27.5+32.5+37.5)}{1500 \times 8}$$

$$L_{eq.} = 20 \text{ mts.}$$

$$P = 1500 \times 8 = 12000 \text{ watts.}$$

Por lo tanto, la sección del conductor equivalente será :

$$S = \frac{\rho \times L_{eq.} \times P}{\Delta V \times V} = \frac{1/56 \times 20 \times 12000}{5.08 \times 220}$$

$$S = 3.468 \text{ mm}^2.$$

b) Calibre standard del conductor : En base a la sección calculada, seleccionamos el conductor Nº 10 AWG, el mismo que tiene una sección real de  $5.261 \text{ mm}^2$  y una capacidad de conducción de 55 amperios.

c) Verificación de la capacidad térmica de conducción :

$$I_n = \frac{12 \times 1000}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.9} = 35.032 \text{ Amp.}$$

$$I_{sc} = 1.25 \times 35.032 = 43.85 \text{ Amp.}$$

El valor de  $I_{sc}$  es menor que la capacidad de conducción del conductor seleccionado, por lo que nos quedamos con este conductor.

d) Cálculo de la caída real de tensión :

$$\Delta V = \sqrt{3} I_n L_{eq.} (R \cos \phi + X \sin \phi)$$

Donde :

$$I_n = 35 \text{ Amp.}$$

$$L_{eq} = 20 \text{ mts.}$$

$$R = 4.0523 \text{ } \Omega/\text{Km. (tabla N}^\circ \text{ 3.16)}$$

$$X = 0.3777 \text{ } \Omega/\text{Km. (tabla N}^\circ \text{ 3.16)}$$

$$\text{Cos } \phi = 0.90$$

$$\text{Sen } \phi = 0.4358$$

$$\Delta V = \sqrt{3} \times 35 \times 20 (4.0523 \times 0.9 + 0.3777 \times 0.4358) \times 10^{-3}$$

$$\Delta V = 4.62 \text{ voltios.}$$

e) Caída de tensión acumulada

$$\Delta V_T = \Delta V_{AM} + \Delta V_{SAM}$$

Donde

$$\Delta V_T = \text{Caída de tensión acumulada}$$

$$\Delta V_{AM} = 4.52 \text{ v. (caída de tensión del alimentador múltiple AM-2.2.3-TRAMO I, columna 19 tabla N}^\circ \text{ 3.22)}$$

$$\Delta V_{SAM} = 4.62 \text{ v. (caída de tensión en el sub-alimentador múltiple calculado en el punto "d".)}$$

$$\Delta V_T = 4.52 + 4.62 = 9.14 \text{ voltios.}$$

En los tres ejemplos de cálculo anteriormente desarrollados, las caídas máximas de tensión acumulada hasta los puntos de utilización de las cargas, no exceden el máximo permisible, ya indicado en el acápite 3.4.3.1, que dependiendo del circuito al que se haga referencia, serán

C I R C U I T O	CAIDA DE TENSION MAXIMA ACUMULADA	
	En Voltios	En %
FUERZA EN 440 VOLTIOS	19.20	4
ILUMINACION Y TOMACORRIENTES EN 220 VOLTS.	9.60	4

Siguiendo el mismo procedimiento de los ejemplos de cálculo, se ha procedido a dimensionar la totalidad de conductores y barras colectoras lineales del sistema de distribución secundaria, para los circuitos de fuerza y de iluminación de naves. Los resultados se indican en forma detallada en las tablas Nº 3.17 a la Nº 3.27. del anexo 2, conjuntamente con las tablas de cálculo de máxima demanda (Tablas Nº 3.3 a la Nº 3.11).

TABLA Nº 3.13-1 :

CLASIFICACION DEL TIPO DE SERVICIO DE LOS MOTORES PARA FINES DE CALCULO DE SUS CONDUCTORES DE ALIMENTACION

CLASIFICACION DE SERVICIO	CASO TIPO:
1. SERVICIO CONTINUO	A
2. SERVICIO TEMPORAL : Accionamiento de válvulas, elevación y descenso de rodillos, etc.	B
3. SERVICIO INTERMITENTE : Grúas puente, laminadoras, prensas, rodillo, taladros, máquinas herramientas, máquinas de manipulación de materiales, bombas, etc.	C
4. SERVICIO VARIABLE	D

TABLA Nº 3.13

FACTORES PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTORES ALIMENTADORES DE MOTORES DE ACUERDO CON SU CLASIFICACION DE SERVICIO Y SU REGIMEN DE TRABAJO.

CLASIFICACION DE SERVICIO CASO TIPO	FACTOR DE DISEÑO DE CONDUCTORES ( $f_{ds}$ )		
	REGIMEN DE TRABAJO		
	10 min.	30 a 60 min.	Más de 60 min.
A	—	—	1.25
B	1.20	1.50	—
C	0.90	0.95	1.40
D	1.20	1.50	2.00

TABLA Nº 3.15

BARRAS RECTANGULARES DE COBRE

RESISTENCIA Y REACTANCIA A LA FRECUENCIA DE 60 Hz.

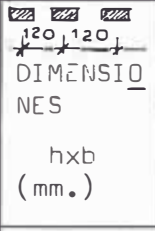
 DIMENSIONES hxb (mm.)	INTENSIDAD PERMANENTE A 60 Hz. (Amp.)	SECCION (mm <sup>2</sup> .)	RESISTENCIA a 20º C (Ω / Km.)	RESISTENCIA a 70º C. (Ω / Km.)	REACTANCIA X <sub>L</sub> (Ω / Km.)
15x3	125	44.5	0.402	0.47878	0.27343
20x3	245	59.5	0.301	0.35849	0.25495
25x3	300	74.5	0.240	0.28584	0.24012
30x3	355	89.5	0.200	0.23820	0.22073
40x3	460	119.0	0.150	0.17865	0.20797
20x5	325	99.1	0.181	0.21557	0.24866
25x5	395	124.0	0.144	0.17150	0.23492
30x5	450	149.0	0.120	0.14292	0.22329
40x5	600	199.0	0.090	0.10798	0.20435
50x5	720	249.0	0.072	0.08575	0.18922
60x5	850	299.0	0.060	0.07146	0.17662
80x5	1070	399.0	0.045	0.05360	0.15639
100x5	1350	499.0	0.036	0.04288	0.14046
40x10	850	399.0	0.045	0.05360	0.19640
50x10	1030	499.0	0.036	0.04288	0.18266
60x10	1200	599.0	0.030	0.03573	0.17103
80x10	1560	799.0	0.022	0.02626	0.15208
100x10	1880	999.0	0.018	0.02144	0.13695
120x10	2200	1200.0	0.015	0.01787	0.12436
160x10	2800	1600.0	0.011	0.01310	0.10413
200x10	3350	2000.0	0.009	0.01072	0.08820

TABLA Nº 3.14

CABLES MULTIPOLARES - NYY

RESISTENCIA R Y REACTANCIA X A LA FRECUENCIA DE 60 Hz.

SECCION NOMINAL $S$ $\text{mm}^2$	RESISTENCIA A 20°C $R_{20}$ Ohmios/Km/fase	RESISTENCIA A 70°C $R_{70}$ Ohmios/Kmxfase	REACTANCIA $X$ Ohmios/Kmxfase
1.5	13.60	16.2724	0.115
2.5	7.28	8.7105	0.110
4	4.61	5.5159	0.107
6	3.03	3.6254	0.100
10	1.81	2.1657	0.094
16	1.06	1.2683	0.090
25	0.722	0.8639	0.086
35	0.524	0.6270	0.083
50	0.387	0.4631	0.083
70	0.268	0.3207	0.082
95	0.193	0.2309	0.082
120	0.153	0.1831	0.080
150	0.124	0.1484	0.080
185	0.0991	0.1186	0.080
240	0.0754	0.0902	0.079
300	0.0601	0.0719	0.079

TABLA Nº 3.16

ALAMBRES Y CABLES TIPO "WP"

RESISTENCIA R Y REACTANCIA A LA FRECUENCIA NORMAL

S (AWG.)	NUMERO DE HILOS	RESISTENCIA A 20°C ( /Km/fase)	RESISTENCIA A 70°C ( /Km/fase)	REACTANCIA $X_L$ ( /Km/fase)
14	1	8.6016	10.2438	0.3952 (1) 0.4126 (2)
12	1	5.4095	6.4427	0.3779 0.3953
10	1	3.4024	4.0523	0.3603 0.3777
8	7	2.1396	2.5483	0.3387 0.3561
6	7	1.3459	1.6030	0.3211 0.3385
4	7	0.8459	1.0081	0.3038 0.3212
2	7	0.5323	0.6340	0.3036
1	7	0.4221	0.5027	0.2949
1/0	19	0.3347	0.3986	0.2821
2/0	19	0.2654	0.3161	0.2733
3/0	19	0.2105	0.2507	0.2645

### 3.5 POTENCIA DE LOS TRANSFORMADORES

Las magnitudes nominales de los transformadores, tales como la potencia nominal, relación de transformación y tensión de corto circuito, están determinados por las condiciones de la red. Tal es así, que para calcular la potencia nominal tomaremos como base la potencia activa calculada en los cuadros de Máxima Demanda del Sistema de Distribución en Baja Tensión, las tensiones nominales del primario y del secundario fueron definidos en el acápite 3.2 y 3.4.3 respectivamente, y el factor de potencia será calculado tomando como base el correspondiente a cada uno de los alimentadores que se inician en los tableros generales de las Sub-Estaciones.

#### 3.5.1 REQUERIMIENTOS EN CONDICIONES NORMALES

En condiciones normales de operación, cada uno de los transformadores suministrará energía única y exclusivamente a sus cargas asignadas, de acuerdo a lo establecido en los esquemas de principio del acápite 3.4, por lo que la capacidad nominal de cada uno de ellos es función de las máximas demandas de los circuitos que alimenta tal como se puede apreciar en la tabla N° 3.28

#### 3.5.2 REQUERIMIENTOS EN CONDICIONES DE EMERGENCIA

En el presente proyecto, llamamos condiciones de emergencia a aquellas en las cuales la energía no es suministrada en forma normal tal como lo indicáramos en el acápite anterior, sino que por situaciones de falla o mantenimiento y reparación, la carga



TABLA Nº 3.28

CARGA DE LOS TRANSFORMADORES EN CONDICIONES NORMALES

SUB ESTACION	TRANSFORMADOR	MAXIMA DEMANDA (Kw)	Cos $\phi$	KVA Nominales
Nº 1	T1.1	702	0.809	873
	T1.2	565	0.823	686
Nº 2	T2.1	540	0.792	682
	T2.2	283	0.900	314
Nº 3	T3.1	595	0.827	719
	T3.2	535	0.790	677
	T3.3	341	0.900	378
Nº 4	T4.1	720	0.823	874
	T4.2	300	0.900	333
TOTAL	--- --	4581	0.828	5537

parcial o total momentánea de una determinada Sub-Estación, es asumida por otra mediante el empleo de enlaces, ya sea en alta tensión o en baja tensión. Por lo tanto, se tendrán las siguientes condiciones de emergencia :

- a) Por fallas o retiros de líneas primarias.
- b) Por fallas en las barras de alta tensión de las Sub-Estaciones.
- c) Por fallas o retiro de transformadores de potencia.

FALLAS O RETIRO DE LINEAS PRIMARIAS :

Ante una falla en un cable de 13.8 Kv. o retiro de los mismos por alguna circunstancia, se podrá suministrar energía mediante el cable opcional que enlaza la Sub-Estación Nº 1 y la Nº 4. Las condiciones que se presentan y el dimensionamiento de los conducto

res en tales circunstancias, se indican en el acápite 3.6.2.

#### FALLAS EN LAS BARRAS DE ALTA TENSION DE CADA SUB-ESTACION :

Al presentarse una falla en las barras de alta tensión, los transformadores de dicha Sub-Estación, prácticamente estarían imposibilitados de suministrar energía a sus respectivas cargas asignadas, por lo que en tales circunstancias es necesario que se disponga de algún enlace en baja tensión a fin de suministrar energía a las cargas de mucha importancia de la Sub-Estación fallada, o que en un determinado momento sean indispensables.

A fin de poder determinar éstas condiciones de emergencia de energía, es necesario analizar el proceso de fabricación de la planta y el grado de flexibilidad para su interrupción momentánea o por tiempos relativamente cortos, mientras se repare la falla.

En una Industria Metal Mecánica, el proceso de fabricación no es tan rígido tal como ya lo indicáramos en el punto 3.2.1; y por lo tanto, los procesos de fabricación pueden ser variados o acondicionados a situaciones de emergencia en el suministro de energía; tal es así, que al presentarse una falla en los transformadores, la carga puede ser racionalizada a fin de continuar con los trabajos indispensables, trasladando la capacidad operativa de personal a otra etapa o sector de los trabajos en ejecución. Por lo tanto, se ha visto por conveniente que, en los transformadores que se encuentren enlazados

en baja tensión, no considerar carga de reserva para tales casos, sino que por el contrario proceder al racionamiento de carga en ambos transformadores hasta copar la capacidad de los mismos, mientras se enmienden los defectos que han ocasionado la emergencia.

El cable de enlace entre el par de Sub-Estaciones que funcionan bajo las condiciones anteriormente indicadas, así como los dispositivos de control y protección serán dimensionados en función de la carga (s) de mayor magnitud que se tengan que auxiliar en tales circunstancias, éstas condiciones se indican en la tabla Nº 3.29.

#### FALLA O RETIRO DE LOS TRANSFORMADORES :

Las condiciones de emergencia por falla o retiro de transformadores, son las mismas a las analizadas en el caso anterior, puesto que el suministro se efectuará mediante el conductor de enlace entre para de Sub-Estaciones.

Asimismo, debido a las características de los procesos de fabricación y las cargas de trabajo completamente variable en las industrias metal mecánica; en especial en el SIMA CHIMBOTE, ante una baja considerable de carga, será necesario el retiro de algunos transformadores y transferir sus cargas, que en tales circunstancias son relativamente bajas a otras Sub-Estaciones, a fin de que los transformadores no trabajen con porcentajes de carga muy bajos, o también para facilitar un adecuado y minucioso mantenimiento de los mismos; entrando de esta manera, en funcionamiento

los cables de enlace en baja tensión por tiempos relativamente largos, dependiendo de las circunstancias.

TABLA Nº 3.29

TRANSFERENCIAS MAXIMAS Y RACIONAMIENTOS DE CARGA PARA CONDICIONES DE EMERGENCIA ENTRE PAR DE SUB-ESTACIONES

CARGA TRANSFERIDA (Kw.)	RACIONAMIENTO DE CARGA EN %				CARGA TRANSFERIDA (Kw.)	RACIONAMIENTO DE CARGA EN %			
	FALLA EN	S.E-1		SE-2		FALLA EN	S.E-3		SE-4
		T1.1	T1.2	T2.1			T3.1	T3.2	T4.1
334	T1.1	47	100	38	253	T3.1	42	100	65
	T1.2	100	59	38		T3.2	100	47	65
	T2.1	100	41	62		T4.1	57	100	35
		52	100	62			100	53	35

### 3.5.3 SELECCION DE LOS TRANSFORMADORES

De acuerdo a las características del sistema eléctrico y los requerimientos de energía en cada una de las Sub-Estaciones, los transformadores seleccionados serán los indicados en la tabla Nº 3.30.

En este punto también se ha tenido en cuenta que las máximas demandas de cada uno de los centros de carga se han determinado con un 10% de reserva, asimismo, se sugiere que en el futuro, cuando la planta esté funcionando, al menos en el 100% de su primera etapa, efectuar un estudio detallado del factor de potencia con datos reales del comportamiento eléctrico de la industria y corregir el mismo a un valor aceptable (generalmente  $\cos \phi = 0.9$ ), a fin de optimizar el equipo eléctrico instalado.

TABLA Nº 3.30  
 CARACTERISTICAS NOMINALES DE LOS TRANSFORMADORES SELECCIONADOS

CARACTERISTICAS	S.E. - 1		S.E. - 2		S.E. - 3			S.E. - 4		
	T.1.1	T.1.2	T.2.1	T.2.2	T.3.1	T.3.2	T.3.3	T.4.1	T.4.2	T.4.1.9
Potencia nominal (KVA)	800	630	630	315	630	630	400	800	315	100
Tensión nominal del primario en KV $\pm$ 2.5%, $\pm$ 5%	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	0.44
Tensión nominal del secundario en volts. (en vacío)	480	480	480	240	480	480	240	480	240	240
Número de fases	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Frecuencia en Hz.	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Tensión de cortocircuito en %	6	6	6	5.5	6	6	5.5	6	5.5	4
Aislamiento	OA	OA	OA	OA	OA	OA	OA	OA	OA	OA
Conexión	Dy5	Dy5	Dy5	Dy5	Dy5	Dy5	Dy5	Dy5	Dy5	Dy5
Pérdidas en el cobre en Kw.	10	7	7	7	7	7	7	10	7	7
Pérdidas en el fierro en Kw.	2	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Ubicación	I N S T A L A C I O N    E N    I N T E R I O R									
BIL en KV.	110	110	110	95	110	110	95	110	95	95

3.5.4 DIMENSIONAMIENTO DE LOS CONDUCTORES DE ENLACE

Los conductores de enlace serán dimensionados para la carga máxima de transferencia indicada en la tabla N° 3.29, empleándose conductores tipo NYY con características similares a los conductores de fuerza del acápite 3.4.4. Asimismo, el método de cálculo será el detallado en el dimensionamiento de conductores del acápite anteriormente indicado. Los resultados se indican a continuación

a) Cálculo por capacidad de corriente :

CODIGO	MD. (KW).	Cos $\phi$		In (Amp)	$f_{ds}$	$f_T$	$I_{sc}$ (Amp)	$S$ (mm <sup>2</sup> .)
CE.1-2	334	0.82	0.895	598	1.25	0.94	795	2x3x240
CE.3-4	253	0.82	0.895	453	1.25	0.94	602	2x3x150

b) Verificación por caída de tensión :

CODIGO	S (mm <sup>2</sup> .)	L (mts.)	V (volts.)
CE.1-2	2x3x240	55	3.39
CE.3-4	2x3x150	95	6.23

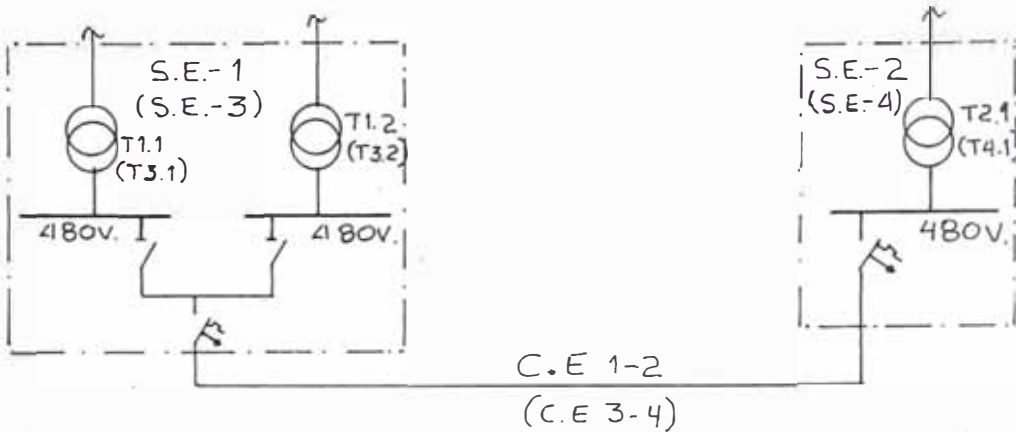


FIGURA N° 3.12 : ESQUEMA DE PRINCIPIO PARA CALCULO DE CONDUCTORES DE ENLACE.

### 3.6. DIMENSIONAMIENTO DE LA LINEA PRIMARIA EN 13.8 KV.

#### 3.6.1 LINEA PRIMARIA DE SUMINISTRO

Tal como ya lo indicáramos en el acápite 3.1, el Complejo Calderero actualmente cuenta con una línea aérea de suministro de energía desde la Sub-Estación del concesionario hasta la parte exterior del Complejo, en el lado norte. A partir de dicho punto se continuará mediante una línea subterránea primaria con capacidad para asumir toda la carga instalada del Complejo hasta la Sub-Estación N° 1, desde la cual se alimentarán las otras Sub-Estaciones por intermedio de una línea primaria de distribución radial, también subterránea y en 13.8 KV. ya definida en el punto 3.2.2 del presente capítulo.

#### 3.6.2 POTENCIA ELECTRICA DE SUMINISTRO

La potencia eléctrica de suministro será determinada en base a la potencia total instalada en cada Sub-Estación, considerando un factor de simultaneidad del 100% entre ellas. Esto debido a la tendencia en toda Planta Industrial de transcurrido un tiempo, aprovechar al máximo su capacidad instalada. Por lo tanto, el suministro de energía deberá de reunir las siguientes características :

- Tensión nominal : 13.8 KV ± 5%
- Corriente nominal : 215.5 Amp.
- Potencia nominal : 5150 KVA.
- Factor de potencia : .0.80

#### 3.6.1.2 LINEA PRIMARIA AEREA DE SUMINISTRO (LP1-A)

a) CARACTERISTICAS DE LA LINEA PRIMARIA EXISTENTE :

- Tipo de instalación : Aérea
- Disposición de conductores : Triangular  
 $d_1 = d_2 = 84,85 \text{ cm.}$   
 $d_3 = 120 \text{ cm.}$
- Tipo de conductor : Cobre desnudo, temple duro, calibre 2 AWG.
- Longitud : 1.5 Km.
- Capacidad de transporte a una temperatura ambiente de 30°C y 75°C en el conductor. : 217 Amp. (5180 KVA).

Como podemos ver, la línea existente suple la máxima demanda del suministro desde el punto de vista de capacidad térmica del conductor; ahora bien, a continuación verificaremos por caída de tensión.

b) VERIFICACION POR CAIDA DE TENSION :

Fórmula a emplear :

$$\Delta V = \sqrt{3} I L (R \cos \phi + X \text{ Sen } \phi)$$

Donde :

$$I = \frac{5150}{3 \times 13.8} = 215.5 \text{ Amp.}$$

$$L = 1.5 \text{ Km.}$$

Resistencia (R)

$$R_{20^\circ\text{C}} = \frac{\rho L}{s} = \frac{1/56 \times 1000}{33.63} = 0.5309 \text{ Ohms/Km.}$$



$$R_{75^{\circ}\text{C}} = R_{20^{\circ}\text{C}} (1 + \alpha \Delta T)$$

Siendo :

$$\alpha = 0.00378 \text{ para cobre duro (tabla 2-II del C.N.E. Tomo IV)}$$

$$\Delta T = 75^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C} = 55^{\circ}\text{C}$$

Por lo tanto :

$$R_{75^{\circ}\text{C}} = 0.5309 (1 + 0.00378 \times 55) = 0.6412 \text{ } \Omega/\text{km.}$$

Reactancia : (X)

$$X = 240 \pi \times 10^{-4} \text{ Ln } \frac{\text{DMG}}{D_s}$$

Siendo :

$$\begin{aligned} \text{DMG} &= \sqrt[3]{d_1 d_2 d_3} = \sqrt[3]{84.85 \times 84.85 \times 120} \\ &= 95.242 \text{ cm.} \end{aligned}$$

$$D_s = 0.726 \text{ r (para conductor de 7 hilos)}$$

$$\begin{aligned} D_s &= 0.726 \left( \frac{7.42}{2} \right) = 2.693 \text{ mm.} \\ &= 0.2693 \text{ cm.} \end{aligned}$$

Por lo tanto :

$$X = 240 \pi \times 10^{-4} \text{ Ln } \left( \frac{95.242}{0.2693} \right) = 0.4424 \text{ } \Omega/\text{km.}$$

Reemplazando datos en la fórmula de caída de tensión, se tiene :

$$\Delta V = \sqrt{3} \times 215.5 \times 1.5 (0.5309 \times 0.8 + 0.4424 \times 0.6)$$

$$V = 385.95 \text{ voltios} = 2.79\%$$

El cual es menor que el 3.5% especificado en el acápite 2.1.3 del C.N.E. - Tomo IV. Esto verifica lo indicado en el punto 3.1 del presente capítulo del proyecto.

3.6.1.3 LINEA PRIMARIA SUBTERRANEA DE SUMINISTRO (LP1-S)

a) Condiciones de servicio e instalación :

- Tipo de instalación : Subterránea en ductos de con  
creto.
- Profundidad de instalaa  
ción. : 1 mt.
- Tipo de conductor : Cobre, temple blando.
- Tipo de cable : Tripolar con aislamiento de  
papel, tipo NKY-8,7/15 KV.
- Longitud : 0.085 Km.
- Temperatura ambiente : 30°C.
- Temperatura del suelo : 20°C.
- Resistividad térmica :  
del suelo. 80°C - cm/w.
- Temperatura máxima del  
conductor : 70°C.

b) Cálculo del Conductor por capacidad de corriente :

La capacidad de corriente indicada en las tablas para los diferentes conductores, están referidas a determinadas condiciones de servicio y ciertos parámetros pre-establecidos, los cuales al variar hacen que varíe la capacidad del conductor, por lo cual es necesario considerar los factores de corrección en cada caso. Por lo tanto, la corriente de selección del conductor estará dado por :

$$I_{sc} = \frac{f_{dc} I_n}{f_1 \times f_2}$$

Donde :

$I_{sc}$  : Corriente de selección del conductor.

$I_n$  : Corriente nominal del suministro.

$f_{dc}$  : Factor de diseño del conductor.

$f_1$  : Factor de corrección por tipo de instalación (ducto en el presente caso).

$f_2$  : Factor de corrección por temperatura del suelo.

Valores :

$I_n = 215.5$  Amp.

$f_{dc} = 1.25$  (para alimentadores en general)

$f_1 = 0.80$  (Tabla 2-XXXVI del C.N.E. Tomo IV).

$f_2 = 1.07$  (Tabla 2-XXXI del C.N.E. Tomo IV).

Por lo tanto :

$I_{sc} = 312$  Amp.

Cable seleccionado :

NKY-8,7/15 KV -  $3 \times 150 \text{ mm}^2$ .

c) Verificación de caída de tensión

- Fórmula a emplear :

$$\Delta V = \sqrt{3} I L (R \cos \phi + X \text{ Sen } \phi)$$

Datos eléctricos del conductor :

Resistencia  $R_{70^\circ\text{C}} = 0.148$  Ohms/Km.

Reactancia  $X = 0.099$  Ohms/Km.

-Luego :

$$\Delta V = \sqrt{3} \times 215.5 \times 0.085 (0.148 \times 0.8 + 0.099 \times 0.6)$$

$$\Delta V = 5.63 \text{ voltios} = 0.04\%$$

Lo que nos permite quedarnos con el calibre preseleccionado.

d) Caída de tensión total en la línea primaria de acometida general :

$$\Delta V = 385.95 + 5.63 = 391.58 \text{ voltios} = 2.83\%$$

TABLA Nº 3.31

CABLES SUBTERRANEOS TRIFASICOS TIPO NKY - 8.7/15 KV.  
CARACTERISTICAS ELECTRICAS.

CALIBRE	R <sub>70º C.</sub> Ohms/Km.	X Ohms/Km.
16	1.380	0.144
25	0.871	0.128
35	0.628	0.117
50	0.464	0.114
70	0.325	0.109
95	0.231	0.103
120	0.183	0.102
150	0.148	0.099
185	0.107	0.098
240	0.089	0.06

### 3.6.2 LINEA PRIMARIA DE DISTRIBUCION

Como se sabe, la línea primaria de distribución consiste en una sola troncal que parte de las barras de llegada a la S.E. Nº 1 y continúa en forma radial alimentando en forma sucesiva a las Sub Estaciones Nº 2, Nº 3 y Nº 4. Debido a esto, se establecen tres tramos consecutivos denominados LP2, LP3 y LP4, los cuales serán calculados en forma individual de acuerdo a las diferentes cargas que asumen.

Por otro lado, el presente proyecto considera como opcional la instalación de un quinto tramo de enlace entre las barras de 13.8 Kv. de las S.E. Nº 1 y Nº 4, conformándose de esta manera una red en anillo abierto, de tal forma que ésta línea entre en servicio única y exclusivamente ante situaciones de emergencia, como son el retiro del servicio de cualquiera de los tramos LP2 a LP4 o alguno de sus elementos o equipos de control. Asimismo, en el presente proyecto se considera que la puesta en servicio de ésta línea opcional es manual, dejando la inquietud de una automatización para estudios posteriores, siempre y cuando se justifique.

Por lo tanto, la carga asumida por los tramos LP2 a LP4 será mayor en tales circunstancias, lo cual deberá ser tenido en cuenta en el dimensionamiento de los mismos, evaluando sus requerimientos de carga tal como se indica en la tabla Nº 3.32.

Efectuando un análisis a los requerimientos de carga de las diferentes alternativas, evaluadas en la tabla anteriormente indicada

TABLA Nº 3.32

CARGAS MAXIMAS ASUMIDAS POR LOS TRAMOS LP2 A LP4 EN SITUACIONES NORMAL Y DE EMERGENCIA.

TRAMO	SITUACION NORMAL (KVA)	KVA. EN SITUACIONES DE EMERGENCIA		
		Falla LP2.	Falla LP3	Falla LP4
LP2	3720	—	945	2605
LP3	2775	945	—	1660
LP4	1115	2605	1660	—
LP5	—	3720	2775	1115

cada uno de los tramos de distribución primaria serán dimensionados para las siguientes cargas :

LP2 : 3720 KVA.

LP3 : 2775 KVA.

LP4 : 2605 KVA.

LP5 : 3720 KVA.

a) Condiciones de servicio e instalación

Serán idénticas a las mencionadas en el punto 3.6.1.3 a, con excepción de las longitudes, las cuales al igual que otros parámetros aparecen indicados y resumidos en la tabla Nº 3.33 que muestra los resultados del cálculo de conductores para éstos tramos.

c) Verificación por caída de tensión :

Para la verificación de la caída de tensión, se ha seguido el método indicado en el acápite 3.6.1.3-c y el resultado se indica en la tabla Nº 3.34, observamos que las máximas caídas de

tensión acumuladas, no exceden el 3.5% especificado en el acápite 2.1.3 del Código Nacional de Electricidad, edición 1978, Tomo IV. Por lo tanto, los calibres preseleccionados permanecen.

TABLA Nº 3.33 CALCULO DE CONDUCTORES PARA LA LINEA PRIMARIA DE DISTRIBUCION EN 13.8 KV.

TRAMO	CARGA MAXIMA (KVA)	CORRIENTE NOMINAL (AMP)	FACTORES DE CORRECCION			CORRIENTE DE SELECCION I <sub>sc</sub> (Amp.)	CALIBRE SELECCIONADO S (mm <sup>2</sup> )
			f <sub>ds.</sub>	f <sub>1</sub>	f <sub>2</sub>		
LP2	3720	155.81	1.25	0.80	1.08	226	3 x 95
LP3	2775	116.23	1.25	0.80	1.08	168	3 x 50
LP4	2605	109.00	1.25	0.80	1.08	158	3 x 50
LP5	3720	155.81	1.25	0.80	1.08	226	3 x 95

TABLA Nº 3.34 : CALCULO DE LA CAIDA DE TENSION - LINEA PRIMARIA DE DISTRIBUCION EN 13.8 KV.

TRAMO	LONGITUD (Km.)	EN SITUACION NORMAL : V (Volts.)		EN SITUACION DE EMERGENCIA : V (Volts.)						MAXIMA CAIDA DE TENSION	
		EN TRAMO	TOTAL ACUMULADO	FALLA LP2		FALLA LP3		FALLA LP4		V (Volts.)	V (Volts.)
				EN TRAMO	TOTAL ACUMULADO	EN TRAMO	TOTAL ACUMULADO	EN TRAMO	TOTAL ACUMULADO		
LP2	0.09	5.98	397.56	—	—	1.51	393.09	4.18	395.76	397.56	2.88
LP3	0.12	10.60	408.16	3.60	419.00	—	—	6.33	402.09	419.00	3.03
LP4	0.10	3.55	411.71	8.28	415.40	5.28	408.76	—	—	415.40	3.01
LP5	0.24	—	—	15.51	407.12	11.90	403.48	4.78	396.36	407.48	2.95

NOTA : La caída de tensión acumulada, es calculada teniendo en cuenta la correspondiente a la línea primaria de acometida general (  $V_{LP1} = 391.58$  volts.)



### 3.7 CALCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO

Se calcularán los valores de las corrientes de cortocircuito para el tipo seleccionado de falla que es el más desfavorable en el presente esquema eléctrico y en los puntos más críticos del mismo. La metodología de cálculo se basa en la bibliografía Nº 1 indicada al final del proyecto.

#### 3.7.1 CONCEPTOS EMPLEADOS

-CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO : Es la corriente que fluye por el punto defectuoso mientras dure el cortocircuito.

-CORRIENTE ALTERNA DE CORTOCIRCUITO ( $I_{cc}$ ) : Es la componente de la corriente de cortocircuito a la frecuencia de servicio.

-CORRIENTE ALTERNA INICIAL DE CORTOCIRCUITO ( $I''_{cc}$ ) : Es el valor eficaz de la intensidad de la corriente alterna de cortocircuito en el momento de iniciarse éste.

$$I''_{cc} = \frac{V_{h_1}}{\sqrt{3} Z_T} = \frac{1.1 V_n}{\sqrt{3} Z_T}$$

-CORRIENTE PERMANENTE DE CORTOCIRCUITO ( $I_{cc}$ ) : Es el valor eficaz de la intensidad de la corriente alterna de cortocircuito que permanece después de finalizado el proceso de amortiguación.

Puesto que en el presente proyecto, el suministro proviene de una red pública muy alejada del centro de generación, se considera prácticamente  $I_{cc} = I''_{cc}$ , tal como se puede apreciar en la figura Nº 3.13 (ver bibliografía Nº 1)

-IMPULSO DE LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO : ( $I_s$ ) Es el valor ins-

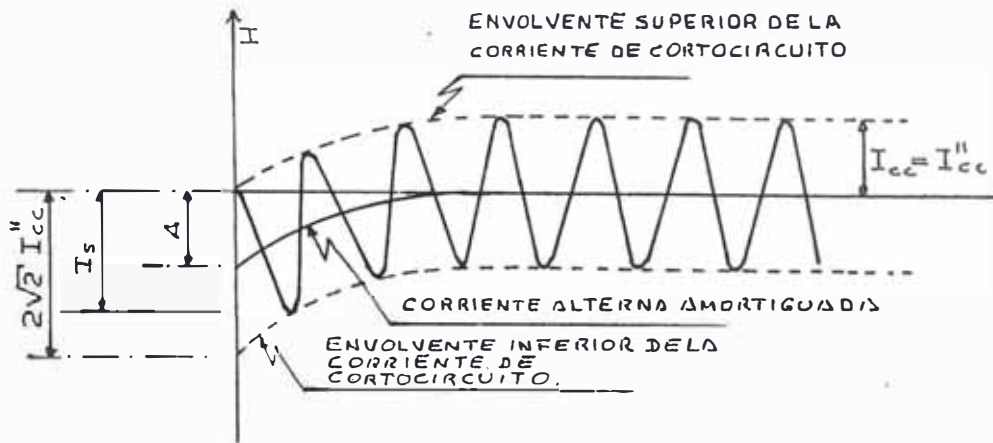


Figura Nº 3.13

tantáneo máximo de la intensidad de la corriente después de producirse el cortocircuito, (valor pico)

$$I_s = \gamma \sqrt{2} I''_{cc} \quad (3.21)$$

$$\gamma = 1 + e^{-\pi R/X} \quad (3.22)$$

-CORRIENTE ALTERNA DE APERTURA (O RUPTURA) EN CORTOCIRCUITO ( $I_a$ ) :

Es el valor eficaz de la intensidad de la corriente alterna de cortocircuito que fluye a través del interruptor (o fusible) en el momento de la primera separación de los contactos.

$$I_a = \mu I''_{cc} \quad (3.23)$$

Donde el factor  $\mu$  depende del retardo de la interrupción del circuito y de la relación  $I_s/I_n$ , siendo  $I_n$  la corriente nominal (a plena carga) de un punto del sistema. Los valores de  $\mu$  se indican en la tabla Nº 3.34.

-CORRIENTES PARCIALES DE CORTOCIRCUITO : Son las componentes de la corriente de cortocircuito en los diferentes ramales de la red.

-TENSION NOMINAL ( $V_n$ ) : Es aquella tensión según la cual se designa una instalación o un medio de servicio y al que se refieren determinadas propiedades de servicio.

-TENSION MAXIMA DE SERVICIO ( $V_m$ ) : Es el valor eficaz máximo perma

nente de la tensión local existente entre dos conductores de los medios de servicio o de partes de la instalación.

$$V_m = 1.1 V_n \quad (3.24)$$

-POTENCIA ASIMETRICA DE CORTOCIRCUITO ( $S_{asim}$ ) :

$$S_{asim} = 3 V_n I_s \quad (3.25)$$

-POTENCIA SIMETRICA DE CORTOCIRCUITO ( $S''_{cc}$ ) :

$$S''_{cc} = 3 V_n I''_{cc} \quad (3.26)$$

TABLA Nº 3.34 : FACTOR " "

$I_s/I_n$	RETARDO DE INTERRUPCION		FUSIBLE o seg.
	0.25 seg.	0.1 seg.	
1.5	1.00	1.00	1.00
2	0.99	1.00	
3	0.83	0.90	
4	0.76	0.84	
5	0.72	0.80	
6	0.68	0.78	
7	0.67	0.76	
8	0.65	0.75	
9	0.63	0.74	

(Referencia : ver bibliografía Nº 2, pág. 91)

-POTENCIA PERMANENTE DE CORTOCIRCUITO : ( $S_{cc}$ )

$$S_{cc} = \sqrt{3} V_n I_{cc} \quad (3.27)$$

En el presente proyecto como se ha observado anteriormente, se tiene

$$S_{cc} = S''_{cc} \quad (3.28)$$

-CAPACIDAD DE APERTURA (O DE RUPTURA)

$$S_a = \sqrt{3} V_n I_a \quad (3.29)$$

$$S_a = \mu S''_{cc} \quad (3.30)$$

-CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO A TIERRA : Es la corriente de cortocircuito o su componente, que vuelve al sistema a través de tierra.

### 3.7.2 FALLA A CONSIDERAR

En una Planta Industrial pueden presentarse una diversidad de fallas que originan corrientes de cortocircuito, las cuales pueden tener diversos valores, no obstante, a fin de dimensionar los medios de servicio, se considera la falla (o fallas) que ocasionen las mayores intensidades de corriente de cortocircuito. En el presente proyecto dadas las características del sistema y sus componentes, el caso más desfavorable se presenta en un corto circuito tripolar, llamado también cortocircuito simétrico.

### 3.7.3 METODO DE CALCULO DE LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO TRIPOLAR

Los pasos a seguir en el cálculo de la corriente de cortocircuito tripolar, son los siguientes

- a) CONFECCION DEL ESQUEMA ELECTRICO UNIFILAR : El cual debe mostrar todos los elementos que sirven de fuente para la corriente de cortocircuito, como son red de concesionario, generadores, motores síncronos y asíncronos, etc. Además incluirán los elementos pasivos tales como transformadores, cables, barras, interruptores, etc.

b) ELABORACION DEL DIAGRAMA DE IMPEDANCIAS : El mismo que debe mostrar las resistencias y reactancias significativas a partir del esquema eléctrico unifilar.

Para fallas trifásicas se considerará un sólo tipo de diagrama de impedancias. No se efectuará diferencias entre reactancias transitorias, subtransitorias y síncronas, dado que el suministro eléctrico no proviene directamente de un generador, sino de una red pública.

c) ESTABLECIMIENTO DE BASES : Se establecen las magnitudes de base para los diferentes niveles (tabla Nº 3.35)

TABLA Nº 3.35

MAGNITUDES BASE

MAGNITUD	FORMULA	PRIMARIO	SECUNDARIO Nº 1	SECUNDARIO Nº 2
$S_b$	.....	1000 KVA.	1000 KVA.	1000 KVA.
$V_b$	.....	13.8 Kv.	480 volt.	240 volt.
$Z_b$	$Z_b = \frac{V_b^2}{S_b}$	190.44	0.2304	0.0576
$I_b$	$I_b = \frac{S_b}{3 V_b}$	41.837 Amp.	1202.813 A.	2405.626 A.

d) DETERMINACION DE COMPONENTES : Consiste en definir los valores en ohmios de cada una de las impedancias que aparecen en el diagrama, así como decidir si se considerarán ambas componentes, resistiva y reactiva, o sólo una de ellas.

e) CONTRIBUCION DE LOS MOTORES AL CORTOCIRCUITO Se sabe que tanto

los motores síncronos, como los asíncronos, contribuyen a la corriente de cortocircuito tripolar, debido a la tensión que aparecen en sus bornes, originada por el flujo remanente y el movimiento inercial luego de ser cortada la tensión de suministro. En la fábrica en estudio no existen motores síncronos, de modo que consideramos unicamente a los asíncronos.

Puesto que éstos no tienen una corriente de campo que manten ga la provisión de flujo magnético, la corriente aportada al cortocircuito se desvanece casi completamente en cuatro ciclos, de modo que se evalúa su aporte tan solo en el período sub-transitorio.

Reactancia sub-transitoria de un motor

$$X''_d = \frac{V^2 \times 10^{-3}}{(I_{rb}/I_n) P} \quad (\text{en ohmios}) \quad (3.31)$$

Donde :

- V : Tensión nominal del motor (voltios)
- $I_n$  : Corriente de plena carga del motor (Amp.)
- $I_{rb}$  : Corriente de rotor bloqueado del motor (Amp.)
- P : Potencia del motor en H.P.

Sino se cuenta con el dato de  $I_{rb}$ , se asume la aproximación dada por las normas ANSI C37.13 1973:

$$I_{rb}/I_n = 3.6$$

Reactancia sub-transitoria equivalente para un grupo de motores trabajando en forma simultánea

Se utiliza la misma fórmula Nº 3.31, con la salvedad que en este

caso la potencia está dado por :

$$P = P_T = f_s \times P_i \quad (3.32)$$

Donde :

$P_i$  : Potencias nominales de los motores en H.P.

$f_s$  : Factor de simultaneidad correspondiente al grupo de motores.

f) IMPEDANCIAS EN POR UNIDAD (p.u.)

A fin de referir los valores óhmicos de las impedancias a un mismo sistema de referencia, se expresan dichas impedancias en valores por unidad, utilizando para ello la fórmula :

$$z_i = \frac{Z_i}{Z_b} \quad (3.33)$$

Siendo :

$z_i$  : Valor en p.u. de la impedancia  $Z_i$

$Z_i$  : Valor en ohmios de la impedancia  $Z_i$

$Z_b$  : Valor base en ohmios para las impedancias en el nivel de tensión correspondiente.

g) IMPEDANCIA TOTAL EN EL PUNTO DE FALLA ( $Z_{T/F}$ ) : Aplicando métodos conocidos de reducción de impedancias, se halla la impedancia total entre la barra de referencia y el punto de falla.

h) Se evalúa la realación R/X y se calcula el factor :

$$\gamma = 1 + e^{-R/X}$$

i) Se calcula la corriente de cortocircuito tripolar :

$$I''_{cc3\phi} = \frac{1.1 V_n}{\sqrt{3} Z_T} \quad (\text{Amperios})$$

En valores p.u. :

$$i_{cc3\phi} = \frac{I''_{cc3\phi}}{I_b} = \frac{\frac{1.1 V_n}{\sqrt{3} Z_T}}{\frac{V_b}{\sqrt{3} Z_b}} = \frac{\frac{1.1 V_n}{V_b}}{\frac{Z_T}{Z_b}}$$

Donde :  $V_n/V_b = 1$ ;  $Z_T/Z_b = z_T$  p.u.

Por lo tanto :

$$i''_{cc3\phi} \text{ (p.u.)} = \frac{1.1}{z_T \text{ (p.u.)}} \quad (3.36)$$

$$I''_{cc3\phi} = I_b (i''_{cc3\phi} \text{ (p.u.)}) \text{ (Amp.)} \quad (3.37)$$

j) Luego se evalúa la corriente de impulso :

$$I_s = \sqrt{2} I''_{cc3\phi} \quad (3.38)$$

k) Finalmente cuantificamos :

-Potencia Asimétrica de cortocircuito :

$$S_{Asimet.} = \sqrt{3} V_n I_s$$

-Potencia Simétrica de cortocircuito :

$$S_{Simet.} = \sqrt{3} V_n I''_{cc3\phi}$$

-Potencia permanente de cortocircuito :

$$S_{cc} = S_{Simet.}$$

Teniéndose en cuenta que :

$$V_n = 480 \text{ voltios} \quad (\text{para el circuito de fuerza})$$

$$V_n = 240 \text{ voltios} \quad (\text{para el circuito de alumbrado})$$



#### 3.7.4 EJEMPLO DE CALCULO DE FALLA TRIPOLAR

a) **ESQUEMA ELECTRICO UNIFILAR** : En la figura N° 3.14 se muestra el esquema unifilar en su conjunto de todo el sistema eléctrico del Complejo para fines de cálculo de corrientes de cortocircuito tripolar. En él se indican todos los elementos activos y pasivos que intervienen en el cálculo; asimismo, se han elegido puntos típicos de falla, los mismos que han sido agrupados en tres niveles.

NIVEL 1 Ubica el punto de falla en las barras primarias de 13.8 KV. de cada una de las Sub-Estaciones (puntos F1, F2, F3 y F4).

NIVEL 2 Los puntos de falla están ubicados en las barras secundarias de 480 y 240 voltios de cada Sub-Estación (puntos F1.1, F1.2, F2.1, F2.2, F3.1, F3.2, F4.1, F4.2).

NIVEL 3 Ubica los puntos de falla al final de un alimentador secundario del circuito de fuerza de 480 voltios o del de iluminación de 240 voltios de cada una de las Sub-Estaciones; eligiéndose puntos típicos en cada uno de los circuitos (puntos F1.1B, F1.2B, F1.2C, F2.1B, F2.2B, F2.2C, F3.1B, F3.2B, F3.3B, F4.1B y F4.1C).

b) **DIAGRAMA DE IMPEDANCIAS** : En la figura 3.15 se muestra el diagrama de impedancias que se tendrá durante el proceso de cálculo de las corrientes de cortocircuito en general, de acuerdo al punto de falla del que se trate, según sea el nivel de fallas que se tenga.

En este diagrama se indican los valores de las impedancias en por unidad, de los elementos que intervienen en el cálculo y que genericamente fueron indicados en el esquema unifilar del sistema, a excepción de los alimentadores secundarios que se calculan oportunamente de acuerdo a los calibres indicados en las tablas de cálculo de conductores.

c) ESTABLECIMIENTO DE BASES Las bases fueron definidas en su totalidad en el punto 3.7.3.

d) DETERMINACION DE COMPONENTES

PUNTO DE FALLA : F1.1B

Sistema : La impedancia del sistema se calculará mediante la

fórmula :

$$Z_{\text{sist.}} = j \frac{V^2}{S_{\text{CC}}} \quad (3.39)$$

Donde :

V : Tensión de suministro del sistema en KV.

$S_{\text{CC}}$  : Potencia de cortocircuito del sistema en el punto de suministro de energía, dato suministrado por el Concesionario e igual a 750 MVA.

Luego :

$$Z_{\text{sist.}} = j \frac{(13.8 \text{ KV.})^2}{750 \text{ MVA.}} = j0.253920 \text{ Ohms.}$$

En valores por unidad :

$$z_{\text{sist.}} = \frac{Z_{\text{sist.}}}{Z_b} = j \frac{0.253920}{190.44} = j 0.001333 \text{ p.u.}$$

LINEA PRIMARIA AEREA (LP1-A) : Cable de cobre desnudo Nº 2 AWG.

de acuerdo a valores de tablas de R y X se tiene :

$$Z_{LP1-A} = (0.6412 + j0.4424) \frac{\text{Ohms.}}{\text{Km.}} \times 1.5 \text{ Km.}$$

$$= 0.9618 + j0.6636 \text{ Ohms.}$$

En p.u. :

$$Z_{LP1-A} = \frac{Z_{LP1-A}}{Z_b (13.8 \text{ Kv})} = 0.00505 + j0.003485 \text{ p.u.}$$

LINEA PRIMARIA SUBTERRANEA : La línea primaria, tanto de distribución como de suministro, está conformada por conductores tipo NKY de los calibres indicados en los puntos 3.6.2 y 3.6.1.3 respectivamente, por lo tanto, sus impedancias serán :

$$Z_{LP1S} = (0.148 + j0.099) 0.08 \text{ ohmios.}$$

$$Z_{LP1S} = Z_{LP1S} / Z_b = 0.000062 + j 0.000042 \text{ p.u.}$$

$$Z_{LP2} = (0.231 + j 0.103) 0.09 \text{ ohmios.}$$

$$Z_{LP2} = Z_{LP2} / Z_b = 0.000109 + j 0.000049 \text{ p.u.}$$

$$Z_{LP3} = (0.464 + j 0.114) 0.120 \text{ ohmios.}$$

$$Z_{LP3} = Z_{LP3} / Z_b = 0.000292 + j 0.000072 \text{ p.u.}$$

$$Z_{LP4} = (0.464 + j 0.114) 0.100 \text{ ohmios}$$

$$Z_{LP4} = Z_{LP4} / Z_b = 0.000244 + j 0.00006 \text{ p.u.}$$

TRANSFORMADORES : De acuerdo a la tensión de cortocircuito de cada transformador dado en la tabla N° 3.30 y haciendo el cambio de base respectivo, se tiene :

$$x_{T1.1} = j 0.06 \left( \frac{1000 \text{ KVA.}}{800 \text{ KVA.}} \right) = j 0.075 \text{ p.u.}$$

$$x_{T1.2} = j 0.06 \left( \frac{1000 \text{ KVA.}}{630 \text{ KVA.}} \right) = j 0.095238 \text{ p.u.}$$

$$x_{T2.1} = x_{T1.2} = j 0.095238 \text{ p.u.}$$

$$x_{T2.2} = j 0.055 \left( \frac{1000 \text{ KVA.}}{800 \text{ KVA.}} \right) = j 0.1746 \text{ p.u.}$$

$$x_{T3.1} = x_{T2.1} = j 0.095238 \text{ P.U.}$$

$$x_{T3.2} = x_{T3.1} = j 0.095238 \text{ p.u.}$$

$$x_{T3.3} = j 0.055 \left( \frac{1000 \text{ KVA}}{400 \text{ KVA.}} \right) = j 0.1375 \text{ p.u.}$$

$$x_{T4.1} = x_{T1.1} = j 0.075 \text{ p.u.}$$

$$x_{T4.2} = x_{T2.2} = j 0.1746 \text{ p.u.}$$

$$x_{T4.1.9} = 0.04 \left( \frac{1000 \text{ KVA.}}{100 \text{ KVA.}} \right) = j 0.4 \text{ p.u.}$$

CONTRIBUCION DE LOS MOTORES DE INDUCCION : De acuerdo a lo indicado en el punto 3.7.3 - C, fórmula 3.31 y a la máxima demanda de los motores de inducción y sus factores de simultaneidad en cada una de las Sub-Estaciones, se tiene :

$$P_{M1.1} = 830 \text{ Kw.} = 1113 \text{ HO.}; f_s = 0.80$$

$$X_{M1.1} = \frac{440^2 \times 10^{-3}}{3.6 \times 1113 \times 0.8} = 53.7778 \left( \frac{1}{1113 \times 0.80} \right)$$

$$= j 0.000397 \text{ ohmios.}$$

$$x_{M1.1} = j 0.262141 \text{ p.u.}$$

$$P_{M1.2} = 594 \text{ HP.}; f_s = 0.62$$

$$X_{M1.2} = 53.7778 \left( \frac{1}{594 \times 0.62} \right) = j 0.146024 \text{ ohms.}$$

$$x_{M1.2} = j 0.63785 \text{ p.u.}$$

$$P_{M2.1} = 1244 \text{ HP.}; f_s = 0.66$$

$$X_{M2.1} = 53.7778 \left( \frac{1}{1244 \times 0.66} \right) = j 0.07795 \text{ ohms.}$$

$$x_{M2.1} = j 0.338324 \text{ p.u.}$$

$$P_{M3.2} = 1548 \text{ HP.}; f_s = 0.58$$

$$X_{M3.2} = j 0.059897 \text{ ohms.}$$

$$x_{M3.2} = j 0.259969 \text{ p.u.}$$

$$P_{M4.1} = 1723 \text{ HP.}; f_s = 0.56$$

$$X_{M4.1} = j 0.055735 \text{ ohms.}$$

$$= j 0.241906 \text{ p.u.}$$

ALIMENTADOR SECUNDARIO " 1.1.5" : El alimentador secundario N° 1.15 al final del cual se encuentra el punto de falla en cálculo, está conformado por un cable de energía tipo NYY, calibre 3 x 9'5 mm<sup>2</sup>., en una longitud de 28 metros, por lo tanto, de acuerdo a los valores de resistencia y reactancia de dicho cable dado en la tabla N° 3.14, se tiene :

$$Z_{1.1.5} = (0.2309 + j 0.082) 0.028 \text{ ohms.}$$

$$z_{1.1.5} = Z_{1.15} / Z_b = 0.028061 + j 0.0099653 \text{ p.u.}$$

e) IMPEDANCIA TOTAL EN EL PUNTO DE FALLA ( $z_{TF}$ ) : En base al diagrama de impedancias y efectuando las combinaciones de las mismas, determinamos la impedancia total de falla (ver figura N° 3.16).

$$z_{TF1.18} = 0.0308 + j 0.071214 \text{ p.u.}$$

f) RELACION R/X Y  $\delta^1$

$$R/X = 0.0308/0.071214 = 0.43249$$

$$\delta^1 = 1 + e^{-\pi R/X} = 1.25699$$

g) CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO :

$$i_{CC3\phi}'' = \frac{1.1}{Z_{TF1.1B}} \text{ p.u.} = 14.17719 \text{ p.u.}$$

En valores reales :

$$\begin{aligned} I_{CC3\phi}'' &= (i_{CC3\phi}'') I_b = 14.17719 \times 1202.813 \\ &= 17,053 \text{ Amperios.} \end{aligned}$$

h) CORRIENTE DE IMPULSO ( $I_s$ ) :

$$I_s = \sqrt{2} I_{CC3\phi}'' = 1.25699 \times 1.41 \times 18053$$

$$I_s = 30,022 \text{ Amperios.}$$

i) POTENCIAS DE CORTOCIRCUITO : (S)

$$S_{\text{simétrico}} = \sqrt{3} \times 0.48 \times 17,053 = 14,161 \text{ MVA.}$$

$$S_{\text{asimétrico}} = \sqrt{3} \times 0.48 \times 30,022 = 24.93 \text{ MVA.}$$

$$S_{\text{permanente}} = S_{\text{simétrico}} = 14.161 \text{ MVA.}$$

Siguiendo el mismo procedimiento de cálculo, se ha procedido a determinar las corrientes de cortocircuito de todos los puntos de falla considerados, resultados que se indican en la tabla Nº 3.36.

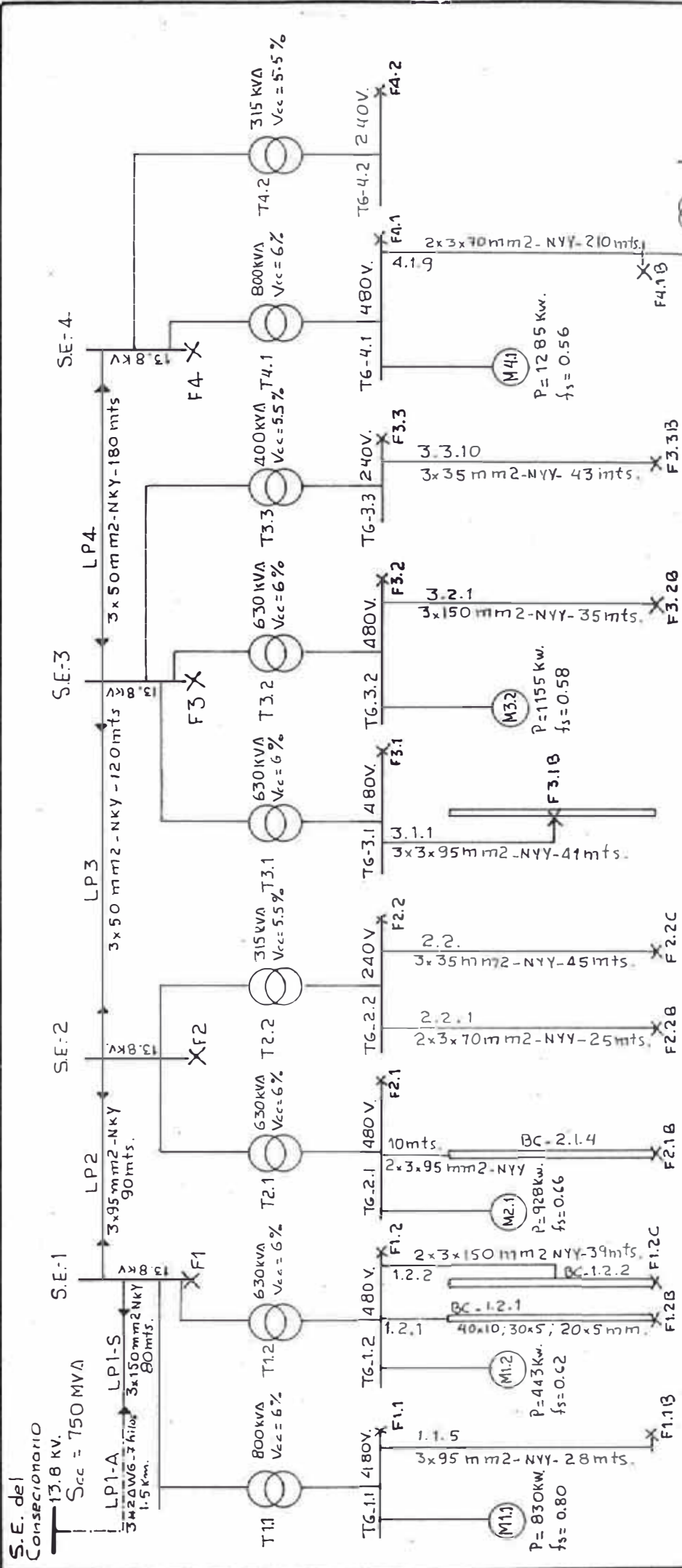
TABLA Nº 3.36 - CALCULO DE LAS CORRIENTES Y POTENCIAS DE CORTOCIRCUITO - FALLA TRIFASICA

PUNTO DE FALLA	IMPEDANCIA TOTAL DE FALLA $Z_{TF} = R + jX \times 10^{-3}$ P.u.	RELACION R/X. $= 1 + e^{-R/X}$	CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO			POTENCIAS DE CORTOCIRCUITO		
			$i''_{cc3\phi} = \frac{1.1}{z_T}$ P.u.	$I''_{cc3\phi}$ (Simétrica) Amp.	$I_s$ (Impulso) Amp.	$S_{Simétrica}$ MVA.	$S_{Asimétrica}$ MVA.	$S_{permanente}$ MVA.
F1	4.522+j4.8527	0.93186	165.8365	6,938	10,306	165.63	246.05	165.63
F2	4.61836+j4.90603	0.94136	163.2572	6,830	10,131	163.06	241.86	163.06
F3	4.8897+j4.9897	0.97996	157.454575	6,587	9,744	157.26	232.63	157.26
F4	5.1234+j5.0559	1.01335	152.8188	6,393	9,388	152.63	224.13	152.63
F1.1	2.7384+j61.249	0.04471	17.9415	21,580	56,868	17.92	47.22	17.92
F1.2	3.47267+j86.4619	0.04016	12.7121	15,290	40,562	12.69	33.68	12.69
F2.1	2.71318+j77.3084	0.035095	14.21996	17,104	45,715	14.20	37.96	14.20
F2.2	4.61883+j179.50914	0.02573	6.12579	14,736	39,941	6.12	16.58	6.12
F3.1	4.88945+j100.22788	0.048783	10.9619	13,185	34,540	10.95	26.68	10.95
F3.2	0.08848+j72.4228	0.001222	15.188	18,269	51,421	15.17	42.69	15.17
F3.3	4.8895+j142.4899	0.0343	7.7153	18,560	49,665	7.71	20.62	7.71
F4.1	2.985+j60.1963	0.049588	18.2511	21,953	57,441	18.23	47.70	18.23
F4.2	5.1234+j179.6359	0.02852	6.1203	14,723	39,738	6.11	16.50	6.11

CONTINUACION TABLA Nº 3.36 - CALCULO DE LAS CORRIENTES Y POTENCIAS DE CORTOCIRCUITO

PUNTO DE FALLA	IMPEDANCIA TOTAL DE FALLA $Z_{TF} = R+jX \times 10^{-3}$ P.U.	RELACION $R/X$	$\frac{-MR}{X} = 1+e$	CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO			POTENCIAS DE CORTOCIRCUITO		
				$i''_{xx3\phi} = \frac{1.1}{Z_{TF}}$ P.U.	$I''_{cc3\phi}$ (Simétrica) (Amp.)	$I_s$ (Impulso) (Amp.)	$S_{Simétrica}$ (MVA).	$S_{Asimétrica}$ (MVA.)	$S_{Permanente}$ (MVA).
F1.1B	30.8+j71.214	0.43249	1.25699	14.17719	17,053	30,022	14.161	24.93	14.161
F1.2B	63.0583+j130.7844	0.482154	1.219867	7.57614	9,113	15,674	7,567	13.016	7.567
F1.2C	101.796+j141.761	0.718082	1.10477	6.302858	7,581	11,809	6.29	9.81	6.29
F2.1B	32.536+j107.995	0.301273	1.3881	9.752665	11,731	22,960	9.74	19.06	9.74
F2.2B	74.2143+j197.304	0.37614	1.30676	5.21822	12,553	23,129	5.21	9.60	5.21
F2.2C	494.462+j244.3529	2.02356	1.001734	1.9944	4,798	6,777	1.99	2.81	1.99
F3.1B	18.586+j105.092	0.17685	1.57373	9.37006	11,270	25,008	9.36	20.77	9.36
F3.2B	22.632+j84.575	0.26759	1.43142	12.56414	15,112	30,500	12.55	25.33	12.55
F3.3B	472.962+j204.452	2.31332	1.0006978	2.13484	5,136	7,247	2.13	3.00	2.13
F4.1B	149.137+j97.566	1.52857	1.00554	6.17228	7,424	10,554	6.16	8.76	6.16
F4.1C	149.137+j497.566	0.299733	1.389988	2.11768	5,094	9,984	2.12	4.15	2.12



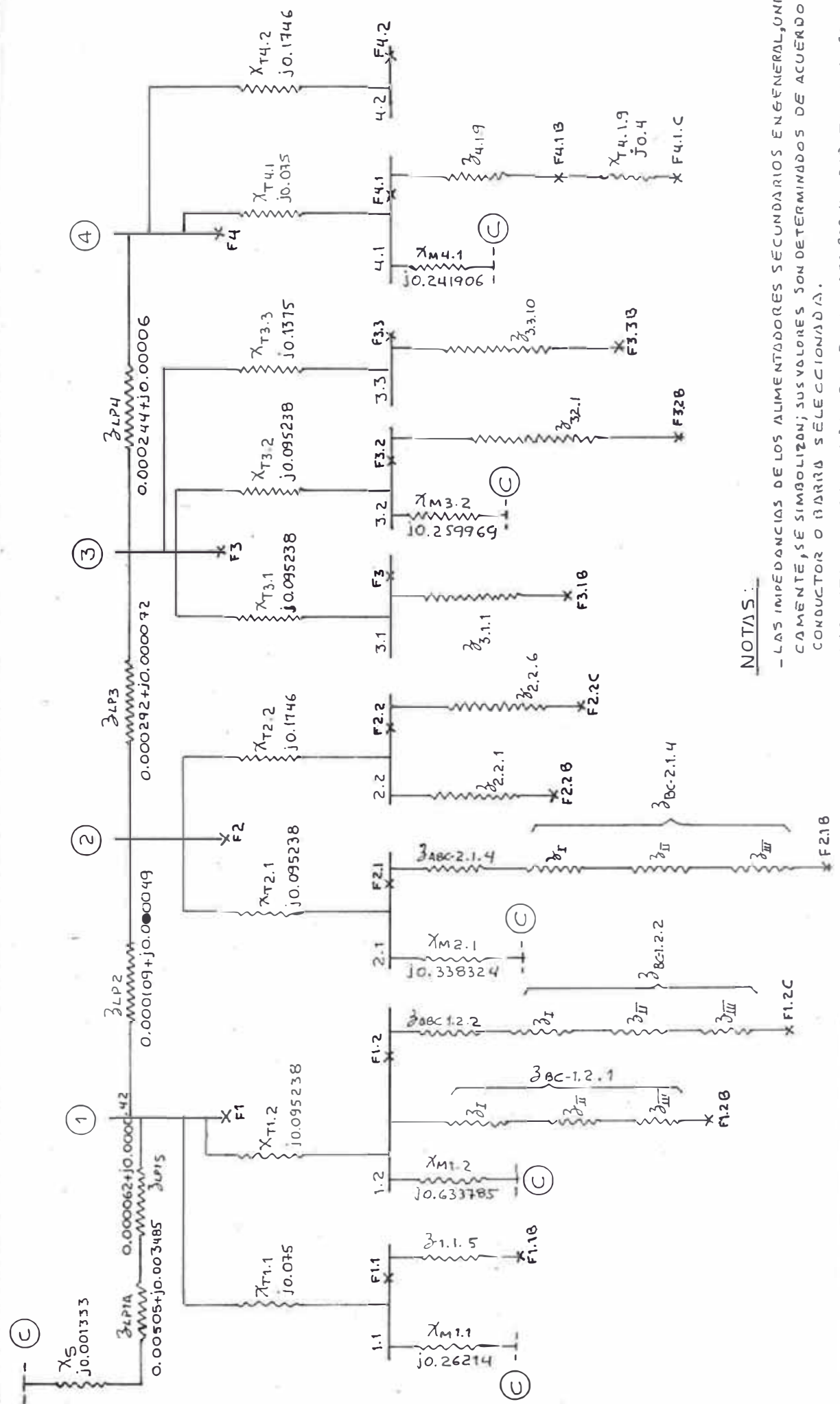


**Nota :**

- En el presente esquema eléctrico, únicamente se han representado los elementos que contribuyen a las corrientes de cortocircuito, y los elementos pasivos necesarios para el cálculo de las mismas, en los puntos considerados como típicos.
- La "X" simboliza el punto de falla y va acompañado de un código que lo identifica.
- Para mayor información de las barras colectoras lineales, ver el cuadro de cálculo de conductores.

- La contribución de los motores asíncronos, se ha considerado teniendo en cuenta el factor de similitud de cada Sub-Estación y se simboliza por la letra "M" seguida de un número.

**FIGURANº 3.14 : ESQUEMA ELECTRICO SIMPLIFICADO PARA EL CALCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO.**



**NOTAS:**

- LAS IMPEDANCIAS DE LOS ALIMENTADORES SECUNDARIOS EN GENERAL, ÚNICAMENTE, SE SIMBOLIZAN; SUS VALORES SON DETERMINADOS DE ACUERDO AL CONDUCTOR O BARRA SELECCIONADA.
- LAS IMPEDANCIAS INDICADAS SON EN VALORES POR UNIDAD, TOMANDO COMO BASES:  
 POTENCIA BASE: 1000 KA  
 TENSIONES BASE: 13.8KV, 480 V., 240V.

**FIGURA N° 3.15: DIAGRAMA DE IMPEDANCIAS PARA CALCULO DE LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO.**

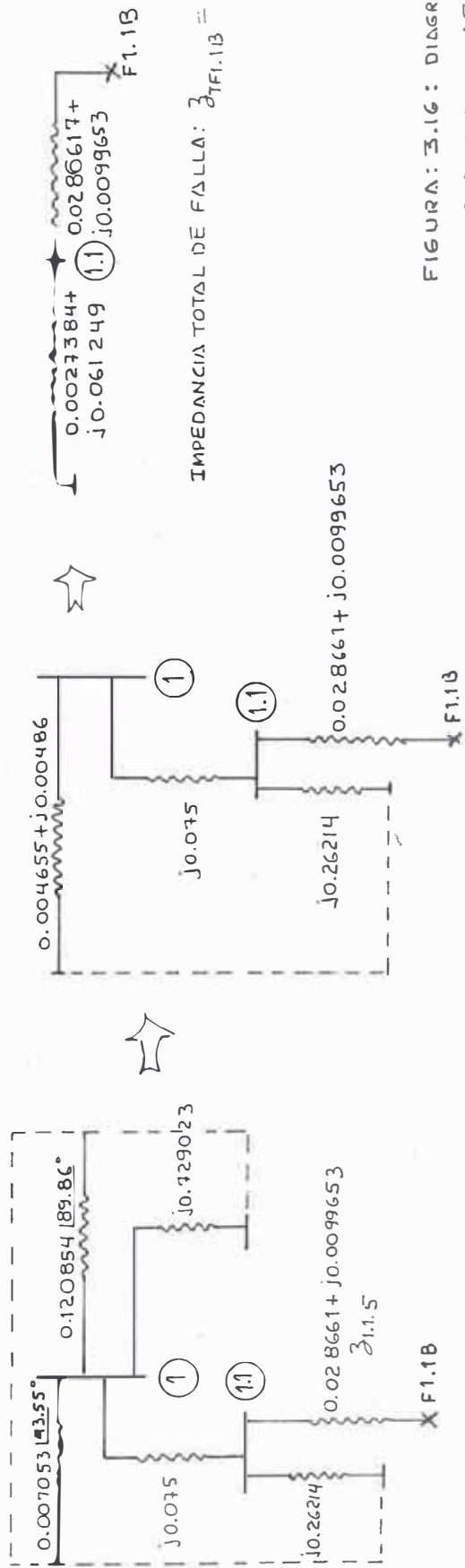
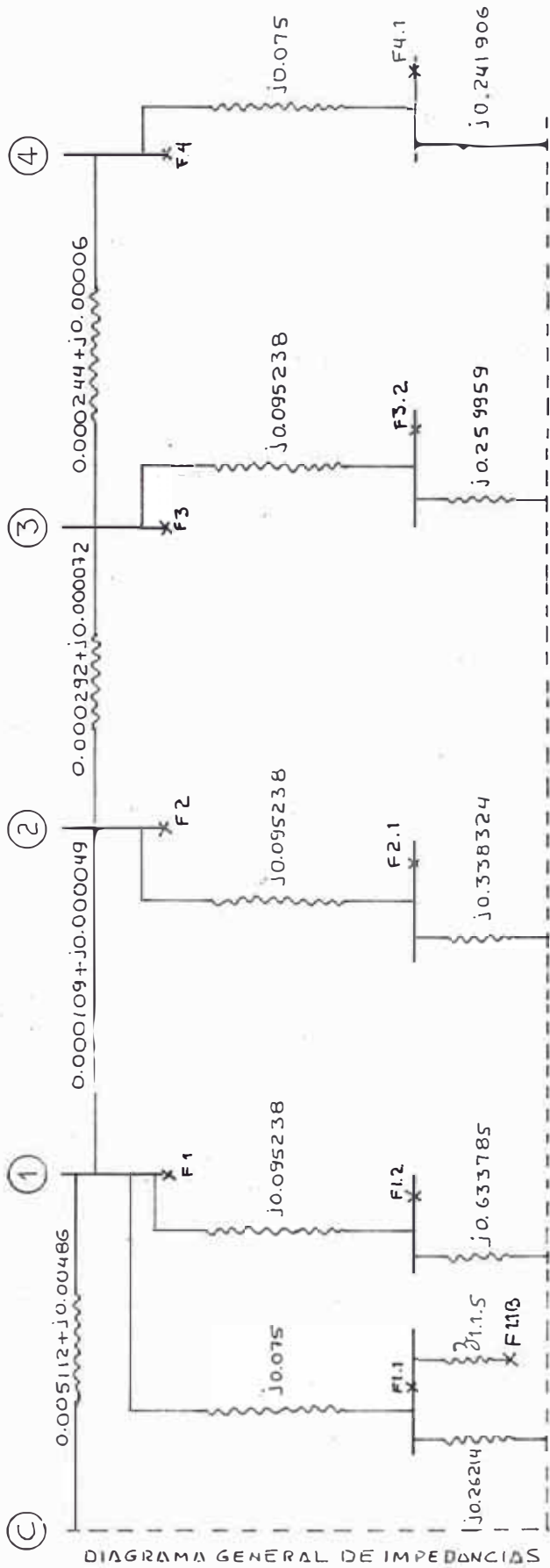


FIGURA: 3.16: DIAGRAMA DE IMPEDANCIAS PARA CALCULO DE LA FALLA TRIPOLAR EN F1.1B

### 3.8 DISEÑO DE LAS SUB-ESTACIONES

#### 3.8.1 GENERALIDADES

Una Sub-Estación puede ser definida como un conjunto de equipos de maniobra y equipos conexos ubicados en un cierto punto de un Sistema Eléctrico, con la finalidad de interconectar y maniobrar un determinado número de circuitos, los mismos que pueden o no estar al mismo nivel de tensión y asociados a líneas aéreas o subterráneas.

Dentro de la Sub-Estación se incluye a los transformadores de potencia, capacitores, equipos de maniobra, protección, medición, servicios auxiliares y en general, cualquier otro equipo que sirva para modificar las características de un Sistema Eléctrico de Potencia.

Las Sub-Estaciones a utilizarse en el Sistema Eléctrico del Complejo Industrial en estudio, son de distribución y transformación del tipo convencional o de caseta, ubicadas como ya lo indicáramos en el punto 3.3.3, en los centros de carga del área a la que sirven e implementadas con los equipos de protección, maniobra, medida y transformación indispensables como para garantizar un adecuado servicio al tipo de industria que están suministrando energía eléctrica.

#### 3.8.2 CONSTITUCION Y ESQUEMA UNIFILAR

Cada una de las Sub-Estaciones constará de tres partes principales, ellas son

a) SECCION PRIMARIA      Donde estarán ubicados los elementos de maniobra, medida y protección para el nivel de tensión de 13.8Kv.

b) SECCION DE TRANSFORMACION

Constituído principalmente por los transformadores de potencia, mediante los cuales se reducirá la energía a los niveles de tensión de utilización.

c) SECCION SECUNDARIA

Es aquella en la que se instalarán los elementos de protección, maniobra y medida de la distribución de energía al nivel de tensión de 480 ó 240 voltios.

Las tres secciones irán instaladas en una misma caseta, tal como detallaremos posteriormente.

En base a los equipos que irán instalados en las tres secciones de cada una de las Sub-Estaciones, confeccionamos los esquemas unifilares indicados en los planos N<sup>os</sup>. SCH-MM-03/2, 04/1, 05/2 y 06/2; los mismos que nos servirán de base para el cálculo de cada uno de los elementos que la constituyen.

### 3.8.3 DISEÑO DEL EQUIPO DE ALTA TENSION

#### 3.8.3.1 EQUIPO DE MANIOBRA

El equipo de maniobra seleccionado, deberá de ser capaz de soportar las solicitaciones máximas a que queda sometido en el lugar de montaje según su finalidad; tal como lo indicamos al dimensionar los mismos.

a) INTERRUPTOR DE POTENCIA (CB-1)

- Tipo : En pequeño volumen de aceite y ubicación fija.
- Tensión nominal : 13.8 KV.
- Máxima tensión nominal : 15 KV.
- Intensidad nominal : 400 AMP. (capacidad standard).
- Nivel de aislamiento (BIL)
  - .Tensión no disrruptiva de impulso. : 95 KV (pico)
  - .Tensión no disrruptiva a la frecuencia de servicio. : 34 Kv. (eficaz)
- Corriente de cortocircuito permanente. : 10 KA.
- Potencia de ruptura. : 250 MVA.
- Corriente máxima de cortocircuito (impulso) : 15 KA.

b) RELE DIRECTO DE SOBRECORRIENTE (b1)

- Tipo : Relé directo de máxima corriente temporizado.
- Corriente nominal : 10 a 600 Amp.
- Corriente de cortocircuito permanente. : 10 KA.
- Máxima corriente de cortocircuito (impulso). : 15 KA.
- Tensión nominal : 15 KV.

c) SECCIONADORES UNIPOLARES (S1, S2, S2', S3, S3', S4, S4', S5, S5')

Los seccionadores a utilizar como elementos separadores de circuitos, serán unipolares con aisladores fijos de operación vertical, apertura en vacío y accionamiento con pértiga; los mismos que deberán reunir las características que se indican a continuación :

<u>Características</u>	<u>Valor real en el punto de instalación.</u>	<u>Valor normalizado.</u>
- Intensidad nominal	S1 : 216 A. S2 = S2': 156 A S3 = S3': 116 A S4 = S4': 109 A. S5 = S5': 156 A.	400 A.
- Tensión nominal	13.8 KV.	15 KV.
- Nivel de aislamiento :		
.Tensión no disrruptiva de impulso		95 KV.
.Tensión no disrruptiva a la frecuencia de servicio.		34 KV.
- Corriente de cortocircuito permanente.	7 KA.	15 KA.
- Corriente máxima de cortocircuito (impulso)	11 KA.	35 KA.

d) CARTUCHOS FUSIBLES DE ALTA TENSION Y ALTA CAPACIDAD

(FT.1, F1.1, F2, F1.2, F5, F2.1, F2.2, F3, F3.1, F3.2, F3.3, F4, F4.1, F4.2)

Los cartuchos fusibles limitadores de corriente en el lado de alta tensión de los transformadores y las líneas primarias derivadas a la diferentes Sub-Estaciones; serán de alta capacidad de ruptura, bajas corrientes de apertura y bajos arcos de voltaje. En el Capítulo 4 se justifica el porque se usan los mismos, limitándonos en el presente acápite a indicar sus características principales, las cuales son válidas para sus respectivas bases.

<u>Características</u>	<u>Valor real en el punto de instalación.</u>	<u>Valor normalizado.</u>
- Tensión nominal	13.8 KV.	15 Kv.
- Intensidad nominal	FT1 : 6 A.	6 A.
	F1.1 = F4.1 : 50 A.	63 A.
	F1.2 = F2.1 : 33 A.	40 A.
	F3.1 = F3.2 : 33 A.	40 A.
	F2 = F5 : 195 A.	200 A.
	F3 : 145 A.	160 A.
	F4 : 145 A.	160 A.
	F2.2 = F4.2 : 20 A.	25 A.
	F3.3 : 26 A.	40 A.
- Corriente permanente de cortocircuito	7 KA.	-----
- Corriente de cortocircuito asimétrico	11 KA.	25



- Nivel de aislamiento

.Tensión no disrruptiva

de impulso.

95 Kv.

.Tensión no disrruptiva

a la frecuencia de ser

vicio.

34 Kv.

### 3.8.3.2 TRANSFORMADORES DE MEDIDA

Para efectos de control y medida en la Sub-Estación de llegada (S.E.1), se instalarán transformadores de tensión y de intensidad en el lado de alta tensión (13.8 KV), tal como puede apreciarse en el esquema unifilar de dicha Sub-Estación.

#### a) SELECCION DEL TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD

Los transformadores de intensidad se seleccionan de acuerdo a las siguientes características :

i) Tipo : Transformador de intensidad de un sólo conductor (barras pante) y con aislamiento de resina.

ii)Clase : 1

iii)Intensidades nominales :

Intensidad Nominal Primario : se determina en base a la intensidad nominal del circuito del cual forma parte, en nuestro caso la corriente nominal del suministro, que es de 215.5 amp. (ver acápite 3.6.1.1), por lo tanto :

$$I_{1N} = 300 \text{ Amp.}$$

$$I_{2N} = 5 \text{ Amp.}$$

iv) Potencia Nominal : Esta se determinará en función de la carga conectada de los instrumentos considerados en el tablero de medida.

- Amperímetro	:	1.00 V-A
- Vatímetro	:	5.00 V-A
- Frecuencímetro	:	6.00 V-A
- Cosfímetro	:	6.00 V-A
- Contador de energía activa	:	0.85 V-A
- Contador de energía reactiva	:	0.90 V-A
- 20 metros de línea doble de 2.5 mm <sup>2</sup>	:	9.00 V-A
Potencia total de carga	:	28.75 V-A

Elegimos un transformador de intensidad de 30 V-A que es un valor standarizado.

v) Resistencia térmica : Se determina como tal, a la intensidad que el arrollamiento primario puede soportar sin perjuicio durante 1 seg., cuando la red se encuentra en condiciones de cortocircuito. Esta intensidad está determinado por :

$$I_{\text{term}} = I_{\text{cc}} \sqrt{t + 0.05}$$

donde :

- $I_{\text{term.}}$  : Corriente térmica admisible del transf.
- $I_{\text{cc}}$  : Corriente permanente de cortocircuito en el punto de instalación del transf. en nuestro caso igual a 7 KA.
- $t$  : Tiempo de disparo en segundos del interruptor CB.1

Por lo tanto :

$$\begin{aligned} I_{\text{term.}} &= 7 \sqrt{1.0 + 0.05} \\ &= 7.17286 \text{ KA.} \approx 7,173 \text{ Amp.} \end{aligned}$$

vi) Factor de resistencia (Th.)

$$\begin{aligned} Th &= I_{\text{term.}} / I_{1N.} \\ Th &= 7,173 / 300 = 23.91 \end{aligned}$$

vii) Resistencia dinámica :

$$\begin{aligned} I_{\text{din.}} &= 2.5 I_{\text{term.}} \\ I_{\text{din.}} &= 2.5 \times 7,173 \\ &= 17.93 \text{ KA.} \end{aligned}$$

b) SELECCION DEL TRANSFORMADOR DE TENSION :

i) Tipo : Transformadores monofásicos con aislamiento de resina colada.

ii) Tensiones nominales :

$$\begin{aligned} V_{1N} &= 15 \text{ KV.} \\ V_{2N} &= 100 \text{ voltios} \end{aligned}$$

iii) Clase : 1

iv) Potencia Nominal : Similarmente al caso de los transformadores de intensidad, son función de las cargas que representan los instrumentos de medida instalados.

- Voltímetro : 5 V-A
- Vatímetro : 8 V-A
- Frecuencímetro : 2 V-A
- Contadores de energía activa : 3 V-A
- Contadores de energía reactiva : 3 V-A

- Cosfímetro : 3 V-A  
 Total de carga ..... 24 V-A

Por lo tanto, seleccionamos uno de 30 V-A, por ser éste un valor standarizado.

### 3.8.3.3 APARATOS DE MEDICION

Los aparatos de medición a utilizarse, serán del tipo de cuadro de 144 x 144 mm., para conexión mediante transformadores de intensidad de 300/5 Amp. y transformadores de tensión de 15000 a 100 voltios. De acuerdo a necesidades y a lo establecido según normas, se instalarán los siguientes aparatos :

<u>INSTRUMENTOS</u>	<u>CLASE</u>	<u>ESCALA DE MEDIDA</u>
- Voltímetro	1.5	0 - 15 KV.
- Amperímetro	1.5	0 -300 A.
- Watímetro	1.5	0 - 1000 - 3000 KW.
- Contadores de energía activa	1.5	-----
- Contadores de energía reactiva	1.5	-----
- Cosfímetro	1.5	CAP-0.5 - 1 - 0.5 IND.
- Frecuencímetro de lenguetas	1.5	55 - 65 Hz.- 21 lenguetas.

### 3.8.3.4 CABEZAS TERMINALES (CT-1, CT-2, CT-2', CT-3, CT-3', CT-4, CT-4', CT-5, CT-5').

Las cabezas terminales que se utilicen en cada una de las Sub-Estaciones serán trifásicas para las secciones de cables NKY que se indican, con acometida vertical, tensión nominal 15 KV y para instalación interior.

<u>Cabeza terminal</u>	<u>Sección y tipo de cable</u>
CT-1	3 x 150 mm <sup>2</sup> - NKY - 15 KV.
CT-2, CT-2', CT-5, CT-5'	3 x 95 mm <sup>2</sup> - NKY - 15 KV.
CT-3, CT-3', CT-4, CT-4'	3 x 50 mm <sup>2</sup> - NKY - 15 KV.

### 3.8.3.5 BARRAS COLECTORAS Y AISLADORES

Las barras colectoras de alta tensión serán diseñadas por :

- Corriente nominal
- Esfuerzos electrodinámicos producidos por las corrientes de cortocircuitos.
- Efectos térmicos producidos por las corrientes de cortocircuito.
- Resonancia.

#### METODO GENERAL DE CALCULO

##### a) CORRIENTE NOMINAL :

En base a las tablas que proporcionan los fabricantes, seleccionamos la barra que sea capaz de transportar en forma continua la corriente nominal de la carga a servir en cada uno de los casos.

##### b) ESFUERZOS ELECTRODINAMICOS PRODUCIDOS POR LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO.

i) La fuerza máxima entre barras sometidas a la corriente de cortocircuito de impulso, está dado por :

$$F_{\text{máx.}} = 2.04 \frac{L}{d} I_s^2 \times 10^{-2} \text{ Kgr.}$$

Siendo :

$I_s$  : Corriente de cortocircuito asimétrica (impulso) en

KA.

L : Distancia entre apoyos (aisladores contiguos de barras) en cm.

d : Distancia entre barras en cm.

Los aisladores de barras deberán de ser capaces de soportar esta fuerza en la punta, afectado generalmente por un factor de seguridad.

ii) Momento máximo producido por la corriente  $I_s$  (momento actual)

$$M = \frac{F \times L}{16} \dots\dots\dots \text{para barras colectoras.}$$

$$M = \frac{F \times L}{10} \dots\dots\dots \text{para derivaciones}$$

Siendo :

F : Fuerza máxima sobre la barra en Kgr.

L : Distancia entre apoyos en centímetros.

iii) Esfuerzo máximo de flexión en la fibra extrema

$$\rho = \frac{M}{J/C} \text{ Kgr/cm}^2.$$

Siendo :

M : Momento actuante en Kgr-cm.

J : Momento de inercia en  $\text{cm}^4$ . (tabla Nº 3.378)

C : Distancia a la fibra neutra en cm.

Este esfuerzo debe estar por debajo del máximo admisible por el material  $\sigma_m$ , que en el caso del cobre electrolítico es de 1000  $\text{kgr./cm}^2$  a 1200  $\text{kgr./cm}^2$ . Para efectos de cálculo de barras, asumimos el valor intermedio, o sea :

$$\sigma_m = 1100 \text{ Kgr./cm}^2. \text{ Por lo tanto, se deberá de cumplir :}$$

$$\sigma_m > \sigma_p$$

c) EFECTOS TERMICOS PRODUCIDOS POR LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO

La sobre temperatura de una barra debido a la corriente de cortocircuito permanente, durante un tiempo "t" está dado por:

$$\Delta T = \frac{K}{A^2} I_{cc}^2 (t + \Delta t)^\circ C.$$

Donde :

K : Constante del material (0.0058 para el cobre)

A : Sección transversal de la barra en mm<sup>2</sup>.

I<sub>cc</sub> : Corriente de cortocircuito permanente en amp.

t : Tiempo del relé más el tiempo de apertura del interruptor en segundos.

Además :

$$\Delta t = \left( \frac{I''_{cc}}{I_{cc}} \right)^2 \tau$$

Siendo :

I''<sub>cc</sub> : Corriente alterna de cortocircuito inicial.

I<sub>cc</sub> : Corriente de cortocircuito permanente.

$\tau = 0.3$  para cortocircuitos trifásicos.

$\tau = 0.6$  para cortocircuitos bifásicos.

Como en nuestro caso I''<sub>cc</sub> = I<sub>cc</sub> se tendrá que

$$\Delta t = 0.6 \text{ seg.}$$

Ahora bien, considerando una temperatura ambiente máxima de 35°C, la temperatura que alcanzará la barra será

$$T = 35^\circ C + \Delta T$$

Esta temperatura deberá ser menor que la máxima temperatura admisible en condiciones de cortocircuito en las barras de cobre que se están utilizando y que es igual a 200°C.

d) RESONANCIA

La frecuencia natural ( $f_n$ ) con la que vibran las barras, debe rá de estar fuera del rango del + 10% de la frecuencia eléctrica ( $f_e$ ) o del doble de la misma, a fin de evitar entrar en resonancia, por lo tanto se debe cumplir :

$$f_n > 1.1 f_e; \text{ ó}$$

$$f_n < 0.9 f_e; \text{ ó}$$

$$f_n > 1.1 (2f_e); \text{ ó}$$

$$f_n < 0.9 (2f_e)$$

Para lo cual la frecuencia natural se determinará mediante la fórmula :

$$f_n = 112 \sqrt{\frac{E \times J}{G \times L^4}} \text{ c/seg.}$$

donde :

E :  $1.25 \times 10^6$  Kgr/cm<sup>2</sup> es el módulo de elasticidad del cobre.

J : Momento de inercia en Cm<sup>4</sup>.

G : Peso de la barra en Kgr/cm.

L : Longitud de la barra (distancia entre dos apoyos contiguos).

En las tablas Nº 3.38 a 3.41 se indican los resultados del cálculo al seleccionar las barras colectoras.

3.8.3.6 ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS

a) ELEMENTOS DE CONEXION DE EQUIPOS

Los elementos de conexión entre las barras colectoras y los equipos instalados (transformadores, fusibles, interruptores, seccionadores, etc.) osea las barras de las derivaciones, serán calculadas



en forma similar a las barras colectoras, los resultados del cálculo se indican en las tablas N<sup>o</sup> 3.38 a 3.41.

b) ACCESORIOS DE CONEXION Y DERIVACIONES :

Los accesorios de derivación y conexión (conectores) dependerán de la capacidad de los equipos que interconexionen de las características físicas de los terminales de dichos equipos y de las barras colectoras o de derivación.

3.8.4 DISEÑO DEL EQUIPO DE BAJA TENSION

a) BARRAS COLECTORAS :

Las barras colectoras de los tableros generales, así como las barras colectoras lineales serán diseñadas por :

- i) Corriente nominal
- ii) Caída máxima de tensión (sólo para las barras colectoras lineales, ya descrito en el acápite 3.4.5)
- iii) Esfuerzos electrodinámicos producidos por la corriente de cortocircuito.
- iv) Efectos térmicos producidos por la corriente de cortocircuito permanente.
- v) Resonancia.

El método de cálculo en cada una de las condiciones anteriormente indicadas, es similar al descrito en el diseño de las barras de alta tensión. Los resultados se indican en las tablas N<sup>o</sup> 3.38 a 3.42.

b) TRANSFORMADORES DE MEDIDA :

La conexión de los instrumentos de medida de los tableros generales, se efectuará mediante los transformadores de inten-



- Resistencia térmica :

$$I_{term} = I_{cc} \sqrt{t + 0.05}$$

donde :

$$I_{cc} = 21,953 \text{ amp. (caso más desfavorable)}$$

$$t = 1 \text{ seg.}$$

Reemplazando datos :

$$I_{term} = 21,953 \sqrt{1.0 + 0.05}$$

$$I_{term} = 22,495 \text{ Amp.}$$

TABLA Nº 3.37 A  
BARRAS CONDUCTORAS DE SECCION RECTANGULAR



ANCHO RA X ESPE- SOR	mm. mm <sup>2</sup> .	PESO (densidad considerada. 8.9 Kg/ dm <sup>3</sup> .) Kg/m.	INTENSIDAD PERMANENTE EN AMP. EN C.A. 60 Hz.				VALOR ESTATICO PARA UNA BARRA			
			PINTADAS		DESNUDAS		X 		Y 	
			NUMEROS DE BARRAS		NUMEROS DE BARRAS		Wx	Jx	Wy	Jy
			1	2	1	2	cm <sup>3</sup>	Cm <sup>4</sup>	Cm <sup>3</sup>	Cm <sup>4</sup>
12x2	23.5	0.209	125	225	110	200	0.0480	0.0288	0.00800	0.0008
15x2	29.5	0.262	155	270	140	240	0.0750	0.0563	0.0100	0.0010
15x3	44.5	0.396	185	330	170	300	0.113	0.0844	0.0225	0.00338
20x2	39.5	0.351	205	350	185	315	0.133	0.133	0.0133	0.00133
20x3	59.5	0.529	245	425	220	380	0.200	0.200	0.0300	0.0045
20x5	99.1	0.882	325	560	295	500	0.333	0.333	0.0833	0.0208
25x3	74.5	0.663	300	520	270	460	0.313	0.391	0.0375	0.00563
25x5	124	1.11	395	670	350	600	0.521	0.651	0.104	0.0260
30x3	89.5	0.796	355	610	315	540	0.450	0.675	0.045	0.00675
30x5	149	1.33	450	780	400	700	0.750	1.13	0.125	0.0313
40x3	119	1.06	460	790	420	710	0.800	1.60	0.06	0.009
40x5	199	1.77	600	1000	520	900	1.33	2.67	0.167	0.0417
40x10	399	3.55	850	1500	760	1350	2.67	5.33	0.667	0.333
50x5	249	2.22	720	1220	630	1100	2.08	5.21	0.208	0.0521
50x10	499	4.44	1030	1800	920	1600	4.17	10.40	0.833	0.417
60x5	299	2.66	850	1430	760	1250	3.00	9.00	0.250	0.0625
60x10	599	5.33	1200	2100	1060	1900	6.00	18.00	1.00	0.500
80x5	399	3.55	1070	1900	970	1700	5.33	21.3	0.333	0.0833
80x10	799	7.11	1560	2500	1380	2300	10.70	42.70	1.33	0.667
100x5	499	4.44	1350	2300	1200	2050	8.33	41.70	0.417	0.104
100x10	999	8.89	1880	3100	1700	2800	16.7	83.30	1.67	0.833
120x10	120	10.7	2200	3500	2000	3100	24.00	144	2.00	1.00
160x10	160	14.2	2800	4400	2500	3900	42.7	341	2.67	1.33
200x10	2000	17.8	3350	5300	3000	4750	66.7	667	3.33	1.67

TABLA Nº 3.37 B

BARRAS CONDUCTORAS DE CU - DE SECCION CIRCULAR

DIAMETRO (mm.)	SECCION (mm <sup>2</sup> )	PESO Kgr/m.	INTENSIDAD PERMANENTE EN AMP. C.A - 60 Hz.		VALORES ESTATICOS	
			PINTADAS	DESNUDAS	J cm <sup>4</sup> .	W cm <sup>3</sup>
5	19.60	0.175	95	85	0.00306	0.0123
8	50.3	0.447	179	159	0.0201	0.0503
10	78.5	0.699	243	213	0.0491	0.0982
16	201	1.79	464	401	0.322	0.402
20	314	2.80	629	539	0.785	0.785
32	804	7.16	1160	976	5.15	3.22
50	1960	17.50	1930	1616	30.7	12.3

TABLA Nº 3.38  
DIMENSIONAMIENTO DE BARRAS - S.E. Nº 1  
DISPOSICION DE BARRAS.

CODIGO DE BARRA	I <sub>n</sub> CORRIENTE NOMINAL AMP.	DIMENSIONES DE LA BARRA ∅ ó hxb (mm.)	CORRIENTES DE CIRCUITO CORTO		SEPARACION DE APOYOS (L) Cm.	SEPARACION ENTRE BARRAS (d) cm.	FUERZA MAXIMA EN APOYOS. (F <sub>máx.</sub> ) Kgr.	ESFUERZO MAXIMO DE FLEXION σ Kgr/cm <sup>2</sup>	TEMPERATURA MAXIMA POR EFECTO DE I <sub>cc</sub> (T) °C	FRECUENCIA NATURAL (fm.) c/s.
			I <sub>s</sub> KA	I <sub>cc</sub> KA						
BC-1	228	16	11	7	204	30	17	537	46	13
BD-1	270	16	11	7	100	30	8.23	205	46	53
BD-2	195	16	11	7	140	30	11.52	401	46	27,
BD-1.1	42	10	11	7	100	30	8.23	838	109	34
BD-1.2	33	10	11	7	100	30	8.23	838	109	34
BD-5	195	16	11	7	140	30	11.52	401	46	27
BD-T.1	-.-	10	11	7	100	30	8.23	838	109	34
BC-1.1	1204	100 x 5	57	21.58	100	18	442.46	332	50	384
BC-1.2	948	80 x 5	40.56	15.56	100	18	186.5	219	45	307

MATERIAL DE LAS BARRAS :

Cobre electrolítico temple duro

Conductividad 56 m/Ω x mm<sup>2</sup>.

Esfuerzo máximo a la flexión σ<sub>cu</sub> = 1100 Kgr/cm<sup>2</sup>.

Temperatura máxima admisible T<sub>cu</sub> = 200 °C

Frecuencia eléctrica fe = 60 c/s.

CONDICIONES DE DISEÑO

1º σ<sub>cu</sub> > σ<sub>p</sub>

2º T < T<sub>cu</sub>

3º fn ≠ fe ± 10% ó 2 fe ± 10%

NOTA

1. Las barras de alta tensión serán de sección circular y las de baja tensión de sección rectangular.

TABLA Nº 3.39  
DIMENSIONAMIENTO DE BARRAS S.E. Nº 2

CODIGO DE BARRA	I <sub>n</sub> CORRIENTE NOMINAL AMP.	DIMENSIONES DE LA BARRA mm.	CORRIENTES DE COR- TOCIRCUITO		SEPARACION DE APOYOS (L) cm.	SEPARACION ENTRE BA- (d) cm.	FUERZA MAXIMA EN APOYOS. (F <sub>máx.</sub> ) Kgr.	ESFUERZO MAXIMO DE FLEXION $\sigma$ Kgr/cm <sup>2</sup>	TEMPERATURA MAXIMA POR EFECTO DE I <sub>cc</sub> (T) °C	FRECUENCIA NATURAL (f <sub>m.</sub> ) c/s.
			I <sub>s</sub> KA	I <sub>cc</sub> KA						
BC-2	162	16	10.20	6.83	196	30	13.86	445	47	14
BD-2'	195	16	10.20	6.83	140	30	9.91	345	47	27
BD-3	145	16	10.20	6.83	140	30	9.91	345	47	27
BD-2.1	33	10	10.20	6.83	100	30	7.07	723	105	33
BD-2.2	17	10	10.20	6.83	100	30	7.07	723	105	33
BC-2.1	948	80 x 5	45.72	17.10	100	18	236.9	307	47	307
BC-2.2	948	80 x 5	39.94	14.74	100	18	180.79	212	99	307

MATERIAL DE LAS BARRAS :

Cobre electrolítico temple duro

Conductividad :  $56 \text{ m}/\Omega \times \text{mm}^2$ .

Esfuerzo máximo a la flexión :  $\sigma_{cu} = 1100 \text{ Kgr}/\text{cm}^2$ .

Temperatura máxima admisible :  $T_{cu} = 200 \text{ }^\circ\text{C}$

Frecuencia eléctrica  $f_e = 60 \text{ c/s.}$

CONDICIONES DE DISEÑO

1º  $\sigma_{cu} > \sigma_p$

2º  $T < T_{cu}$ .

3º  $f_n \neq f_e \pm 10\%$  ó  $2 f_e \pm 10\%$

DISPOSICION DE BARRAS

Similar al indicado en la tabla Nº 3.37

TABLA Nº 3.40  
DIMENSIONAMIENTO DE BARRAS - S.E. Nº 3

CODIGO DE BARRAS	I <sub>n</sub> CORRIENTE NOMINAL AMP.	DIMENSIONES DE LA BARRA mm.	CORRIENTES DE CIRCUITO CORTO		SEPARACION DE APOYOS (L) cm.	SEPARACION ENTRE BARRAS (d) cm.	FUERZA MAXIMA EN APOYOS. (F <sub>máx.</sub> ) Kgr.	ESFUERZO MAXIMO DE FLEXION $\sigma$ Kgr/cm <sup>2</sup>	TEMPERATURA MAXIMA POR EFECTO I <sub>cc</sub> (T) °C	FRECUENCIA NATURAL (f <sub>m.</sub> ) c/s.
			I <sub>s</sub> KA	I <sub>cc</sub> KA						
BC-3	157	16	9.8	6.6	196	30	12.8	390	45	14
BD-3	145	16	9.8	6.6	140	30	9.14	318	45	27
BD-4	136	16	9.8	6.6	140	30	9.14	318	45	27
BD-3.1	33	10	9.8	6.6	100	30	6.53	672	101	33
BD-3.2	33	10	9.8	6.6	100	30	6.53	672	101	33
BD-3.3	21	10	9.8	6.6	100	30	6.53	672	101	33
BC-3.1	948	80 x 5	34.54	13.18	100	18	135.21	159	83	307
BC-3.2	948	80 x 5	51.42	18.27	100	18	299.65	352	141	307
BC-3.3	1204	100 x 5	49.66	18.56	100	18	279.55	210	93	380

## NOTAS

- Material de las barras y condiciones de diseño, similares a las indicadas en la tabla Nº 3.37
- La disposición de barras es similar al indicado en la tabla Nº 3.37



TABLA Nº 3.41  
DIMENSIONAMIENTO DE BARRAS - S.E. Nº 4

CODIGO DE BARRA	I <sub>n</sub> CORRIENTE NOMINAL (Amp.)	DIMENSIONES DE LA BARRA mm.	CORRIENTES DE COR- TOCIRCUITO		SEPARACION DE APOYOS (L) cm.	SEPARACION ENTRE BARRAS (d) cm.	FUERZA MAXIMA EN APOYOS (F <sub>máx.</sub> ) Kgr.	ESFUERZO MAXIMO DE FLEXION $\bar{\nu}$ Kgr/cm <sup>2</sup>	TEMPERATURA MAXIMA POR EFECTO DE I <sub>cc</sub> (T) °C.	FRECUENCIA NATURAL (fm.) c/s.
			I <sub>s</sub> KA	I <sub>cc</sub> KA						
BC-4	211	16	9.4	6.4	204	30	12.56	398	45	13
BD-4'	195	16	9.4	6.4	140	30	8.41	293	45	27
BD-4.1	42	10	9.4	6.4	100	30	6.00	611	97	33
BD-4.2	17	10	9.4	6.4	100	30	6.00	611	97	33
BC-4.1	1204	100 x 5	57.44	21.95	100	18	373.93	280	120	380
BC-4.2	948	80 x 5	39.74	14.72	100	18	178.98	210	98	307
BC-4.1.9	400	30 x 5	9.98	5.09	90	18	10.17	76	64	143

NOTAS :

- Material de las barras y condiciones de diseño, similares a las indicadas en la tabla Nº 3.37
- La disposición de barras es similar al indicado en la tabla Nº 3.37

DISPOSICION DE BARRAS

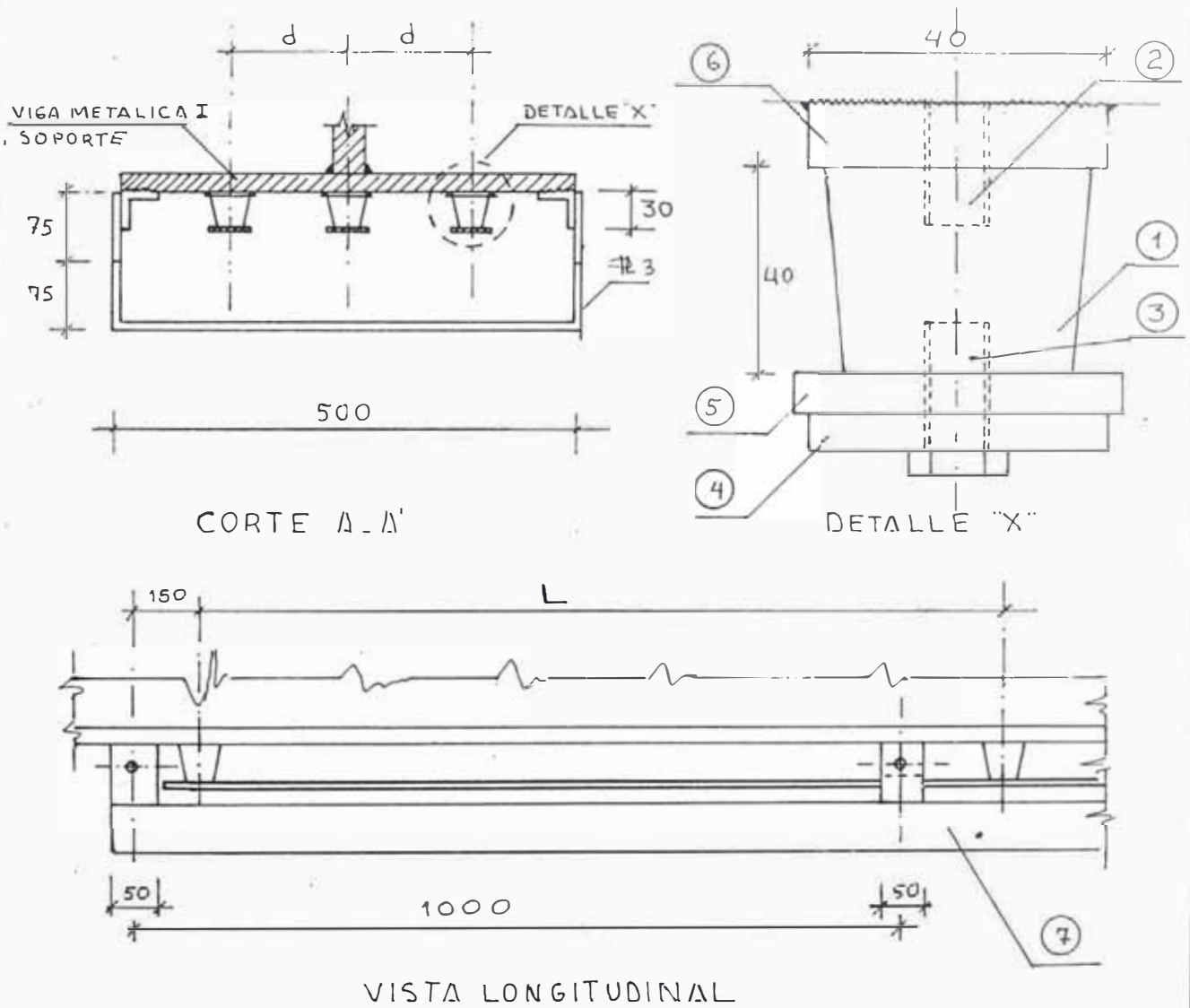
TABLA Nº 3.42  
DIMENSIONAMIENTO DE BARRAS COLECTORAS LINEALES

1	2		3		4	5	6	7	8	9	10
	BARRA COLECTORA LINEAL	TRAMO	CORRIENTES DE CIRCUITO	IMPULSO							
CODIGO			$I_s$ (KA)	PERMANENTE $I_{cc}$ (KA)	L (cm.)	$d$ (cm.)	$F_{m\acute{a}x.}$ (Kgr.)	$\sigma$ (kgf/cm <sup>2</sup> .)	$I_{cc}$	$f_m.$ (c/s.)	
BC-1.2.1	40 x 10		36	13.89	100	14	188.85	443	42	153	
	30 x 5		28	12.08	105	14	119.95	1044	73	105	
	30 x 5		28	12.72	105	14	119.95	1044	77	105	
BC-1.2.2	25 x 5		24	11.57	100	14	90.38	1085	86	96	
	20 x 5		19	9.03	105	14	56.65	1063	83	77	
	20 x 3		13	7.20	105	14	24.63	770	120	77	
BC-2.1.4	40 x 5		37	15.13	100	14	199.48	934	69	154	
	30 x 5		27	12.23	105	14	111.54	972	74	105	
	30 x 5		25	11.27	105	13	102.98	897	68	105	
BC-3.1.1	25 x 5		21	9.79	100	13	65.56	787	71	96	
	20 x 5		15	7.72	105	13	37.07	743	70	77	
	20 x 3		14	7.59	100	13	32.77	1024	129	77	

CONTINUACION TABLA Nº 3.42

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	30 x 5	29	11.5	105	14	128.67	1068	70	105
BC-3.1.2	20 x 5	19	9	105	14	55.23	1088	83	77
	20 x 3	13.34	7	100	14	25.93	810	115	77
	25 x 5	22.65	10.88	100	14	74.75	997	80	96
BC-3.1.3	20 x 3	13	9.38	100	14	24.63	770	179	77
	15 x 3	11	6.8	105	14	18.51	1080	170	52
BC-4.1.1	40 x 5	50	19.91	80	14	291.42	1091	93	240
	30 x 5	37	16.18	80	14	159.58	1059	103	190
	30 x 5	37	18.24	80	14	159.58	1059	122	180
BC-4.1.7	25 x 5	28	14.58	80	14	91.39	877	115	150
	20 x 5	22	12	90	14	63.47	1072	119	95
	40 x 5	48.49	19.61	80	14	274.09	1027	91	240
BC-4.1.8	25 x 5	22.82	13.38	80	14	60.70	583	102	150
	20 x 3	15.74	9.13	90	14	32.49	914	172	95

FIGURA N° 3.17  
 DETALLES CONSTRUCTIVOS DE LAS BARRAS COLECTORAS  
 LINEALES.



①	AISLADOR PORTABARRAS DEBAJA TENSION - DE RESINA.	d	SEPARACION ENTRE BARRAS. DEPENDE DE SUS DIMENSIONES.
②	PERNO DE ANCLAJE DE AISLADOR 1" x 3/8" $\phi$	L	DISTANCIA ENTRE SOPORTES STANDARDIZADO EN 1mf.
③	PERNO DE SUJECION DE BARRA 1" x 3/8" $\phi$		
④	ARANDELA DE COBRE 15x20 ó 20x20 ó 30x20 ó 40x20 mm.		
⑤	BARRA COLECTORA LINEAL DE CU-E.		
⑥	PLACA DE ANCLAJE DE ACERO SOLDADA A LA VIGA I - DE 40x40x10 mm.		
⑦	TAPA METALICA PROTECTORA CONSTRUIDA DE PLANCHO DE ACERO DE 3mm.		



tabla Nº 4.2 a 4.5, tomándose como base las cargas de cada uno de los circuitos.

d) FUSIBLES SECCIONADORES DE POTENCIA :

Los fusibles seccionadores de potencia de baja tensión a utilizarse como elementos de maniobra y protección de alimentadores en general, deberán ser de las siguientes características básicas :

Tensión nominal	500 voltios.
- Tensión de aislamiento	1000 voltios.
- Base portafusible	Tripolar
Fusibles a utilizar	NH de alta capacidad de ruptura.
- Intensidad nominal	Ver tabla Nº 4.2 a 4.5
- Capacidad de cortocircuito	Ver tabla Nº 4.2 a 4.5

e) ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS:

i) INSTRUMENTOS DE MEDIDA

En cada uno de los tableros generales, se instalarán los siguientes instrumentos, a fin de tener un control de cada una de las características del lado secundario del transformador.

- VATIMETRO

Clase	1.5
Escala de medida	0 - 800 KW.
Dimensiones	144 x 144 mm. para instalación en cuadro.

Conexión	Bobina amperimétrica con transformador de intensidad, bobina voltimétrica, directo.
----------	---

VOLTIMETRO ..

Clase	1.5
Escala de medida:	0 - 500 voltios.
Dimensiones	144 x 144 mm. para cuadro.
Conexión	Directa a la tensión de línea.

- CONMUTADOR VOLTIMETRICO :

Tensión nominal	500 voltios.
Conmutaciones	línea - línea línea - tierra.

- COSFIMETRO

Clase	1.5
Escala de medida	CAP - 0.5 - 1 - 0.5 IND.
Conexión	Bobina amperimétrica con transformador de intensidad, bobina voltimétrica, directa.
Dimensiones	144 x 144 mm. para cuadro.

ii) ELEMENTOS DE DERIVACION Y CONEXION :

Los elementos de derivación y conexión de las barras colectoras a los interruptores o fusibles seccionadores de potencia, serán barras de cobre dimensionadas, de acuerdo a

la capacidad máxima de cada uno de los circuitos que alimenta.

f) TABLEROS DE DISTRIBUCION

Los tableros de distribución serán construídos de láminas de acero de las siguientes dimensiones :

- |               |  |
|---------------|--|
| - Profundidad | 800 mm.  |
| Altura        | 2300 mm.   |
| - Frente      | Variable, de acuerdo a la cantidad de dispositivos que tenga que instalarse. |

Los tableros deberán de tener acceso frontal y con la parte posterior descubierta al igual que la parte inferior.



### 3.8.5 VENTILACION NATURAL DE CABINAS DE TRANSFORMACION

La ventilación de las cabinas de transformación será por circulación natural de aire, para lo cual se ha dispuesto la abertura de entrada sobre el nivel del suelo hasta una altura máxima de 0.70 mts. y ubicado en el lado de alta tensión de la Sub-Estación; la abertura de salida estará en la parte superior de la pared del lado de baja tensión (ver plano N° SCH-MM-03/8).

En su recorrido por la cabina, el aire circulante experimenta pérdidas de velocidad, debido a los cambios de dirección, frotamientos con la pared, cambios de sección de los ductos, etc. Por lo tanto, para que circule la cantidad adecuada de aire por la cabina, es necesario que la fuerza ascensional que adquiere, sea mayor que el total de pérdidas originadas por las resistencias pasivas ya mencionadas.

En nuestro caso, verificaremos lo indicado anteriormente para las dimensiones de la infraestructura civil de la figura N° 3.1.7, donde se considera como si el transformador estuviese solo, esto por que el espacio ocupado por cada uno de ellos tiene su abertura de entrada y salida de aire independientemente de los demás. Asimismo, para efectos de cálculo únicamente se considerará el transformador de 800 KVA, por ser éste el caso más desfavorable de ventilación.

De acuerdo a las características técnicas de los transformadores dadas en el acápite 3.5.3, tabla 3.30, se tiene

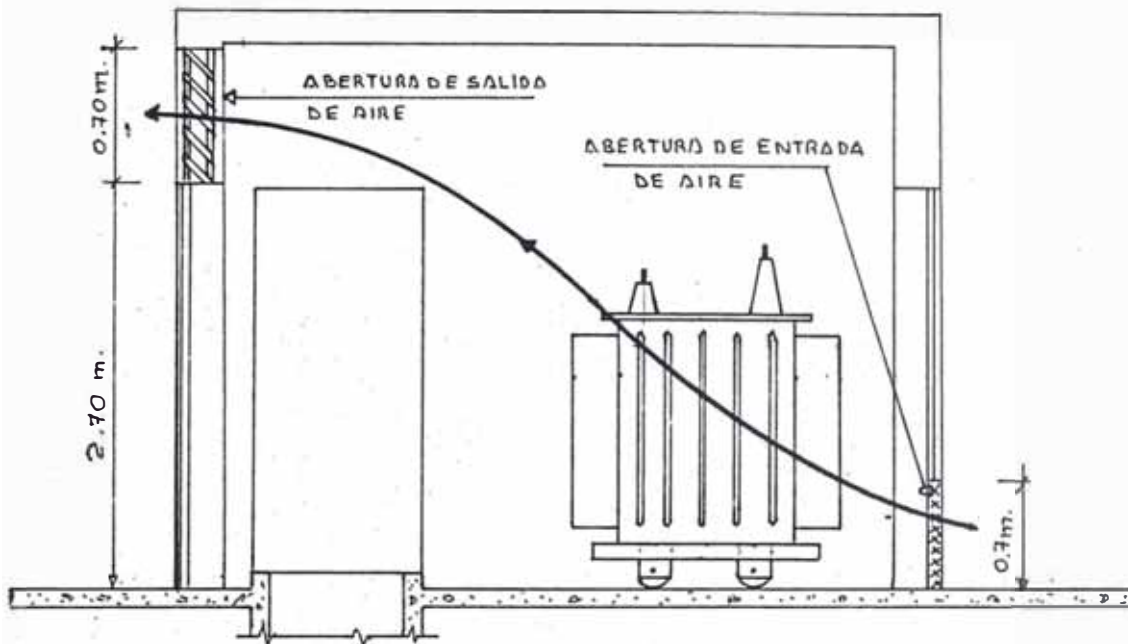


FIGURA N° 3.1

- Potencia nominal del transformador	:	800 KVA.
- Pérdidas en el cobre	:	10 KW.
- Pérdidas en vacío	:	2 KW.
- Pérdidas totales	:	<u>12 KW.</u>

Asumimos que el aire ingresa a la cabina a una temperatura de 35°C y sale a 50°C y la temperatura promedio del aire al pasar por el transformador es de 42.5°C.

#### 3.8.5.1 FUERZA ASCENSIONAL DEL AIRE

La fuerza ascensional del aire para una altura parcial h, se determina por :

$$P_o = \frac{h}{1 + \alpha t} - \frac{h}{1 + \alpha t_1}$$

donde :

h : Altura parcial de la columna de aire en mts.

t.: Temperatura del aire exterior en °C.

t<sub>1</sub>: Temperatura del aire interior en °C.

α: 0.00366

La fuerza ascensional para una determinada altura total de aire, se obtiene sumando las fuerzas ascensionales de las alturas parciales, por lo tanto, en nuestro caso se tendrá :

$$P_{o1} = \frac{1.46}{1 + 0.00366 \times 35} - \frac{1.46}{1 + 0.00366 \times 42.5} = 0.0292$$

$$P_{o2} = \frac{1.84^2}{1 + 0.00366 \times 35} - \frac{1.84^2}{1 + 0.00366 \times 50} = 0.07544$$

*0.0510*

Por lo tanto :

$$P_o = P_{o1} + P_{o2} = 0.0292 + 0.07544 = 0.10464 \text{ mts.}$$

*0.0510      0.0802*

### 3.8.5.2 CANTIDAD DE AIRE NECESARIO PARA LA EVACUACION DEL CALOR

El volumen de aire seco para evacuar el calor correspondiente a 1 Kw-h, se determina por :

$$Q = \frac{866}{0.238 (t_1 - t)} \times \frac{T}{342 P} \text{ m}^3/\text{Kw-h}$$

donde :

T : Temperatura absoluta en grados Kelvin

P : Presión del aire en atmósferas.

t<sub>1</sub>-t : Diferencia de temperaturas.

Por lo tanto, el volumen de aire seco a la entrada de la cabina, necesario para evacuar el calor de 1 Kw-h será :

$$Q_e = \frac{866}{0.238 (50-35)} \times \frac{273 + 35}{342 \times 1} = 220 \text{ m}^3/\text{Kw-h}$$

Tomando en cuenta las pérdidas totales del transformador que es de 12 Kw, se tendrá :

$$Q_e = \frac{220 \times 12}{3600} = 0.733 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

Y el volumen de aire seco a la salida, será :

$$Q_s = \frac{866}{0.238 (50-35)} \times \frac{273 + 50}{342 \times 1 \times 3600} \times 12$$

$$Q_s = 0.7636 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

### 3.8.5.3 PERDIDAS EN EL TRAYECTO DEL AIRE

a) PERDIDAS EN LA REJILLA DE ENTRADA DE AIRE : La rejilla de entrada de aire, está constituida por una malla metálica de 1" x 1", con alambre de 1.4 mm. de diámetro y las pérdidas en ella se calculan por :

$$h_a = \frac{V^2}{2g(1 + \alpha t)} (1 + \Sigma \phi)$$

donde :

V : Velocidad del aire en m/seg. a la entrada.

g : 9.8 m/seg<sup>2</sup>.

$\alpha$  : 0.00366

t : Temperatura en el punto de análisis.

$\Sigma \phi$  : Coeficiente de frotamiento entre el aire y la malla metálica.

Reemplazando datos, se tiene :

Velocidad de entrada del aire

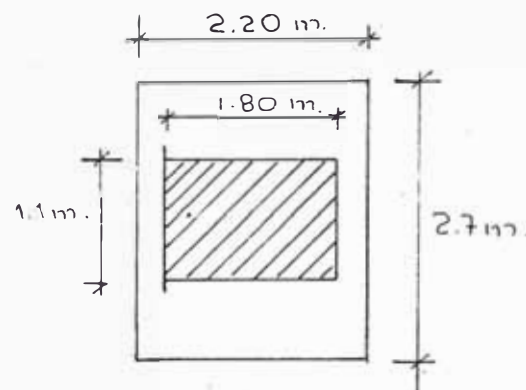
$$V = \frac{Q_e}{A_e} = \frac{0.733}{0.8 \times 2.2} = 0.4164 \text{ m/seg.}$$

$$h_a = \frac{0.4164^2}{2 \times 9.8 (1 + 0.00366 \times 35)} \times (1 + 0.75)$$

$$h_a = 0.00784 \text{ mts.}$$

b) PERDIDAS AL PASAR POR LOS TRANSFORMADORES :

Al pasar por los transformadores, el aire dispone de una área efectiva dado por :



$$\text{Area total : } 2.7 \times 2.2 = 5.94 \text{ m}^2.$$

$$\text{Area ocupada por el transformador : } 1.8 \times 1.1 = 1.98 \text{ m}^2$$

$$\text{Area libre efectiva : } 5.94 - 1.98 = 3.96 \text{ m}^2$$

Por lo tanto, la velocidad del aire será :

$$V = \frac{0.733}{3.96} = 0.1851 \text{ m/seg.}$$

Asimismo, la temperatura promedio tendrá un valor de :

$$t = \frac{35 + 50}{2} = 42.5^\circ\text{C.}$$

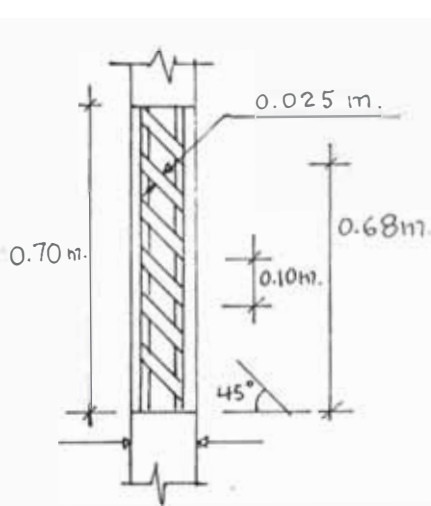
Las pérdidas al pasar por el transformador serán :

$$h_b = \frac{V^2}{2g (1 + \alpha t)} = \frac{0.1851^2}{2 \times 9.8 (1 + 0.00366 \times 42.5)}$$

$$h_b = 0.001512 \text{ mts.}$$

c) PERDIDAS EN LA ABERTURA DE SALIDA

La abertura de salida del aire estará constituida por persianas en celosía, tal como se indica en la figura adjunta, en la que la sección efectiva o libre está determinada por :



$$q = b \left( Z \operatorname{sen} \beta - \left( \frac{Z}{z} - 1 \right) d \right)$$

Donde :

q = Sección libre

b = 2.2 mts.

Z = 0.68 mts.

$\beta = 45^\circ$

z = 0.10 mts.

d = 0.025 mts.

Por lo tanto :

$$q = 2.2 \left( 0.68 \operatorname{sen} 45^\circ - \left( \frac{0.68}{0.10} - 1 \right) 0.025 \right)$$

$$q = 0.7388 \text{ mts}^2.$$

En consecuencia, la velocidad de salida será :

$$v = \frac{Q_s}{q} = \frac{0.7636}{0.7388} = 1.0335 \text{ mts/seg.}$$

Y las pérdidas serán :

$$h_c = \frac{1.0335^2}{2 \times 9.8 (1 + 0.00366 \times 50)} (1 + 0.5)$$

$$h_c = 0.06909$$

El conjunto de pérdidas debe ser compensado por la fuerza ascensional del aire, ya que debe cumplirse

$$h_a + h_b + h_c < P_o$$

Que es justamente lo que se tiene :

$$h_a + h_b + h_c = 0.07844$$

$$P_o = 0.10464 \text{ mts.}$$

$$0.07844 < 0.10464$$

Esto nos está indicando que el calor disipado en la cabina es totalmente evacuado por circulación natural de aire, mediante las aberturas de entrada y salida consideradas.

### 3.8.6 DISPOSICION DE EQUIPO

La disposición de equipo dentro de las Sub-Estaciones se ha efectuado teniendo en cuenta las siguientes premisas

#### a) DISTANCIAS ELECTRICAS :

De acuerdo a lo estipulado en el Código Nacional de Electricidad tomo IV, inciso 3.3.2.2, se han tomado las siguientes distancias mínimas

#### ALTA TENSION

- Distancia a tierra (masa)                      200 mm.
- Distancia entre fases                              300 mm.

#### BAJA TENSION :

- Distancia a tierra                                  120 mm.
- Distancia entre fases                              150 mm.

#### b) AREAS DE MANTENIMIENTO :

A fin de facilitar el mantenimiento de equipo, especialmente el de alta tensión, se ha previsto que las puertas de acceso faciliten éstos trabajos e inclusive el retiro del mismo hacia zonas de mayores dimensiones como lo son las áreas libres de las

naves, circundante de las Sub-Estaciones. Asimismo, entre las partes posteriores de las celdas de alta y baja tensión, se ha previsto un pasadizo de inspección de 0.80 mts. para trabajos de mantenimiento sin tensión.

c) UBICACION DEL EQUIPO :

Partiendo del esquema unifilar de cada una de las Sub-Estaciones y tomando en consideración las dimensiones genéricas del equipo seleccionado, sacado de catálogos, se ha procedido a ubicar los mismos dentro del área del terreno asignado; habiéndose elegido para ello, una disposición de celdas con el lado posterior o puestas y con acceso a las mismas por el lado frontal, permitiendo de ésta manera, ahorrar terreno y ubicar las Sub-Estaciones longitudinalmente con la hilera de columnas de las naves que es la única área disponible para su ubicación. Todo esto se puede apreciar en los planos de equipamiento general de Sub-Estaciones y sus respectivos cortes y detalles.

3.8.7 INFRAESTRUCTURA CIVIL Y METAL MECANICA

a) PLANOS BASICOS DE OBRAS CIVILES :

En los planos de obras civiles se indican las características constructivas de las Sub-Estaciones, tales como ductos, buzones, cimentaciones y muros, techo, etc. Asimismo, se indican las rejillas o ventanas de ventilación.

b) INFRAESTRUCTURA METAL MECANICA :

Se denomina como tal, a todas las partes de las Sub-Estaciones cuya fabricación es en base a planchas de acero o perfiles



estructurales (ángulos, tees, etc.), las mismas que por la naturaleza de la fábrica serán confeccionadas en situ y con personal propio, estos son

i) Celdas de alta tensión : Construída en base a perfiles angulares de acero de 2" x 2" x 1/8". Las dimensiones de dichas celdas son de acuerdo a cada una de las Sub-Estaciones (ver planos respectivos), pero manteniendo una configuración típica.

ii) Puertas metálicas : Dada la disposición de equipo dentro de las Sub-Estaciones, las puertas metálicas de acceso a las celdas de alta y baja tensión deberán de ser de las dimensiones indicadas en los planos respectivos y a base de planchas de acero y perfiles adecuados a sus dimensiones. Estas puertas constituyen el único lugar de acceso para los trabajos de mantenimiento y reparación, así como las maniobras del caso; también servirán de protección contra daños causados por elementos extraños durante los trabajos rutinarios.

## C A P I T U L O     4

### SISTEMA DE PROTECCION Y PUESTA A TIERRA

En toda industria, la protección involucra la correcta selección de los diferentes componentes del sistema, de modo de garantizar una operación confiable y económica, así como reducir los peligros de electrocución del personal de servicio y vigilancia. Consecuentemente el sistema de protección del presente proyecto se analizará desde dos puntos bien diferenciados; el de la protección de la instalación eléctrica (Sub-Estaciones y alimentadores en general) y el de la protección del personal a laborar en la empresa.

#### 4.1 PROTECCION DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS

Las instalaciones eléctricas del sistema (transformadores, barras, cables, etc.), serán protegidas contra las siguientes posibles condiciones anormales a presentarse.

- a) Corrientes de sobre carga.- En estos casos se limitarán las corrientes de carga a un valor máximo permisible, a fin de evitar el deterioro del aislamiento de los componentes del sistema.
- b) Corrientes de cortocircuito.- Las corrientes de cortocircuito se limitarán a un valor máximo, a fin de evitar la presencia de grandes esfuerzos térmicos y electrodinámicos. Esto se logrará utilizando fusibles de alta tensión y alta capacidad de ruptura en los primarios de los transformadores y fusibles NH. de alta capacidad en los circuitos de baja tensión.

#### 4.1.1. PROTECCION CONTRA SOBRECARGAS

##### a) EN ALIMENTADORES Y BARRAS

En el lado de baja tensión, la protección contra efectos de sobrecarga se efectuarán mediante fusibles de alto poder de ruptura tipo NH e interruptores automáticos equipados con disparadores de sobre intensidad térmicos retardados de regulación fija; acondicionados a la carga de los cables o conductores.

Los fusibles tipo NH irán instalados en seccionadores de potencia trifásico para el caso de los tableros generales y en sus respectivas bases unipolares en los tableros de distribución en general. Su uso será exclusivamente para aquellos alimentadores o sub-alimentadores donde las posibilidades de sobrecarga prácticamente sean nulas; tal es el caso de los conductores simples o múltiples que alimentan máquinas de ubicación fija y determinada, (ver planos de esquemas unifilares).

Los interruptores automáticos, serán utilizados en aquellos alimentadores donde la carga es variable, requiriéndose por lo tanto limitarla a su valor nominal; tal es el caso de los alimentadores de cargas móviles (Máquinas de soldar) y cables de enlace, así mismo, se utilizarán interruptores en los casos donde se tenga la posibilidad de un incremento de carga por instalación de más maquinaria, como es el caso de los alimentadores de tableros de distribución y barras colectoras lineales.

##### b) EN TRANSFORMADORES.

Los transformadores de potencia irán protegidos contra efectos de sobrecarga en el lado secundario, mediante interruptores automáti

cos selectivos, equipados con disparadores de sobre intensidad a justables termicamente retardados; los mismos que protegerán a las barras colectoras de los tableros generales.

#### 4.1.2 PROTECCION CONTRA CORTOCIRCUITOS.

##### a) EN ALIMENTADORES Y BARRAS.

La protección de la línea en alta tensión, se efectuará mediante un interruptor en pequeño volumen de aceite, equipado con un relé directo de sobrecorriente e instalado a la entrada de la línea LP1 de suministro de la Sub-Estación Nº 1; además, cada una de las derivaciones de los alimentadores a las diferentes Sub-Estaciones está protegido por fusibles de alto poder de ruptura y alta tensión tipo HH.

Los alimentadores y barras en baja tensión, estarán protegidos mediante fusibles de alta capacidad de ruptura tipo "NH", bajo el criterio de uso indicado en el punto "a" del acápite 4.1.1 y por interruptores automáticos equipados con disparadores electromagnéticos, según sea el caso.

##### b) EN TRANSFORMADORES

Los transformadores serán protegidos por fusibles de alta capacidad de ruptura y alta tensión tipo HH, en el lado primario y por un interruptor automático selectivo, equipados con disparadores electromagnéticos sin retardo ajustables.

#### 4.1.3 CIRCUITO TIPICO DE PROTECCION

De acuerdo a los diagramas unifilares de las Sub-Estaciones y a lo indicado en el acápite 3.4.1 del capítulo 3, en las instalaciones eléctricas del complejo se tienen circuitos típicos como el que

se indica en la figura N<sup>o</sup> 4.1, donde se han tomado circuitos pertenecientes a la Sub-Estación N<sup>o</sup> 2, en base al cual se ilustrará el método general para la selección de los elementos de protección.

a) Dimensionamiento de los fusibles tipo N.H.

Como órganos de protección contra cortocircuitos y sobrecarga de cables alimentadores, se seleccionarán en función de la tabla N<sup>o</sup> 4.1 y de la corriente de cortocircuito máxima que debe interrumpir en el lugar de instalación.

b) Dimensionamiento de los interruptores automáticos.

Los interruptores se dimensionarán en función de la corriente nominal del alimentador o del transformador según sea el caso del que se trate; además, deben ser capaces de abrir la corriente de cortocircuito  $I_{cc}$ .

b.1 Como órgano de protección contra sobrecarga, se dispondrá de un disparador térmico, el mismo que debe ser dimensionado en función de la tabla N<sup>o</sup> 4.1 ( $I_{Ra}$ ).

b.2 Como órgano de protección contra cortocircuitos, se dispondrá de un disparador electromagnético ajustado a un valor mínimo de intensidad de reacción ( $I_{Am}$ ) que es función del interruptor seleccionado.

c) Dimensionamiento de los fusibles tipo HH.

Los fusibles de alta capacidad de apertura y alta tensión tipo HH, deberán ser capaces de permitir el peso de la corriente de inserción de los transformadores y deberán dar protección a la capacidad térmica de los transformadores, para lo cual, es necesario

que se cumpla que la capacidad nominal del fusible esté entre los siguientes márgenes

$$I_{\text{insersión}} = 12 I_n \text{ por un tiempo máximo de 0.1 seg.}$$

$$I_{\text{termicamente ad. de los transf.}} = 20 I_n \text{ por un tiempo máximo de 2 seg.}$$

Además, deberá de ser capaz de abrir la corriente de cortocircuito cc.

En el circuito típico de la figura 4.1, la selección de órganos de protección, será como se indica a continuación

#### 1. Dimensionamiento del fusible seccionador de potencia SF2.1.2

Intensidad nominal del alimentador

$$I_{N2.1.2} = 274 \text{ Amp. (Tabla N° 3.18 columna 18)}$$

Intensidad nominal del fusible

$$I_{NF2.1.2} = 250 \text{ Amp. (Tabla N° 3.42)}$$

Intensidad de cortocircuito

$$I_{cc2.1.A} = 17.1 \text{ KA}$$

#### 2. Dimensionamiento del fusible F2.1.9.1

$$I_{N2.1.9.1} = 53 \text{ Amp.}$$

$$I_{NF2.1.9.1} = 50 \text{ Amp.}$$

$$I_{cc2.1.9B} = 13 \text{ KA.}$$

$$I_D = 5 \text{ KA.}$$

3. Dimensionamiento del fusible F 2.1.9.2

$$I_{n \ 2.1.9.2} = 53 \text{ A.}$$

$$I_{nF \ 2.1.9} = 50 \text{ A.}$$

$$I_{cc \ 2.1.9B} = 13 \text{ KA.}$$

$$I_D = 5 \text{ KA.}$$

4. Dimensionamiento del interruptor automático a2.1.9

$$I_N \ 2.1.9 = 146 \text{ A.}$$

$$I_N \ a2.1.9 = 160 \text{ A.}$$

$$I_{cc \ 2.1} = 17.1 \text{ KA} \rightarrow I_s \ 2.1 = 45.7 \text{ KA.}$$

$$I_{Ra} = 150 \text{ A (Intensidad de reacción del disparador térmico).}$$

$$I_{Rn} = 1000 - 2,400 \text{ A. (Margen de reacción de los disparadores electromagnéticos).}$$

5. Dimensionamiento del interruptor a2.1

$$\text{Tipo} = \text{Interruptor automático selectivo.}$$

$$I_{NT \ 2.1} = 1043 \text{ A. (Intensidad nominal del secundario de transf. incluyendo el 10% de sobrecarga).}$$

$$I_{N, a2.1} = 1000 \text{ A.}$$

$$I_{cc \ 2.1} = 17.1 \text{ KA; } I_s = 45.7 \text{ KA.}$$

$$I_{Ra} = 520 - 1000 \text{ A. (margen de ajuste del disparador térmico).}$$

$$I_{Rn} = 3,000 - 6,000 \text{ A.}$$

6. Dimensionamiento de F2.1

$$I_{N_T 2.1} = 26.388 \text{ A.}$$

$$I_{\text{inserción}} = 316.65 \text{ A.}$$

$$I_{\text{t\u00e9rmica de } T_{2.1}} = 528 \text{ A.}$$

$$I_{NF 2.1} = 40 \text{ Amperios.}$$

$$I_{cc 2} = 7 \text{ KA.}$$

7. Dimensionamiento del fusible F2.

$$I_{N_{LP} 2} = 156 \text{ A.}$$

$$I_{\text{inserción}} = 1872 \text{ A.}$$

$$I_{\text{t\u00e9rmica}} = 3120 \text{ A.}$$

$$I_{NF2} = 200 \text{ A.}$$

$$I_{cc} = 7 \text{ KA.}$$

Siguiendo el criterio de dimensionamiento de los \u00f3rganos a protecci\u00f3n del circuito t\u00edpico, se ha procedido a dimensionar la totalidad de dispositivos de protecci\u00f3n de baja tensi\u00f3n, resultados que se indican en las tablas N\u00b0 4.2 a 4.5, para los circuitos de las cuatro Sub-Estaciones.



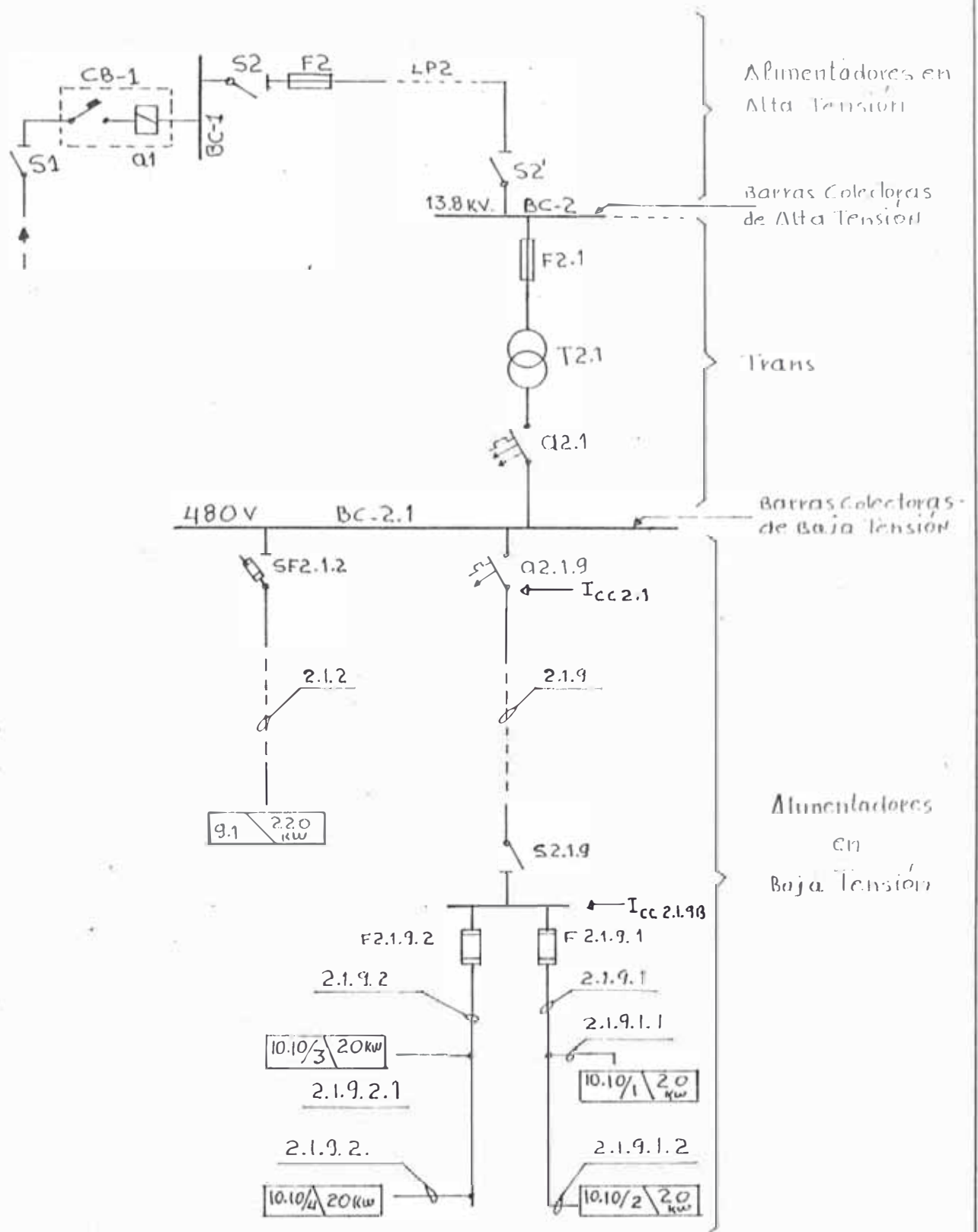


FIGURA N° 4.1

CIRCUITO TÍPICO DE PROTECCION

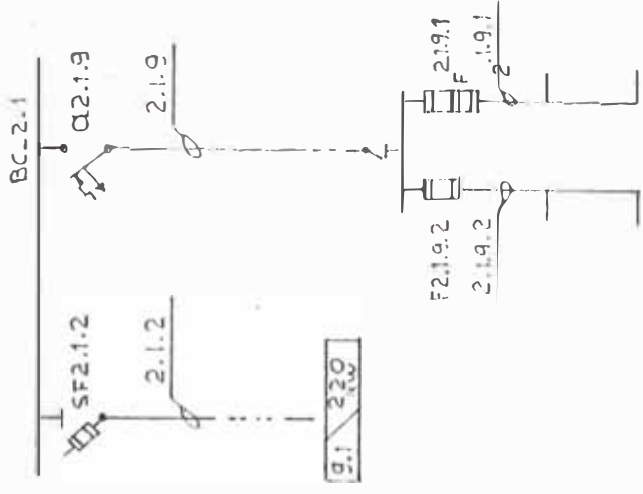
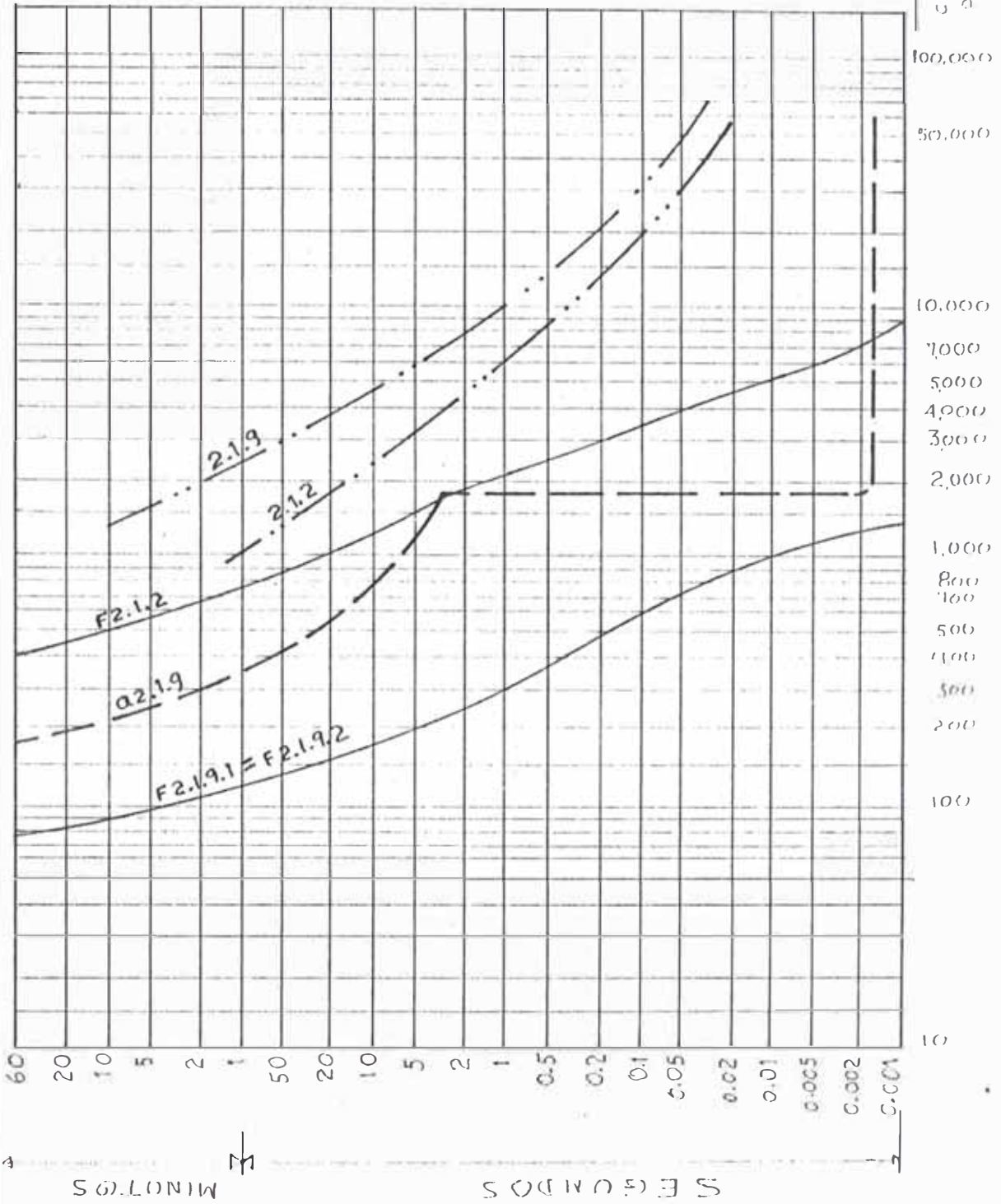


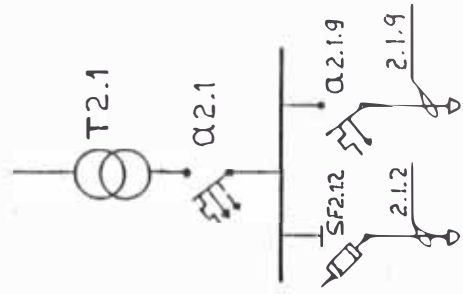
FIGURA Nº4.2 :

CARACTERÍSTICAS DE DISPARO DE  
 SF2.1.2 Y CAPACIDAD TERMICA  
 DEL ALIMENTADOR 2.1.2; FUSIBLES  
 F2.1.9.1; F2.1.9.2 INTERRUPTOR  
 Q2.1.9 y ALIMENTADOR 2.1.9  
 ESCALONAMIENTO DE DISPARO

CORRIENTE ALTERNA  
 DE CORTOCIRCUITO

MINUTOS

SEGUNDOS



CARACTERÍSTICAS DE DISPARO DE LOS  
 INTERRUPTORES Q2.1.9; Q2.1 Y EL  
 FUSIBLE F2.1.2 - PLANO DE ESCALONA -  
 MIENTO DEL CIRCUITO TÍPICO.  
 (MEJORES DETALLES DE LOS ORGANOS  
 DE PROTECCIÓN EN EL ACAPITE 4.1.3)

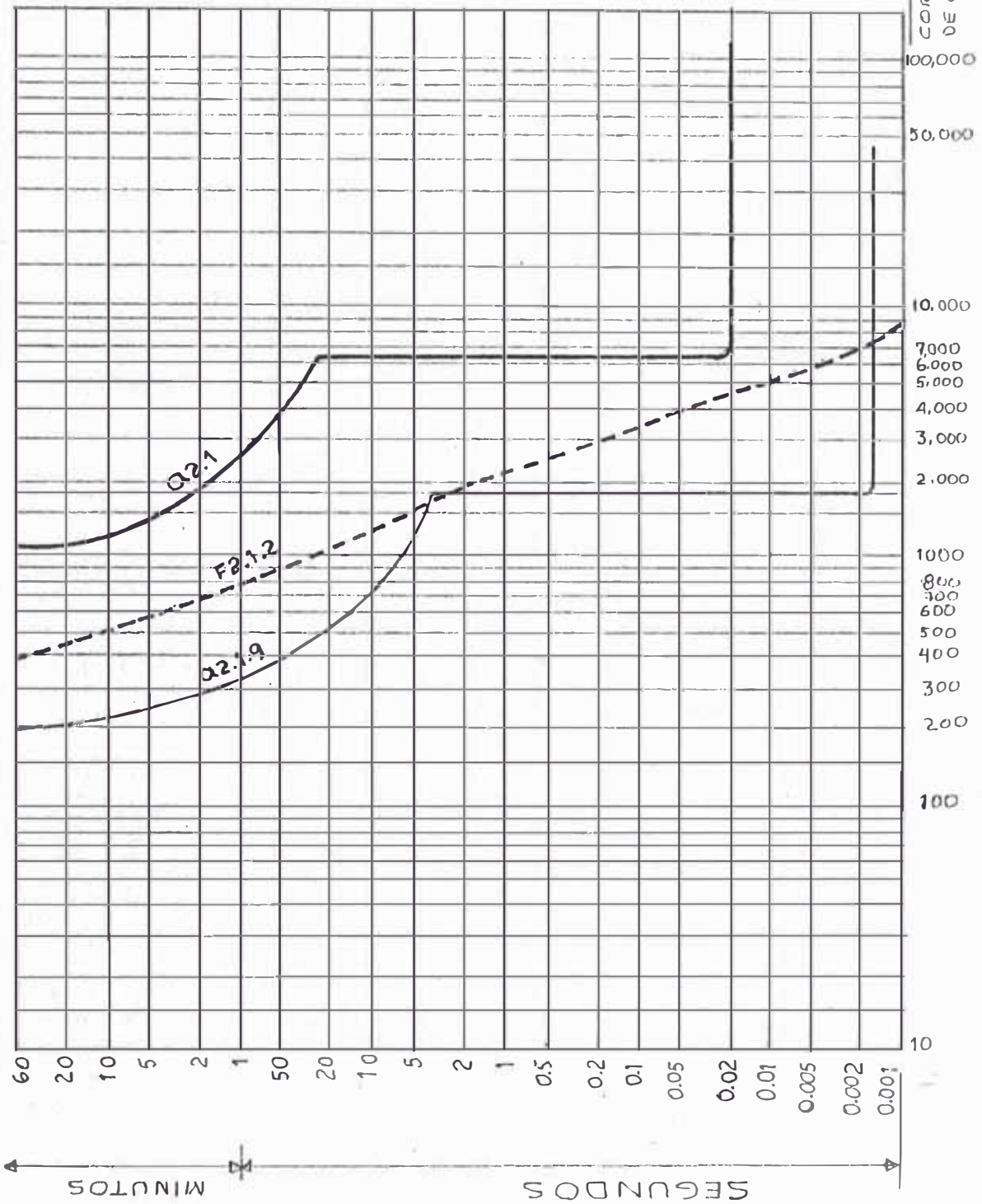


TABLA Nº 4.1

CORRESPONDENCIA ENTRE LOS ORGANOS DE PROTECCION CONTRA SOBRE INTENSIDADES Y LAS SECCIONES NOMINALES DE CABLES AISLADOS (VDE 100-TABLA 13)

SECCION NOMINAL (mm <sup>2</sup> .)	CABLES DE 3 Y 4 CONDUCTORES	
	CAPACIDAD DE CARGA (Amp.)	INTENSIDAD NOMINAL DE LOS ORGANOS DE PROTECCION (Amp.)
0.75	13	10
1	16	16
1.5	17.5	20
2.5	24	25
4	32	36
6	41	50
10	57	63
16	76	80
25	101	100
35	125	125
50	151	160
70	192	200
95	232	250
120	269	250
150	309	300
185	353	355
240	415	400
300	460	425
400	533	500
500	-. -	-. -

Nota : - La tabla se ha confeccionado en función de la tabla Nº 2/46 ,  
pág. 589 - Bibliografía Nº 2  
- Las intensidades nominales de los órganos de protección, son  
los valores máximos para las secciones de cables indicados.

TABLA Nº 4.2

DIMENSIONAMIENTO DE LOS ORGANOS DE PROTECCION DE BAJA TENSION  
SUB-ESTACION Nº 1 Y SUS CIRCUITOS - 480 VOLTIOS.

1	2	3	4	(1) 5	(1) 6
ORGANO DE PROTECCION Y CONTROL	INTENSIDAD NOMINAL DEL ALIMENTADOR $I_N$ (Amp.)	INTENSIDAD NOMINAL DEL ORGANO DE PROTECCION $I_{NF}$ ó $I_{Na}$ (Amp.)	CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO EN EL PUNTO DE INSTALACION $I_{cc}$ (KA)	INTENSIDAD DE REACCION DEL DISPARADOR TERMICO $I_{Ra}$ (Amp.)	INTENSIDAD MINIMA DE REACCION DE LOS DISPARADORES ELECTROMAGNETICOS. $I_{Rn}$ (Amp.)
SF1.1.1	399	400	18	--	--
SF1.1.2	207	224	18	--	--
SF1.1.3	546	500	18	--	--
a1.1.4	157	160	18	160	1200
a1.1.5	174	250	18	200	1250
a1.2	598	630	18	630	6000
a1.2.1	512	630	15	500	5000
a1.2.2	529	630	15	630	6000
F1.2.1.1	34	36	13	--	--
F1.2.1.2	4	6	13	--	--
F1.2.1.3	16	16	13	--	--
F1.2.1.4	87	100	13	--	--
F1.2.1.5	257	250	13	--	--
F1.2.1.6	16	16	12	--	--
F1.2.1.7	87	100	12	--	--
F1.2.1.8	43	50	10	--	--
F1.2.1.9	86	100	10	--	--
F1.2.1.9.1	43	50	10	--	--
F1.2.1.9.2	43	50	10	--	--
a1.1.	1156	1250	18	1150	8000
a.1.2	910	1000	15	900	8000

(1) Las intensidades de reacción de los disparadores térmicos y electromagnéticos, son valores tomados de los interruptores SIEMENS utilizados en distribución.

TABLA Nº 4.3

DIMENSIONAMIENTO DE LOS ORGANOS DE PROTECCION DE BAJA TENSION  
SUB-ESTACION Nº 2 Y SUS CIRCUITOS - 480 Y 240 VOLTIOS.

1	2	3	4	5	6
ORGANO DE PROTECCION Y CONTROL	INTENSIDAD NOMINAL DEL ALIMENTADOR $I_N$ (Amp.)	INTENSIDAD NOMINAL DEL ORGANOS DE PROTECCION $I_{NF}$ ó $I_{Na}$ (Amp.)	CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO EN EL PUNTO DE INSTALACION $I_{CC}$ (Amp.)	INTENSIDAD DE REACCION DEL DISPARADOR TERMICO $I_{Ra}$ (Amp.)	INTENSIDAD MINIMA DE REACCION DE LOS DISPARADORES ELECTROMAGNETICOS. $I_{Rn}$ (Amp.)
a2.1	910	1000	17	900	8000
SF2.1.1	54	50	17	-.-	-.-
SF2.1.2	274	250	17	-.-	-.-
a2.1.3	71	80	17	80	480
a2.1.4	327	400	17	315	1575
F2.1.4.1	23	25	13	-.-	-.-
F2.1.4.2	38	36	13	-.-	-.-
F2.1.4.3	40	50	10	-.-	-.-
F2.1.4.4	20	25	10	-.-	-.-
F2.1.4.5	160	160	10	-.-	-.-
a2.1	598	630	17	630	6000
a2.1.5	112	160	17	125	625
F2.1.5.1	62	63	12	-.-	-.-
F2.1.5.2	12	16	12	-.-	-.-
a2.1.6	140	160	17	125	625
a2.1.7	220	250	17	220	1000
a2.1.8	94	100	17	100	600
a2.1.9	146	160	17	160	800
F2.1.9.1	53	50	12	-.-	-.-
F2.1.9.2	53	50	12	-.-	-.-

CONTINUACION DE TABLA Nº 4.3

1	2	3	4	5	6
a2.2	910	1000	15	900	8000
a2.2.1	298	400	15	315	1575
F2.2.1.1	134	125	11	-.-	-.-
F2.2.1.2	47	50	11	-.-	-.-
F2.2.1.3	64	63	11	-.-	-.-
a2.2.2	78	100	15	80	400
F2.2.2.1	18	16	3	-.-	-.-
F2.2.2.2	36	36	3	-.-	-.-
F2.2.2.3	46	50	3	-.-	-.-
SF2.2.3	149	160	15	-.-	-.-
SF2.2.4	131	125	15	-.-	-.-
C2.2.5	33	45	15	-.-	-.-
F2.2.5	33	36	15	-.-	-.-
SF2.2.6	97	100	15	-.-	-.-
SF2.2.7	92	100	15	-.-	-.-
SF2.2.8	92	100	15	-.-	-.-
SF2.2.9	97	100	15	-.-	-.-
C2.2.10	27	45	15	-.-	-.-
F2.2.10	27	25	15	-.-	-.-
C2.2.11	27	45	15	-.-	-.-
F2.2.11	27	25	15	-.-	-.-
F-CR-2,2	-.-	6	15	-.-	-.-
C-A	53	80	5	-.-	-.-
F-A	53	50	5	-.-	-.-

TABLA Nº 4.4

DIMENSIONAMIENTO DE LOS ORGANOS DE PROTECCION DE BAJA TENSION  
SUB-ESTACION Nº 3 Y SUS CIRCUITOS - 480 Y 240 VOLTIOS

1	2	3	4	5	6
ORGANO DE PROTECCION Y CONTROL	INTENSIDAD NOMINAL DEL ALIMENTADOR $I_N$ (Amp.)	INTENSIDAD NOMINAL DEL ORGANO DE PROTECCION $I_{NF}$ ó $I_{Na}$ (Amp.)	CORRIENTE DE CORTO-CIRCUITO $I_{CC}$ (KA.)	INTENSIDAD DE REACCION DEL DISPARADOR $I_{Ra}$ (Amp.)	INTENSIDAD MINIMA DE REACCION DE LOS DISPARADORES ELECTROMAGNETICOS $I_{Rn}$ (Amp.)
a3.1	910	1000	13	900	8000
a3.1.1	440	500	13	500	2500
a3.1.2	314	400	13	315	1575
a3.1.3	310	400	13	315	1575
a3.2	910	1000	18	900	8000
SF3.2.1	192	200	18	-.-	-.-
F3.2.1.1	43	50	14	-.-	-.-
F3.2.1.2	84	80	14	-.-	-.-
F3.2.1.2.1	42	50	8	-.-	-.-
F3.2.1.2.2	42	50	8	-.-	-.-
F3.2.1.2.2	42	50	8	-.-	-.-
a3.2.2	220	250	18	220	1000
SF3.2.3	84	80	18	-.-	-.-
F3.2.3.1	42	50	10	-.-	-.-
F3.2.3.2	42	50	10	+.-	-.-
SF3.2.4	114	125	18	-.-	-.-
a3.2.5	75	100	18	80	480
a3.2.6	282	400	18	315	1575
SF3.2.7	71	80	18	-.-	-.-
a3.2.8	202	250	18	200	1000
F3.2.8.1	69	80	14	-.-	-.-
F3.2.8.2	65	60	14	-.-	-.-
F3.2.8.3	84	80	14	-.-	-.-
a3.2.9	282	400	18	315	1575

CONTINUA .../...



CONTINUACION DE TABLA Nº 4.4

1	2	3	4	5	6
a3.3	1156	1250	18	1150	8000
SF3.3.1	97	100	18	-.-	-.-
SF3.3.2	92	100	18	-.-	-.-
SF3.3.3	92	100	18	-.-	-.-
SF3.3.4	97	100	18	-.-	-.-
C3.3.5	33	45	18	-.-	-.-
F3.3.5	33	36	18	-.-	-.-
C3.3.6	33	45	18	-.-	-.-
F3.3.6	33	36	18	-.-	-.-
SF3.3.7	97	100	18	-.-	-.-
SF3.3.8	92	100	18	-.-	-.-
SF3.3.9	92	100	18	-.-	-.-
SF3.3.10	97	100	18	-.-	-.-
C3.3.11	33	45	18	-.-	-.-
F3.3.11	33	36	18	-.-	-.-
C3.3.12	27	45	18	-.-	-.-
F3.3.12	27	25	18	-.-	-.-
SF3.3.13	97	100	18	-.-	-.-
SF3.3.14	92	100	18	-.-	-.-
SF3.3.15	92	100	18	-.-	-.-
SF3.3.16	97	100	18	-.-	-.-
C3.3.17	27	45	18	-.-	-.-
F3.3.17	27	25	18	-.-	-.-
C3.3.18	33	45	18	-.-	-.-
F3.3.18	33	36	18	-.-	-.-
SF3.3.19	44	50	18	-.-	-.-
F-CR-3.3	-.-	6	18	-.-	-.-
C-A	53	80	5	-.-	-.-
F-A	53	50	5	-.-	-.-

TABLA Nº 4.5

DIMENSIONAMIENTO DE LOS ORGANOS DE PROTECCION DE BAJA TENSION.  
SUB-ESTACION Nº 4 Y SUS CIRCUITOS - 480 y 220 VOLTIOS

1	2	3	4	5	6
ORGANO DE PROTECCION Y CONTROL.	INTENSIDAD NOMINAL DEL ALIMENTADOR $I_N$  (Amp.)	INTENSIDAD NOMINAL DEL ORGANO DE PROTECCION. $I_{NF}$ ó $I_{Na}$  (Amp.)	CORRIENTE DE CORTO-CIRCUITO $I_{cc}$  (KA.)	INTENSIDAD DE REACCION DEL DISPARADOR TERMICO  $I_{Ra}$  (Amp.)	INTENSIDAD MINIMA DE REACCION DE LOS DISPARADORES ELECTROMAGNETICOS  $I_{Rn}$  (Amp.)
a4.1	1156	1250	22	1150	8000
a4.1.1	532	630	22	530	5000
F4.1.1.1	50	50	16	-.-	-.-
F4.1.1.2	4	6	16	-.-	-.-
F4.1.1.3	18	20	13	-.-	-.-
F4.1.1.4	66	63	13	-.-	-.-
F4.1.1.5	47	50	13	-.-	-.-
F4.1.1.6	43	50	16	-.-	-.-
F4.1.1.7	16	16	13	-.-	-.-
F4.1.1.8	16	16	13	-.-	-.-
F4.1.1.9	173	200	11	-.-	-.-
F4.1.1.10	84	80	11	-.-	-.-
F4.1.1.11	4	6	11	-.-	-.-
SF4.1.2	209	200	22	-.-	-.-
SF4.1.3	209	200	22	-.-	-.-
SF4.1.4	63	63	22	-.-	-.-
a4.1.5	281	300	22	280	3000
a4.1.6	201	250	22	200	2000
a4.1.7	339	400	22	340	3200
F4.1.7.1	173	200	18	-.-	-.-
F4.1.7.2	16	16	15	-.-	-.-
F4.1.7.3	63	63	12	-.-	-.-
F4.1.7.4	50	50	10	-.-	-.-
F4.1.7.5	18	25	15	-.-	-.-
a4.1.8	310	400	22	-.-	-.-

CONTINUACION TABLA Nº 4.5

1	2	3	4	5	6
SF4.1.9	155	160	22	-.-	-.-
a4.3	453	500	22	500	2500
a4.2	910	1000	15	900	8000
SF4.2.1	97	100	15	-.-	-.-
SF4.2.2	92	100	15	-.-	-.-
SF4.2.3	93	100	15	-.-	-.-
SF4.2.4	97	100	15	-.-	-.-
C4.2.5	33	45	15	-.-	-.-
F4.2.5	33	36	15	-.-	-.-
C4.2.6	22	45	15	-.-	-.-
F4.2.6	22	25	15	-.-	-.-
SF4.2.7	149	160	15	-.-	-.-
SF4.2.8	131	125	15	-.-	-.-
C4.2.9	29	45	15	-.-	-.-
F4.2.9	29	25	15	-.-	-.-
C4.2.10	20	28	15	-.-	-.-
F4.2.10	20	25	15	-.-	-.-
a4.2.11	206	250	15	200	2000
F4.2.11.1	38	36	11	-.-	-.-
F4.2.11.2	126	125	11	-.-	-.-
F4.2.11.3	95	100	11	-.-	-.-
a4.2.12	56	100	15	63	760
F4.2.12.1	10	10	3	-.-	-.-
F4.2.12.2	32	36	3	-.-	-.-
a4.2.13	97	100	15	100	1200
a4.2.14	97	100	15	100	1200
a4.2.15	97	100	15	100	1200
C-A	53	80	5	-.-	-.-
F-A	53	50	5	-.-	-.-

TABLA Nº 4.6

DIMENSIONAMIENTO DE LOS ORGANOS DE PROTECCION DE BAJA TENSION  
SUB-ESTACION Nº 4.1.9 Y SUS CIRCUITOS - 240 VOLTIOS.

ORGANO DE PROTECCION Y CONTROL	INTENSIDAD NOMINAL DEL ALIMENTADOR $I_N$ (Amp.)	INTENSIDAD NOMINAL DEL ORGANOS DE PROTECCION. $I_{NF}$ ó $I_{Na}$ (Amp.)	CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO $I_{CC}$ (KA)	INTENSIDAD DE REACCION DEL DISPARADOR TERMICO. $I_{Ra}$ (Amp.)	INTENSIDAD MINIMA DE REACCION DE LOS DISPARADORES ELECTROMAGNETICOS $I_{Rn}$ (Amp.)
a4.1.9	289	400	5	250	1250
SF4.1.9.1	178	200	5	.-	.-
F4.1.9.1.1	46	50	4	.-	.-
F4.1.9.1.2	64	63	4	.-	.-
F4.1.9.1.3	57	63	4	.-	.-
F4.1.9.2	134	160	5	.-	.-
C4.1.9.3	22	25	5	.-	.-
F4.1.9.3	22	25	5	.-	.-
F4.1.9.3.1(1)	13	16	5	.-	.-
F4.1.9.3.2(2)	15	16	5	.-	.-
F4.1.9.3.3(3)	10	10	5	.-	.-

(1), (2), (3), son circuitos monofásicos y pertenecen a los circuitos de alumbrado exterior CAE-5, CAE-6 y CAE-7 respectivamente.

#### 4.2 PUESTA A TIERRA

Dada las características eléctricas del sistema empleado en el suministro y distribución de energía del complejo, la puesta a tierra tiene por finalidad el evitar gradientes peligrosos entre la infraestructura de superficie (partes conductoras de máquinas, equipos y otros) y el suelo para :

- Protección de las personas, mediante tensiones de toque y de paso de baja magnitud.

Protección de los equipos; evitando potenciales nocivos y el entorpecimiento de descargas.

Para lo cual, se ha visto por conveniente el de establecer puestas a tierra separadas para el lado de alta tensión y de baja tensión. Asimismo, las tomas de tierra para las máquinas de soldar serán independientes en cada uno de los tableros de cargas móviles; por considerarse ésta alternativa la más económica.

Los circuitos típicos de tierra se indican en los planos Nº SCH-MM-11/1 y 11/2.

##### 4.2.1 PUESTA A TIERRA DEL LADO DE ALTA TENSION.

En el lado de alta tensión se pondrá a tierra con fines de protección, todas las partes metálicas de las celdas, así como las masas de los equipos utilizados mediante una línea colectora de puesta a tierra y electrodos de toma de tierra.

Electrodo utilizado : Se usará un electrodo de Copperweld de 5/8"Ø x 10', aterrado en un poso de tierra, tal como se indica en el plano Nº SCH-MM-11/1.

La resistencia a tierra del electrodo, considerando en aterramiento vertical y directa en el suelo, se calculará por :

$$R = \frac{\rho}{2 \pi d} L_n \frac{41}{1.38 a}$$

donde :

$\rho = 10 \text{ } \Omega/\text{m}$  resistividad promedio del terreno en la zona donde se construye el complejo.

$l = 10'$  (2.4 mts); longitud del electrodo.

$d = 5/8''$  (0.015875 mts), diámetro del electrodo.

$$R = \frac{10}{2 \times \pi \times 2.4} L_n \left( \frac{41 \times 2.4}{1.38 \times 0.015875} \right)$$

$$R = 4.034 \text{ ohmios.}$$

Valor muy por debajo del máximo permisible por el código nacional de electricidad, artículo 3.6.9.3 del tomo V, primera parte.

La sección de la línea a tierra se calculará en función de la corriente de doble derivación a tierra, dado por :

$$I_{ccEE} = 0.867 I_{cc3\phi}$$

Siendo :

$I_{cc3EE}$  : Corriente alterna inicial de cortocircuito con doble contacto a tierra.

$I_{cc3\phi}$  : Corriente alterna inicial de cortocircuito tripolar.

y el tiempo estimado que está corriente dure, relacionados mediante la figura 4.4

Los resultados para cada una de las Sub-Estaciones, se indican en la tabla Nº 4.7.

#### 4.2.2 PUESTA A TIERRA DEL LADO DE BAJA TENSION

##### 4.2.2.1 PUESTA A TIERRA DE SERVICIO.

El punto neutro del lado de baja tensión de los transformadores será conectado solidamente a tierra mediante conductores de cobre desnudos, calculados en forma similar a los conductores de puesta a tierra del lado de alta tensión. Los resultados se indican en la tabla N<sup>o</sup> 4.8

##### 4.2.2.2 TOMAS DE TIERRA

Las tomas para la puesta a tierra del sistema y para la puesta a tierra de protección, estarán constituidos por electrodos de Coperweld de 5/8"  $\varnothing$  x 10', instalados en pozos de tierra tal como se dica en el plano N<sup>o</sup> SCHMM- 11/1

Para efectos de las tierras de las cargas móviles (máquina soldar), se ha visto por conveniente el utilizar electrodos de tubo de Fe. Ga. de 1"  $\varnothing$  x 2.5 m.

##### 4.2.2.3 PUESTA A TIERRA DE PROTECCION.

Las líneas de puesta a tierra de protección de las partes conductoras de las máquinas, equipos, estructuras metálicas, etc., que no pertenecen al circuito de servicio; estarán constituidos por conductores de cobre desnudo, calculados en función del conductor de servicio y la tabla N<sup>o</sup> 3-X del C.N.E. Tomo V - Parte 1. Estos conductores van desde las máquinas o equipos paralelamente a la línea de servicio del mismo, hasta la línea colectora de puesta a tierra más cercana.

#### 4.2.3.4 LINEAS COLECTORAS DE PUESTA A TIERRA DE PROTECCION.

Las líneas colectoras de puesta a tierra de protección, estarán constituidas por conductores de cobre desnudo y dimensionados en función del conductor de servicio de mayor sección del circuito que está sirviendo y la tabla N° 3-X del C.N.E. Tomo V - Parte 1. A ella convergen las líneas de puesta a tierra de protección de las máquinas y equipos del área que están cubriendo. En algunos casos van directamente a los electrodos de puesta a tierra y en otra a las barras colectoras de tierra de las Sub-Estaciones y de allí, conjuntamente con la puesta a tierra de servicio a los electrodos de tomas de tierra, para mayores detalles ver plano N° SCH-MM-11/2 del esquema típico de protección de baja tensión.

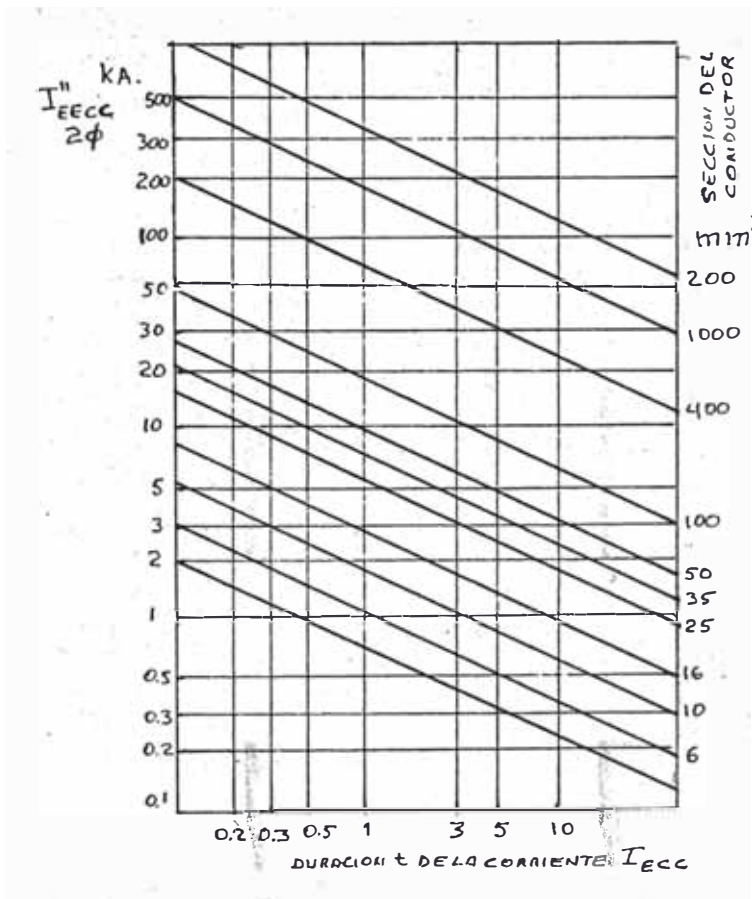


FIG. N° 4.4



TABLA Nº 4.7

DIMENSIONAMIENTO DE LA LINEA A TIERRA DEL LADO DE ALTA TENSION.

SUB-ESTACION	CORRIENTE AL- TERNA INICIAL DE CORTOCIR- CUITO DE DO BLE CONTACTO A TIERRA $I_{cc.EE}$	TIEMPO DE DURACION DE LA CO RRIENTE $I_{cc.EE}$ $t$ (seg.)	SECCION DEL CONDUCTOR DE TIERRA.  $S$ (mm <sup>2</sup> ).	LONGITUD TOTAL DE LA LINEA DE TIERRA  $L$ (m.)
S.E-1	5.98	1	35	50
S.E-2	5.98	1	35	40
S.E-3	5.63	1	35	45
S.E-4	5.46	1	35	30

TABLA Nº 4.8

DIMENSIONAMIENTO DE LA LINEA DE PUESTA A TIERRA DE SERVICIO

CONDUCTOR DE SERVICIO	CORRIENTE AL- TERNA INICIAL DE cc. DE DO BLE CONTACTO. $I_{cc.EE}$ (KA.)	TIEMPO DE DURACION DE $I_{cc.EE}$ (Seg.)	SECCION DEL CONDUCTOR DE TIERRA  $S$ (mm <sup>2</sup> ).	LONGITUD TOTAL DE LA LINEA DE TIERRA  $L$ (m.)
1.1	18.70	0.5	95	4
1.2	13.26	0.5	50	4
2.1	14.83	0.5	70	4
2.2	12.78	0.5	50	4
3.1	11.43	0.5	50	4
3.2	15.84	0.5	70	4
3.3	16.09	0.5	95	4
4.1	19.03	0.5	120	4
4.2	12.76	0.5	50	4
4.1.9	4.42	0.2	25	4

TABLA Nº 4.9

DIMENSIONAMIENTO DE LA LINEA COLECTORA DE PUESTA A TIERRA LADO DE BAJA TENSION.

CODIGO DE LINEA COLECTORA DE PUESTA A TIERRA	ACOTAMIENTO DEL RECORRIDO		TIPO DE LINEA COLECTORA.	SECCION DE LA LINEA COLECTORA. (mm <sup>2</sup> .)	LONGITUD L (m.)
	FILA	EJES			
LC PT-1.1	T	135-180	T-1	35	45
LC PT-2.1	V	75-135	T-2	6	60
LC PT-2.2	T	75-105	T-1	35	30
LC PT-3.1	N	60-165	T-2	10	105
LC PT-3.2	K	120-150	T-1	10	30
LC PT-3.3	K	150-165	T-1	10	30
LC PT-3.4	H	120-165	T2	10	45
LC PT-4.1	E	60-120	T-1	35	60
LC PT-4.2	E	120-165	T-1	35	45
LC PT-4.3	C	75-135	T-2	25	60

TABLA Nº 4.10

DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTORES DE LINEAS DE PUESTA A TIERRA DE PROTECCION.

1	2	3	4	5
CODIGO	SECCION DEL CONDUCTOR DE SERVICIO (mm <sup>2</sup> .)	SECCION DEL CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA DE PROTECCION (mm <sup>2</sup> .)	LONGITUD	LINEA COLECTORA DE PUESTA A TIERRA DE RECEPCION.
1.1.1	2x3x95	35	47	/
1.1.2	3x120	35	25	
1.1.3	2x3x185	50	10	
1.2.1.1	3x6	6	14	LC PT-1.1
1.2.1.2	3x2.5	2.5	5	
1.2.1.3	3x4	4	15	
1.2.1.4	3x35	10	18	
1.2.1.5	2x3x70	35	17	
1.2.1.6	3x4	4	14	
1.2.1.7	3x35	10	19	
1.2.1.8	3x10	10	5	
1.2.1.9	3x10	10	35	
2.1.1	3x10	10	30	LC PT-2.2
2.1.2	2x3x70	35	7	
2.1.3	3x6	6	20	
2.1.4.1	3x4	4	13	
2.1.4.2	3x10	10	18	
2.1.4.3	3x10	10	53	
2.1.4.4	3x4	4	20	
2.1.4.5	3x95	35	13	
2.1.5.1.1	3x6	6	3	LC PT-2.1
2.1.5.1.2	3x6	6	3	
2.1.5.1.3	3x2.5	2.5	3	
2.1.5.2.1	3x2.5	2.5	3	

CONTINUACION DE TABLA Nº 4.9 (LINEA DE TIERRA)

1	2	3	4	5
2.1.5.2.2	3x2.5	2.5	3	LC PT-2.1
2.1.5.2.3	3x2.5	2.5	3	
2.1.9.1.1	3x6	6	3	
2.1.9.1.2	3x6	6	3	
2.1.9.2.1	3x6	6	3	
2.1.9.2.2	3x6	6	3	
2.1.6	3x35	10	32	/
2.1.7	3x95	35	47	
3.1.1.2	3x2.5	2.5	5	LC PT-3.1
3.1.1.5	3x10	10	32	
3.1.1.6	3x6	6	12	
3.2.1.1	3x6	6	25	
3.2.1.2	3x25	10	25	
3.2.2	3x120	35	20	/
3.2.4.1	3x10	10	5	LC PT-3.2.
3.2.4.2	3x16	10	10	
3.2.3	3x35	10	5	LC PT-3.3
3.2.7	3x25	10	53	
3.2.5	3x25	10	20	/
3.2.6	2x3x50	35	35	
3.2.9	2x3x50	35	35	
3.2.8.1.1	3x10	10	5	LC PT-3.4
3.2.8.2.2	3x4	4	12	
3.2.8.2	3x25	10	72	
3.2.8.3	3x10	10	25	
4.1.1.1	3x16	10	9	LC PT-4.1
4.1.1.2	3x2.5	2.5	5	
4.1.1.3	3x4	4	9	LC PT-4.1
4.1.1.4	3x25	10	13	
4.1.1.5	3x10	10	9	
4.1.2	3x150	35	13	
4.1.3	3x150	35	13	

CONTINUACION TABLA Nº 4.9 (LINEA DE TIERRA)

1	2	3	4	5	
4.1.4	3x16	10	5	LC PT-4.2	
4.1.5	2x3x50	35	20		
4.1.6	3x95	35	20		
4.1.1.6	3x10	10	5		
4.1.1.7	3x4	4	19		
4.1.1.8	3x4	4	12		
4.1.1.9	3x95	35	9		
4.1.1.10	3x35	10	9		
4.1.1.11	3x2.5	2.5	5		
4.1.7.1	3x70	25	5		LC PT-4.3
4.1.7.2	3x4	4	9		
4.1.7.3	3x16	10	11		
4.1.7.4	3x16	10	10		
4.1.7.5	3x4	4	24		
4.1.7.6	3x10	10	20		



La cabeza terminal del acople entre la línea aérea y subterránea de suministro, deberá ser del tipo interperie y las de las Sub-Estaciones del tipo interior. La acometida del cable será vertical y la altura de instalación será de 1000 m.s.n.m.

### 5.1.3 ELECTRODUCTOS.

Los cables de energía irán instalados en ductos de concreto de doble vía, bajo las condiciones indicadas en el plano SCH-MM-02/1. Además, para los cambios de dirección, se utilizarán buzones a fin de facilitar su instalación y permitir dar la curvatura adecuada al cable (Radio de curvatura igual a 15 veces el diámetro), tal como se indica en el plano anteriormente señalado.

Asimismo, en la acometida del poste de derivación P-1, el cable irá protegido por un tubo de Fe.Ga. de 4", hasta una altura de 3 mts. fijado al poste metálico mediante abrazaderas soldadas.

Los ductos se deberán instalar sobre una losa de concreto de 1" de espesor como mínimo y el relleno de las zanjas estará constituido por tierra cernida o arena y material extraído de la misma zanja en las dimensiones que se indican en el plano respectivo.

## 5.2 DE LOS EQUIPOS Y MATERIALES DE LAS SUB-ESTACIONES.

### 5.2.1 EN ALTA TENSION.

#### 5.2.1.1 CABEZAS TERMINALES.

Las especificaciones técnicas de las cabezas terminales de las Sub-Estaciones, son similares a las indicadas en el punto 5.1.2.

#### 5.2.1.2 SECCIONADORES.

Los seccionadores cortocircuitos utilizados como elementos reparadores, serán unipolares del tipo cuchilla, de las capacidades indicadas en el punto 3.8.3.1-C, además de

- Tensión nominal 15 KV.
- Operación Manual con pértiga en posición vertical.
- Aisladores De porcelana vidriado, fijos.
- Niveles de aislamiento
  - . Tensión no disrruptiva de impulsoso. 95 KV.
  - . Tensión no disrruptiva a la frecuencia de servicio 34 KV.
- Corriente de impulso de cortocircuito 35 KA.
- Altura de montaje 1000 m.s.n.m.

#### 5.2.1.3 INTERRUPTOR DE POTENCIA.

El interruptor de potencia instalado en la línea de suministro con fines de protección y maniobra de la línea primaria, será en volumen reducido de aceite en ejecución fija de la capacidad nominal indicada en el punto 3.8.3.1 a, del acápite 3, además de

- Tensión nominal 13.8 KV.
- Tensión máxima de servicio 15 KV.
- Nivel de aislamiento
  - Nominal 17.5 KV.





- Clase 1
- Intensidades nominales 300/5 amp.
- Potencia nominal 30 VA.
- Resistencia térmica  $60 I_{1N}$
- Resistencia dinámica  $150 I_{1N}$

b) Transformador de Tensión

- Tipo Monofásico, con aislamiento de resina colada.
- Tensiones nominales 15000/100 voltios.
- Clase 1
- Potencia nominal 30 V.A.

c) Instrumentos de medida Los instrumentos de medida considerados y que se indican a continuación, deberán de ser de clase 1.5 tipo cuadro de 144 x 144 mm., instalación en posición vertical y para una frecuencia 60 Hz.

- Voltímetro monofásico de bobina móvil, escala 1-15,000 V.
- Voltímetro trifásico electrodinámico, escala 0-1000 KW. con extensión a 3,000 KW., para uso con transformadores de tensión y corriente indicados en a y b.
- Cosfímetro trifásico electrodinámico, escala CAP 0.5-1-0.5 IND; para uso con los transformadores de medida indicados en "a" y "b".

5.2.1.5 FUSIBLES DE ALTA TENSION.

Los fusibles de alta tensión utilizados en las derivaciones a los

transformadores y a las Sub-Estaciones contiguas, serán de alta capacidad de ruptura tipo HH., bajos arcos de voltaje equipados con emisor de estado para señalización mecánica y de las capacidades indicadas en el acápite 3.8.3.1-d.

Los fusibles irán instalados en bases unipolares con aisladores fijos de porcelana, las mismas que deberán cumplir con

- Tensión nominal 15 KV.
- Resistencia dinámica de cortocircuitos. 34 KA.
- Posición de servicio vertical.
- Frecuencia 60 Hz.
- Nivel de aislamiento
  - . Tensión de prueba a 60 Hz. y durante 1'. 34 KV.
  - . Tensión de prueba de impulso 95 KV.
- Capacidad de acuerdo al fusible.

#### 5.2.1.6 BARRAS COLECTORAS.

Las barras colectoras de alta tensión, serán de cobre electrolítico de temple duro, sección circular, de las dimensiones indicadas en el acápite 3.8.3.5 del capítulo 3, además de

- Conductividad del material 56 m/ohmios x mm .
- Esfuerzo máximo a la flexión 1100 Kg./cm<sup>2</sup>.
- Temperaturas máximas de la barra
  - En condiciones normales 75°C.
  - . En condiciones de cortocircuito. 200°C.

- Frecuencia 60 Hz.
- Apoyos Aisladores de porcelana vidriada.

Las barras deberán ser pintadas de diferentes colores (rojo, verde, blanco) por fase. Las especificaciones anteriormente señaladas también son valederas para las barras de derivación y conexiones a los equipos de alta tensión.

#### 5.2.1.7 TRANSFORMADORES DE POTENCIA.

Los transformadores de potencia a utilizarse, serán trifásicos en baño de aceite, con arrollamientos de cobre y núcleo de hierro laminado en frío y de una

- Potencia nominal De acuerdo a lo indicado en el acápite 3.5.
- Tensiones nominales (Relación de transformación). 13,800/480 voltios y 13,800/240 voltios.
- Frecuencia 60 Hz.
- Aislamiento Aceite mineral.
- Refrigeración Natural.
- Altura de servicio 1000 m.s.n.m.
- Regulación primaria  $\pm 2.5\%$  y  $\pm 5\%$  con taps manuales operación sin carga.
- Grupo de conexión Dyn5.
- Tensión de cortocircuito Según tabla Nº 3.30
- Pérdidas en el cobre y hierro Según tabla Nº 3.30

- Nivel de aislamiento a 60 Hz durante 1 minuto.
  - . lado de A.T. 34 KV.
  - . lado de B.T. 2.5 KV.
- Sobre temperatura con carga continúa
  - . Devanados 65°C.
  - . Aceite 60°C.
  - . Arrollamientos 65°C.
  - Medio ambiente 40°C.
- Corriente de cortocircuito permisible durante 4 segundos.  $20 \times I_n$
- Accesorios.
  - . Tanque conservador con indicador visual de nivel de aceite.
  - Conmutador de tomas suplementarias con mando sobre la tapa, accionamiento manual en vacío.
  - . Ruedas orientables en planos perpendiculares.
  - . Grifo de vaciado y tomas de muestra de aceite.
  - . Placa de características.
  - Ganchos de suspensión para levantar la parte activa o el transformador completo.
  - . Borne de conexión a tierra.
  - . Termómetro bimetálico.

#### 5.2.1.8 AISLADORES PORTABARRAS.

Los aisladores portabarras, serán de porcelana vidriado, color blanco, además de

- Tensión nominal 15 KV.
- Tensión de sostenimiento a 60 Hz y durante 1 minuto. 35 KV. eficaces.
- Resistencia a la rotura 400 Kgr.
- Nivel de aislamiento
  - Tensión de prueba a 60 Hz.-1 min. 34 KV.
  - . Tensión de prueba de impulso 95 KV.

#### 5.2.1.9 ESTRUCTURAS METALICAS DE LAS CELDAS.

Las celdas de alta tensión que se construirán en situ, serán en base a perfiles angulares de acero de 2" x 2" x 1/8", soldados e -  
lectricamente, formando estructuras rígidas de las dimensiones que se indican en los planos de cada una de las Sub-Estaciones. Las áreas expuestas a posibles contactos accidentales tal como la parte posterior de cada una de ellas, será protegido por una malla metálica de 1" x 1" con alambre de 1.4 mm. de  $\phi$ , hasta una altura de 1500 mm. Ver planos.

Las estructuras metálicas deberán ser protegidas por pintura an tiorrosiva a base de zinc, las mismas que previamente deben ser a renadas al metal blanco, aplicándose finalmente pintura de acabado color gris.

#### 5.2.2 EN BAJA TENSION.

##### 5.2.2.1 CELDAS DE CONTROL, MEDIDA Y DISTRIBUCION (TABLEROS GENERALES).

Las celdas para el control, medida y distribución de energía en

baja tensión de cada uno de los transformadores, denominados TABLEROS GENERALES en cada uno de los circuitos, serán del tipo autoportado, construido con perfiles angulares de 2" x 2" x 1/8", forrados en las partes laterales, frontal y superior con planchas de hierro dobladas de 2mm. de espesor; sometidos a un tratamiento de arenado al metal blanco y preservación con pintura anticorrosiva a base de zinc y pintura de acabado color gris, Tendrán las siguientes dimensiones

- Profundidad 800 mm.
- Altura 2300 mm.
- Ancho variable, de acuerdo a la cantidad de equipo que tenga que instalarse.

En cada uno de los tableros se considerará el suministro, montaje y conexionado de

a) Transformadores de corriente

- Tipo De barra pazante, margen normal y con aislamiento de resina colada.
- Clase 1.
- Intensidad nominal  $I_{1N}$  Según lo indicado en el acápite 3.8.4-b, capítulo - 3.
- Intensidad nominal  $I_{2N}$  5 amperios.
- Potencia nominal 10 V-A.
- Resistencia térmica 60  $I_{1N}$ .

- Resistencia dinámica :  $150 I_{1N}$

b) Interruptor de protección contra sobre cargas de los transformadores.

- Tipo : Interruptor automático selectivo de ubicación fija.

Tensión nominal : 500 voltios.

Capacidad nominal de ruptura : 40 KA.

Intensidad nominal : De acuerdo a lo indicado en el acápite 3.8.4-C.

- Frecuencia : 60 Hz.

Los interruptores deberán estar equipados con disparadores de sobre intensidad ajustables, termicamente retardados y de disparado - res de sobre intensidad electromagnéticos sin retardo ajustables.

c) Instrumentos de medida.

Los instrumentos de medida serán del tipo cuadro de 144 x 144 mm.

60 Hz, clase, instalación en posición vertical y se consideran

- Voltímetro monofásico de bobina móvil, escala 0-500 voltios.

- Vatímetro trifásico electrodinámico, escalas de acuerdo a la potencia nominal de cada transformador.

- Cosfímetro trifásico electrodinámico, escala CAP. 0.5-1-0.5 IND.

d) Barras colectoras.

Serán de cobre electrolítico, temple duro de sección rectangular, de las dimensiones indicadas en el acápite 3.8.4-a.

- Conductividad : 56 m/ohmios x mm .

- Esfuerzo máximo a la flexión :  $1100 \text{ gr/cm}^2$ .



- Temperaturas máximas de la barra
  - . En condiciones normales 75°C.
  - . En condiciones de cortocircuitos 200°C.
- Disposición Horizontal.

e) Interruptores de los circuitos alimentadores.

Los interruptores de los circuitos alimentadores serán automáticos, equipados con disparadores de sobreintensidad electromagnéticos regulables, las capacidades de cada uno se indican en el acápite 3.8.4-i y la cantidad en cada uno de los tableros se indican en los planos de circuitos unifilares de cada una de las Sub-Estaciones.

f) Fusibles-seccionadores de potencia.

Los fusibles-seccionadores de potencia a utilizarse como órgano de protección y mando de circuitos alimentadores, serán apropiados para montajes en unidades blindadas y deben de reunir

- Tensión nominal 500 voltios.
- Tensión de aislamiento 1000 voltios.
- Bases portafusibles Trifásicas, fijas.
- Fusibles a utilizar NH-tamaño 1
- Capacidad nominal De acuerdo a lo indicado en el acápite 3.8.4 d.

5.2.3 DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.

5.2.3.1 EN ALTA TENSION.

Todas las partes metálicas de las celdas, las masas de los equipos (transformadores, seccionadores, interruptores, bases de los fu

sibles, botellas terminales), se conectarán a tierra mediante una línea colectora y electrodos de disipación.

La línea colectora correrá paralela a las celdas a nivel de tierra y hacia ella, convergerán las líneas de tierra de protección individuales de cada uno de los equipos y de las estructuras metálicas tal como se esquematiza en el plano Nº SCH-MM-11/1.

Los conductores utilizados serán de cobre electrolítico, temple **duro**, cableados econcéntricos de 7 hilos para secciones de 35 mm . o menos y de 19 hilos para mayores secciones. La fijación será mediante grapas empernadas a las estructuras metálicas.

La acometida al pozo de tierra estará protegido por tubería PVC-SAP del diámetro adecuado a la sección, desde el buzón de cables de alta tensión de las Sub-Estaciones.

Los electrodos utilizados serán varillas de COPPERWELD de 5/8"  $\varnothing$  por 10 pies de largo, aterrados en pozos de tierra de las características indicadas en el plano SCH-MM-11/1.

La unión de la línea colectora de tierra al electrodo de disipación, será mediante mordaza de cobre ajustable **con** perno y las uniones de las líneas de protección individual de los equipos a la línea colectora se efectuará mediante grapas de las dimensiones adecuadas.

El dimensionamiento de los conductores se indican en la tabla Nº 4.7 del acápite 4.2.1.

#### 5.2.3.2 EN BAJA TENSION.

En baja tensión, la puesta a tierra de servicio o conexión a tierra del neutro del transformador, se efectuará directamente al pozo

de tierra mediante conductores de cobre electrolíticos desnudos, de las dimensiones indicadas en la tabla Nº 4.8.

La puesta a tierra de protección de las partes metálicas y masas del equipo de baja tensión, se efectuará por medio de una línea única de tierra, desde los tableros generales al electrodo de disipación, para lo cual, en cada uno de ellos se dispondrá de una barra de tierra de cobre a lo que convergerán las tierra individuales.

El electrodo de disipación será una varilla de COPPERWELD, de 5/8"  $\varnothing$  x 10', aterrado en un pozo de tierra de las características indicadas en el plano SCH-MM-11/1; y se utilizará un electrodo de disipación por Sub-Estación, el mismo que también servirá para la tierra de servicio.

#### 5.2.4 DE LA INFRAESTRUCTURA CIVIL Y METAL MECANICA.

Los planos básicos de infraestructura civil, consideran las características constructivas de las Sub-Estaciones, las mismas que se complementarán con las siguientes indicaciones

- Las paredes exteriores serán de concreto armado, rellenas con la - drillo de 15 cm. de espesor, sin considerar el tarrajeo.
- El techo será alijerado.
- El acabado de las paredes será liso.
- Las columnas deberán de anclarse mediante zapatas, para lo cual de berá de romperse la losa de concreto armado del piso de las naves.
- Las paredes no llevarán cimientos, éstas deberán de construirse di rectamente sobre la losa de concreto armado acondicionada.
- Las dimensiones de las ventanas y aberturas de ventilación, seran de las dimensiones indicadas en los planos.

Además de la infraestructura civil, las Sub-Estaciones consideran partes metálicas en su contorno, tal es el caso de las puertas a base de planchas de acero de 2mm. de espesor y perfiles angulares de las dimensiones indicadas en los planos. Estas puertas se abrirán hacia afuera para facilitar las maniobras y mantenimiento. Similarmente a lo indicado anteriormente, las partes metálicas deberán ser arenadas al metal blanco y preservadas con pintura anticorrosiva en base a zinc y un acabado color gris.

### 5.3 DE LOS MATERIALES Y EQUIPOS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION EN BAJA TENSION.-

#### 5.3.1 DE LOS CONDUCTORES ALIMENTADORES.

Los conductores de los alimentadores en general de baja tensión, serán de cobre electrolítico blando, cableados concéntricos, tipo NYY trifásicos, aislamiento de cloruro de polivinilo (PVC) y protección exterior con una chaqueta de PVC color negro, para una tensión de servicio de hasta 1000 voltios y una temperatura de operación de 75°C.

#### 5.3.2 DE LAS BARRAS COLECTORAS LINEALES.

Las barras colectoras lineales para transporte de grandes corrientes, serán de cobre electrolítico, sección rectangular, con características similares a las indicadas en el acápite 5.2.2.1-d.

Estas serán montadas en situ, incluido el electroducto indicado en la figura N° 3.17.

Los aisladores portabarras a utilizarse serán de resina colada de

una tensión nominal de 1000 voltios, tensión de sostenimiento a 60 Hz. por 1 minuto de 5 KV eficaces y resistencia a la rotura de 750 Kg.

#### 5.3.3 DE LOS TABLEROS DE DISTRIBUCION.

Los tableros de distribución estarán constituidos por un cofre metálico, con puerta batiente y cerrada hermeticamente, construidos a base de plancha de acero doblada de 2 mm. de espesor y trotados a base de un arenado al metal blanco, pintura anticorrosiva a base de zinc y acabado en gris claro. Estos tableros estarán ubicados en la zona de trabajo junto a las columnas y sobre unas bases construidas de perfiles angulares de acero.

Estarán equipados con seccionadores cortacircuitos trifásicos, barras de cobre, fusibles NH y DZ, según las necesidades indicadas en los planos de circuitos unifilares de las Sub-Estaciones.

Las dimensiones constructivas y equipamiento genérico, se indican en el plano SCH-MM-08.

#### 5.3.4 DEL SISTEMA DE ELECTRODUCTOS.

Estará constituido por

- a) Cunetas cerradas no rellenas de arena, de sección cuadrada 40 x 40 cm. para los tipo C1 y sección rectangular 40 x 60 cm. para las tipo C2. Las paredes laterales y el fondo serán de concreto simple y la tapa de fierro corrugado de 5 mm. de espesor, los conductores irán instalados directamente en el fondo de la cuneta y

en soportes metálicos protegidos con material aislante, a una altura de 30 cm. para las tipo C2.

- b) Ductos de concreto de cuatro vías, instalados de acuerdo a necesidades de 25 x 25 x 100 cm. utilizados para los cruces de las naves e instalados a una profundidad de 1 metro bajo el n.p.t.

En ambos extremos del cruce ——— de naves, se deberán construir buzones de maniobra de 60 x 80 x 100 cm. con tapas de fierro corrugado de 5 mm. de espesor.

- c) Fijación de los conductores mediante abrazaderas múltiples en las columnas y vigas de las naves, empernados sobre pequeñas bases de planchas de acero de 50 x 50 x 10 mm. soldadas a las columnas y vigas. Las abrazaderas irán previstas de material aislante para presionar al conductor y en lo posible, deberán de garantizar una separación de conductores equivalente a dos veces el diámetro de los mismos.

- d) Tubos de fierro galvanizado de diferentes dimensiones, de acuerdo a necesidades, para las bajadas de los conductores a través de las columnas a las cunetas o directamente a las máquinas. Estos deberán de instalarse hasta una altura de 2.10 mts. con fines de protección contra daños mecánicos del conductor; fijándose mediante abrazaderas soldadas de platinas de acero de 30 x 5 mm.

#### 5.3.5 DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.

La puesta a tierra de protección de cada una de las máquinas del equipamiento general del complejo, se efectuará mediante líneas colectoras a la que convergerán las líneas individuales.

Los conductores utilizados serán de cobre electrolítico desnudo, cableado, instalados paralelamente a los conductores de servicio y su designación será ligada, por lo tanto, al código asignado a éste (ver tablas Nº 4.9 de dimensionamiento de conductores).

La línea colectora tipo T-1, será conectada a la barra de tierra del tablero general al que pertenece y las tipo T-2 directamente al pozo de tierra, tal como se indica en el plano SCH-MM-11/2.

A las máquinas que tienen conductores de servicio directamente desde los tableros generales de las Sub-Estaciones, se les asignará un conductor de línea de tierra de acuerdo a la sección de su alimentador, conectado a la barra de tierra del tablero general.

Los electrodos utilizados serán varillas COPPERWELD de 5/8"  $\varnothing$  x 10', aterrados en pozos de tierra de las características indicadas en el plano SCH-MM-11/1.

La toma de tierra para las máquinas de soldar será mediante electrodos de tubo de Fe.Ga. de 1"  $\varnothing$  x 10', aterrados directamente en el terreno circundante a los tableros de cargas móviles (designados con X en los planos de disposición general), tal como se indica en el plano SCH-MM-11/2.

#### 5.4 DE LOS MATERIALES Y EQUIPOS DE ILUMINACION DE NAVES Y EXTERIORES

##### 5.4.1 CONDUCTORES.

Los conductores a emplearse en la iluminación de naves, serán de dos tipos

- a) Para alimentadores múltiples principales, se utilizarán conductores de cobre, trifásicos, tipo NYY, de características similares a las indicadas en el acápite 5.3.1.

b) Para Sub-alimentadores múltiples, se utilizarán conductores tipo WP, de cobre electrolítico temple duro, cableado concéntrico, aislamiento de polietileno, resistente a la interperie y al envejecimiento, instalados sobre aisladores tipo carrete, de baja tensión fijados a la estructura del techo de las naves o de las vigas carrileras.

Los cables utilizados para los circuitos de control, serán del tipo CCT-B de 7 x 16 AWG y 4 x 16 AWG, de cobre electrolítico blando, sólidos, aislamiento PVC según código de colores, chaqueta exterior de PVC.

#### 5.4.2 EQUIPO DE CONTROL Y PROTECCION.

El equipo de control de luminarias y protección de los alimentadores, estará compuesto por contactores electromagnéticos accionados a control remoto, fusibles tipo NH, tamaño 00, de las capacidades indicadas en los esquemas unifilares de los circuitos de alumbrado de 220 voltios de cada Sub-Estación.

El control remoto se encontrará ubicado en tableros al nivel del suelo, en lugares de fácil acceso al personal de vigilancia y mantenimiento; y agrupados por sectores.

Los contactores y fusibles se instalarán en cajas metálicas de paso de 250 x 180 x 180 mm. con tapa atornillada y hermética, instaladas en las vigas carrileras y estructuras del techo, según sean las necesidades.

#### 5.4.3 DE LOS ARTEFACTOS DE ILUMINACION.

a) Pantalla Industrial.- La luminarias utilizadas para la iluminación de las naves, área techada, serán similares a las MER-110



JOSFEL, caracterizadas por

- Reflector de aluminio abrillantado y anodizado, abierto, ventilado, de haz medio.
- Portasocket de plancha de fierro fosfatizado y esmaltado al horno en color gris martillado.
- Socket Goliat de porcelana.

Fijación del artefacto mediante unión tubular de 3/4"  $\varnothing$ .

- Sistema de regulación que permite obtener varias curvas diferentes.

Lámpara de vapor de mercurio de 700 watts, con características similares a la H-35-18 NA del Manual Westinghouse pág. 3-27.

- Equipo auxiliar : Reactancia para lámpara de vapor de mercurio alta presión de 700 watts., alto factor de potencia, alta impedancia a las audiofrecuencias, para 220 voltios 160 Hz., compacto y montada en una caja metálica cerrada.

b) Proyector.- Las zonas no techadas de las naves serán iluminadas con proyectores similares a los C-52 del catálogo JOSFEL.

- Proyectores cerrados, interperie dura.
- Soporte de porta lámpara regulable.
- Abrazadera de unión que permita la fijación y orientación.
- Luna plana de vidrio templado con junta de silicona.
- Lámpara de vapor de mercurio de 700 watts.
- Equipo auxiliar, similar al de las pantallas industriales del área techada de naves.

c) Luminarias de alumbrado exterior.- Las luminarias serán similares a las BIH-83 del catálogo JOSFEL, completas con todos sus acceso-

rios y lámpara de vapor de mercurio de 250 watts, 220 voltios, 60 Hz, de alta presión, color corregido, socket E-40, con reactor y equipo de alto factor de potencia.

Para la iluminación de las entradas principales a la fábrica, se utilizarán luminarias tipo FAROLAS-JP/250 JOSFEL o similares, con lámparas de vapor de mercurio de 250 watts, reactor y equipo de alto factor de potencia.

#### 5.4.4 DE LOS SOPORTES Y FIJACION.

##### 5.4.4.1 EN NAVES - AREAS TECHADAS.

Las luminarias en la parte techada de las naves se fijarán en las estructuras del techo, mediante soportes ajustables con pernos en un extremo y tubo de Fe.Ga. de 3/4" roscado en el otro extremo, ver plano SCH-MM-09/5.

Los artefactos serán distribuídos uniformemente en toda el área a cubrir.

##### 5.4.4.2 EN NAVES - AREAS SIN TECHO.

Los proyectores cerrados serán ubicados en la parte inferior de las vigas carrileras, mediante pernos a la plancha de anclaje soldada.

##### 5.4.4.3 EN ILUMINACION EXTERIOR.

En la iluminación exterior, se utilizarán como soporte, los siguientes tipos de postes

###### a. POSTES TIPO - I

Postes metálicos de Fe.Negro de 4" x 4m + 3" x 1.5 m., anclados

sobre los muros perimétricos, preservados mediante arenado al metal blanco y pintura anticorrosiva en base a zinc y pintura de a acabado color gris con pasturales tipo PU 49/200 JOSFEL o similares, embonado y soldado en la parte superior del poste, acondicionados para soportar las luminarias BIH-83 JOSFEL o similares.

**b. POSTES TIPO - II**

Postes de fierro negro similares de los postes I, sin portorales para soportar las luminarias tipo farola JP/250 JOSFEL o similares.

**c. POSTES TIPO - III**

Postes de Fe. negro de 3" x 1.50 m. + 4" x 1.5 m. + 5" x 5 m., preservado mediante arenado al metal blanco, pintura anticorrosiva en base a zinc y pintura de acabado con pastoral doble tipo PU49/2.00 JOSFEL, fijados mediante abrazaderas en ambos lados del poste y a condicionados para soportar las luminarias BIH-83 JOSFEL o similares. Estos postes se utilizarán para la iluminación de las zonas de parqueo.

**5.5 DE LOS MATERIALES Y EQUIPOS DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS DE LOS EDIFICIOS AUXILIARES.**

**5.5.1 CONDUCTORES.**

En las Oficinas Administrativas y edificios auxiliares, para los circuitos de alumbrado y de tomacorrientes, se utilizarán conductores de cobre tipo TW de los calibres indicados en los planos, de cobre e lectrolítico, temple blando, sólido, temperatura máxima en el conductor 60<sup>o</sup>C y en el medio ambiente 30<sup>o</sup>C., aislamiento de cloruro de polilivinilo (PVC), alta resistencia dieléctrica y resistentes a la humedad, productos químicos, grasas y calor.

#### 5.5.2 ELECTRODUCTOS.

Estarán constituidos por tubería de material plástico, tipo pesado, con calibres y espesores mínimos de pared, establecidos en código nacional de electricidad.

#### 5.5.3 TABLEROS DE DISTRIBUCION.

Especificaciones técnicas similares a las indicadas en el acápite 5.3.3 del presente capítulo.

#### 5.5.4 CAJAS METALICAS.

Las cajas metálicas tendrán las siguientes medidas : para tomacorrientes o interruptores, se emplearán cajas rectangulares de 4" x 2.1/4" x 1.7/8", para salida de luz en el techo se emplearán cajas octogonales de 4"  $\varnothing$  x 1.1/2" y para salida de caja de paso en la pared de 3.1/4"  $\varnothing$  x 1.1/2".

Las cajas serán fabricadas por estampado de plancha de hierro galvanizado de 1/32" de espesor mínimo. Las orejas para la fijación de los accesorios serán de una sola pieza con el cuerpo de la caja.

#### 5.5.5 INTERRUPTORES.

Los interruptores serán de palanca del tipo de empotrar y tendrán el mecanismo encerrado por una cubierta de composición estable, con terminales de tornillo para conexión lateral. La capacidad mínima y nominal será de 10 amperios para 240 voltios.

También se emplearán interruptores bipolares de palanca del tipo de empotrar con características similares al anterior, para controlar salidas de luz de lámparas fluorescentes de una capacidad nominal de 15 y 25 amperios, de acuerdo a necesidades, ver planos de circuita

ción de edificios auxiliar

#### 5.5.6 TOMACORRIENTES.

Los tomacorrientes serán universales dobles, moldeados en plástico fenólico, de simple contacto, con capacidad de 15 amperios, para 250 amperios y del tipo de empotrar en pared en las cajas rectangulares anteriormente descritas.

#### 5.5.7 ARTEFACTOS DE ILUMINACION.

De acuerdo a las necesidades lumínicas, se emplearán cuatro tipos de luminarias

- a) Tipo - A      Luminarias IS-2x96"-73W JOSFEL o similares, colocadas en hileras y utilizadas en la iluminación del taller de mantenimiento. Estas luminarias utilizarán lámparas fluorescentes rectos de 73 watts cada uno.
- b) Tipo - B      Luminarias IS-4x96"-73W JOSFEL o similares, para instalarse en hileras en almacenes, utilizando cuatro lámparas fluorescentes rectos de 73 watts cada uno.
- c) Tipo - C      Luminarias tipo plástico rectangular grande, con tres lámparas fluorescentes rectos de 40 watts cada uno, con tapas esmaltadas al horno o cromadas. Son similares a las luminarias JOSFEL RG/40 - 3 x 40 W.
- d) Tipo - D      Luminarias similares a la tipo C; pero con cinco lámparas fluorescentes cada uno - luminaria RG/4-5x40 W. JOSFEL o similar.

C A P I T U L O - 6

6.1 METRADO Y PRESUPUESTO BASE — MATERIALES

6.2 METRADO Y PRESUPUESTO BASE — MONTAJE

6.3 ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

METRADO Y PRESUPUESTO

PROYECTO : SISTEMA ELECTRICO DEL COMPLEJO CALDERERO ESTRUCTURAL SIMACH METAL MECANICA

IT.	DESCRIPCION	U.	PRIMERA ETAPA			SEGUNDA ETAPA			TERCERA ETAPA		
			CANT.	P.UNIT.	P.PARC.	CANT.	P.UNIT.	P.PARC.	CANT.	P.UNIT.	P.PARC.
1	Cable de energía NKY-15KV. de : - 3 x 150 mm.2. - 3 x 95 mm2.	m. m	90 100	1.50 0.95	135 95	-- --	-- --	-- --	-- --	-- --	-- --
2	Cable de energía 3x50 mm2-NKY-15KV	m.	--			120	0.576	69	0.576	100	57.6
3	Botella terminal 15KV, para cable 3x150 mm2-NKY, exterior.	u.	1	6.39	6.39	--	--	--	--	--	--
4	Botella terminal 15K, interior para cable : - 3x150 mm2 - NKY - 3x 95 mm2 - NKY - 3x 50 mm2 - NKY	u. u. u.	1 2 --	6.39 6.39 --	6.39 12.78 --	-- -- 2	5.03	10.06	5.03	2	10.06
5	Seccionador 1 Ø, 15KV, 400A, 60Hz.	u.	9	3.00	27.00	6	3.00	18.00	3.00	12	36.00
6	Interruptor en pequeño volumen de aceite, fijo, 400A, 250MVA, 60Hz. interior.	Eq.	1	130.00	130.00	--	--	--	--	--	--
7	Relé directo de sobrecorriente tipo po HB, 400A, 60Hz, 100 KA.	Eq.	1	15.00	15.00	--	--	--	--	--	--

METRADO Y PRESUPUESTO

PROYECTO : SISTEMA ELECTRICO DEL COMPLEJO CALDERERO ESTRUCTURAL SIMACH METAL MECANICA

IT.	DESCRIPCION	U.	PRIMERA ETAPA			SEGUNDA ETAPA			TERCERA ETAPA					
			CANT.	P.UNIT.	P.PARC.	CANT.	P.UNIT.	P.PARC.	CANT.	P.UNIT.	P.PARC.			
8	Transformador de corriente 1 $\phi$ , 300/5A, 30V-A, 15KV, 60 Hz., tipo barra pasante.	U.	2	8.31	16.62	--	--	--	--	--	--	--	--	
9	Transformador de tensión 1 $\phi$ , 30 V-A, 13800/100 V.	U.	2	29.04	58.08	--	--	--	--	--	--	--	--	
10	Fusible de alta tensión tipo HH. 15KV, con bases 1 $\phi$ , 60 Hz. de : - 6 Amp. - 200 Amp. - 63 Amp. - 40 Amp. - 25 Amp. - 160 Amp.	U.	1	1.4	1.40	--	--	--	--	--	--	--	--	
		U.	3	7.00	21.00	--	--	--	--	--	--	3	7.00	21.00
		U.	3	2.39	7.17	--	--	--	--	--	--	3	2.39	7.17
		U.	6	2.39	14.34	9	2.39	21.50	--	--	--	--	--	--
		U.	3	1.75	5.25	--	--	--	--	--	--	3	1.75	5.25
		U.	--	--	--	3	6.00	18.00	3	6.00	18.00	3	6.00	18.00
11	Barra de Cu.-E., sección redonda de : - 16 mm. de $\phi$ - 10 mm. de $\phi$	m.	80	0.11	8.80	40	0.11	4.40	24	0.11	2.64	24	0.11	2.64
		m.	14	0.50	7.00	9	0.50	4.50	6	0.50	3.00	6	0.50	3.00
12	Aisladores portabarras, porcelana vidriada, 15 KV.	U.	33	0.47	15.51	18	0.47	8.46	12	0.47	5.64	12	0.47	5.64





METRADO Y PRESUPUESTO

PROYECTO : SISTEMA ELECTRICO DEL COMPLEJO CALDERERO ESTRUCTURAL SIMACH METAL MECANICA

IT.	DESCRIPCION	U.	PRIMERA ETAPA			SEGUNDA ETAPA			TERCERA ETAPA		
			CANT.	P.UNIT.	P.PARC.	CANT.	P.UNIT.	P.PARC.	CANT.	P.UNIT.	P.PARC.
18	cuerto al plano SCH-MM-03/2. Tablero de control, medida y distribución TG-1.2, equipado según plano N° SCH-MM-03/2.	Eq.	1	117.00	117.00	--	--	--	--	--	--
19	Tablero de control, medida y distribución TG-2.1, equipado de acuerdo al plano SCH-MM-04/1.	Eq.	1	139.00	139.00	--	--	--	--	--	--
20	Tablero de control, medida y distribución TG-2.2, equipado según plano SCH-MM-04/1,2.	Eq.	1	145.00	145.00	--	--	--	--	--	--
21	Estructura metálica de ángulos de 2" x 2" x 1/8" para alta tensión.	Est.	2	8.00	16.00	1	8.00	8.00	1	8.00	8.00
22	Derivaciones en T de Cu. para varilla de 16 mm. de $\phi$ .	U	9	0.068	0.61	6	0.068	0.41	3	0.068	0.20
23	Derivaciones en T de Cu. para varilla de 10 mm. de $\phi$ .	U.	15	0.068	1.02	9	0.068	0.61	6	0.068	0.41

METRADO Y PRESUPUESTO

PRECIOS EN MILES DE INTIS

PROYECTO : SISTEMA ELECTRICO DEL COMPLEJO CALDERERO ESTRUCTURAL SIMACH METAL MECANICA

IT.	DESCRIPCION	U.	PRIMERA ETAPA		SEGUNDA ETAPA		TERCERA ETAPA				
			CANT.	P.UNIT.	P.PARC.	CANT.	P.UNIT.	P.PARC.	CANT.	P.UNIT.	P.PARC.
24	Uniones de Cu. para varillas de 16 mm. de $\phi$	u.	6	0.048	0.29	6	0.048	0.29	3	0.048	0.14
25	Varilla Copperweld 5/8" $\phi$ x 10'	u.	6	0.300	1.80	6	0.300	1.80	4	0.300	1.20
26	Conductores de Cu.-E desnudo, cableado, temple duro para sistema de tierra, calibres :										
	- 95 mm2.	m.	5	0.082	0.41	5	0.082	0.41	5	0.082	0.41
	- 70 mm2.	m.	5	0.059	0.30	5	0.059	0.30	5	0.059	0.30
	- 50 mm2.	m.	20	0.041	0.82	5	0.041	0.21	5	0.041	0.21
	- 35 mm2.	m.	400	0.030	12.00	135	0.030	4.05	210	0.030	6.30
	- 10 mm2.	m.	200	0.009	1.80	447	0.009	4.02	91	0.009	0.82
	- 6 mm2.	m.	120	0.006	0.72	25	0.006	0.15	25	0.006	0.15
	- 4 mm2.	m.	70	0.004	0.28	12	0.004	0.05	73	0.004	0.29
	- 2.5mm2.	m.	20	0.003	0.06	5	0.003	0.02	10	0.003	0.03
27	Grapas paralelas de Cu. para conductor de 35 mm2.	u.	53	0.070	3.71	25	0.070	1.75	15	0.070	1.05
28	Grapas paralelas de diferentes dimensiones.	-	Estimado	--	6.00	Estimado	--	5.00	Estimado	--	5.00

METRADO Y PRESUPUESTO

PROYECTO : SISTEMA ELECTRICO DEL COMPLEJO CALDERERO ESTRUCTURAL SIMACH METAL MECANICA

IT.	DESCRIPCION	U.	PRIMERA ETAPA			SEGUNDA ETAPA			TERCERA ETAPA		
			CANT.	P.UNIT.	P.PARC.	CANT.	P.UNIT.	P.PARC.	CANT.	P.UNIT.	P.PARC.
29	Mordaza para varilla de 5/8" ø.	u.	6	0.026	0.16	6	0.026	0.16	4	0.026	0.10
30	Tubo de Fe. Ga. 4" ø x 10'	u.	1	0.70	0.70	--	--	--	--	--	--
31	Ductos de concreto de doble vía, 25 x 25 x 100 cm.	u.	80	0.091	7.37	--	--	--	--	--	--
32	Conductores de Cu.-E, 1000V, tipo NYY, calibres :	m.	20	1.10	22.00	--	--	--	--	--	--
	- 3x185 mm2.	m.	100	0.96	96.00	72	0.96	69.12	144	0.96	138.24
	- 3x150 mm2.	m.	20	0.73	14.60	55	0.73	40.15	50	0.73	36.50
	- 3x120 mm2.	m.	180	0.67	124.20	376	0.67	251.92	311	0.67	208.37
	- 3x70 mm2.	m.	100	0.45	45.00	172	0.45	77.40	150	0.45	67.5
	- 3x50 mm2.	m.	75	0.40	30.00	467	0.40	186.80	287	0.40	114.80
	- 3x35 mm2.	m.	420	0.23	96.60	355	0.23	81.65	603	0.23	138.69
	- 3x25 mm2.	m.	330	0.21	69.30	354	0.21	74.34	121	0.21	25.41
	- 3x16 mm2.	m.	150	0.13	19.50	441	0.13	57.33	328	0.13	42.64
	- 3x10 mm2.	m.	240	0.073	17.52	19	0.073	1.39	50	0.073	3.65
	- 3x6 mm2.	m.	75	0.046	3.45	35	0.046	1.61	15	0.046	0.69
	- 3x4 mm2.	m.	80	0.035	2.80	--	--	--	80	0.035	28.00
	- 2x1x2.5 mm2.	m.	135	0.021	2.84	10	0.021	0.21	675	0.021	14.18

METRADO Y PRESUPUESTO

PROYECTO : SISTEMA ELECTRICO DEL COMPLEJO CALDERERO ESTRUCTURAL SIMACH METAL MECANICA

IT.	DESCRIPCION	U.	PRIMERA ETAPA			SEGUNDA ETAPA			TERCERA ETAPA		
			CANT.	P.UNIT.	P.PARC.	CANT.	P.UNIT.	P.PARC.	CANT.	P.UNIT.	P.PARC.
33	- 2x1x4 mm2.	m.	130	0.026	3.38	--	--	--	210	0.026	5.46
	- 2x1x6 mm2.	m.	--	--	--	--	--	60	0.033	1.98	
	Conductor de Cu.-E, 1000V., tipo WP, unipolar, calibres :										
	- 14 AWG	m.	700	0.003	2.10	1100	0.003	3.30	600	0.003	1.80
	- 12 AWG	m.	650	0.005	3.25	262	0.005	1.31	312	0.005	1.56
	- 10 AWG	m.	1150	0.007	8.05	1580	0.007	11.06	935	0.007	6.55
	- 8 AWG	m.	1400	0.011	15.4	1960	0.011	21.56	1700	0.011	18.70
	- 6 AWG	m.	370	0.021	7.77	540	0.021	11.34	--	--	--
- 4 AWG	m.	--	--	--	330	0.040	13.20	--	--	--	
34	Aisladores tipo carrete de baja tensión.	u.	620	0.023	14.26	1570	0.023	36.11	860	0.023	19.78
35	Barras de Cu.E, sección rectangular de :										
	- 100 x 5 mm.	m.	8	0.40	3.20	8	0.40	3.20	8	0.40	3.20
	- 80 x 5 mm.	m.	23	0.24	5.52	25	0.24	6.00	8	0.24	1.92
	- 40 x10 mm.	m.	45	0.23	10.35	--	--	--	--	--	--
	- 40 x 5 mm.	m.	30	0.10	3.00	--	--	--	180	--	--
- 30 x 5 mm.	m.	225	0.084	18.90	360	0.084	30.24	225	0.084	18.90	

METRADO Y PRESUPUESTO

PROYECTO : SISTEMA ELECTRICO DEL COMPLEJO CALDERERO ESTRUCTURAL SIMACH METAL MECANICA

IT.	DESCRIPCION	U.	PRIMERA ETAPA		SEGUNDA ETAPA		TERCERA ETAPA				
			CANT.	P.UNIT.	P.PARC.	CANT.	P.UNIT.	P.PARC.	CANT.	P.UNIT.	P.PARC.
	- 25 x 5 mm.	m.	45.	0.075	3.38	180	0.075	13.50	135	0.075	10.13
	- 20 x 5 mm.	m.	225	0.063	14.17	270	0.063	17.01	45	0.063	2.83
	- 20 x 3 mm.	m.	90	0.035	3.15	630	0.035	22.05	180	0.035	6.30
	- 15 x 3 mm.	m.	--	--	--	180	0.034	6.12	--	--	--
36	Aisladores portabarras de baja tensión, 1000V., de resina.	u.	760	0.095	72.20	1630	0.095	154.85	770	0.095	73.15
37	Protectores modulares de barras colectoras lineales (PL. 3mm. x 3000 mm.)	u.	77	0.20	15.40	180	0.20	36.00	85	0.20	17.00
38	Fusibles tipo NH, 500V, 60 Hz. con bases, 1 $\phi$ , de :										
	- 250 Amp.	u.	3	0.48	1.44	--	--	--	--	--	--
	- 160 Amp.	u.	3	0.30	0.90	--	--	--	3	0.30	0.90
	- 125 Amp.	u.	3	0.30	0.90	--	--	--	3	0.30	0.90
	- 100 Amp.	u.	9	0.30	2.70	--	--	--	3	0.30	0.90
	- 50 Amp.	u.	33	0.25	8.25	15	0.25	4.00	15	0.25	4.00
	- 36 Amp.	u.	12	0.25	3.00	12	0.25	3.00	9	0.25	2.25
	- 63 Amp.	u.	6	0.27	1.62	3	0.27	0.81	12	0.27	3.24

METRADO Y PRESUPUESTO

PROYECTO : SISTEMA ELECTRICO DEL COMPLEJO CALDERERO ESTRUCTURAL SIMACH METAL MECANICA

IT.	DESCRIPCION	U.	PRIMERA ETAPA			SEGUNDA ETAPA			TERCERA ETAPA		
			CANT.	P.UNIT.	P.PARC.	CANT.	P.UNIT.	P.PARC.	CANT.	P.UNIT.	P.PARC.
39	- 25 Amp.	u.	12	0.21	2.52	6	0.21	1.26	12	0.21	2.52
	- 16 Amp.	u.	12	0.21	2.52	--	--	--	18	0.21	3.78
	- 80 Amp.	u.	--	--	--	9	0.30	2.70	3	0.30	0.90
	-200 Amp.	u.	--	--	--	--	--	--	6	0.47	2.82
40	Fusibles tipo OZ, 500V, 60 Hz. con bases, 1 Ø, de :										
	- 6 Amp.	u.	2	0.085	0.17	--	--	--	--	--	--
	- 50 Amp.	u.	3	0.13	0.39	--	--	--	45	0.13	5.85
	- 25 Amp.	u.	6	0.085	0.51	--	--	--	--	--	--
	- 16 Amp.	u.	3	0.085	0.26	--	--	--	--	--	--
41	Conductores de Cu.E, cableado TW, 200 Voltios, calibres :										
	- 4 AWG	m.	162	0.049	7.94	--	--	--	330	0.049	16.17
	- 6 AWG	m.	273	0.031	8.46	--	--	--	111	0.031	3.44
	- 8 AWG	m.	291	0.020	5.82	--	--	--	270	0.020	5.40
	-10 AWG	m.	30	0.013	0.39	--	--	--	--	--	--
	Conductores de Cu-E, sólido No 14 AWG-TW, 1000 voltios.	m.	6600	0.005	33.00	--	--	--	12,500	0.005	62.50





METRADO Y PRESUPUESTO

PROYECTO : SISTEMA ELECTRICO DEL COMPLEJO CALDERERO ESTRUCTURAL SIMACH METAL MECANICA

IT.	DESCRIPCION	U.	PRIMERA ETAPA			SEGUNDA ETAPA			TERCERA ETAPA		
			CANT.	P.UNIT.	P.PARC.	CANT.	P.UNIT.	P.PARC.	CANT.	P.UNIT.	P.PARC.
- X1		Eq.	4	10.00	40.00	2	10.00	20.00	--	--	--
- X2		Eq.	-	--	--	5	9.00	45.00	--	--	--
- X3		Eq.	3	9.00	27.00	12	9.00	108.00	5	9.00	45.00
47	Tableros de subdistribución para iluminación, construido y equipado según plano Nº SCH-MM-10/2 de :										
-	30 circuitos monofásicos	Eq.	--	--	--	--	--	--	4	19.00	76.00
-	12 circuitos monofásicos	Eq.	11	7.90	86.90	--	--	--	2	7.90	15.80
-	16 circuitos monofásicos	Eq.	2	11.30	22.60	--	--	--	9	11.30	101.70
48	Tomacorrientes monofásicos simples para empotrar.	U.	72	0.018	1.30	--	--	--	96	0.018	1.73
49	Cajas octagonales 4" $\phi$ x 1.1/2" de Fe. Ga.	U.	226	0.029	6.55	--	--	--	762	0.029	22.10
50	Cajas rectangulares 4" x 2.1/4" x 1.7/8" de Fe. Ga.	U.	100	0.023	2.30	--	--	--	279	0.023	6.42
51	Interruptores monofásicos para empotrar, 15 Amp. 500V.	U.	28	0.087	2.44	--	--	--	60	0.087	5.22



METRADO Y PRESUPUESTO

PROYECTO : SISTEMA ELECTRICO DEL COMPLEJO CALDERERO ESTRUCTURAL SIMACH METAL MECANICA

IT.	DESCRIPCION	U.	PRIMERA ETAPA			SEGUNDA ETAPA			TERCERA ETAPA		
			CANT.	P.UNIT.	P.PARC.	CANT.	P.UNIT.	P.PARC.	CANT.	P.UNIT.	P.PARC.
59	equipo de alto factor de potencia. Proyectores C-52 Josfel con lámpa. ra de vapor de mercurio de 700W.y equipo de alto factor de potencia.	Eq.	324	4.20	1360.80	552	4.20	2318.40	324	4.20	1360.80
60	Luminarias Josfel BIH-83 con lámpa ra de vapor de mercurio de 250 Watts. y equipo.	Eq.	15	5.00	75.00	68	5.00	340.00	28	5.00	140.00
61	Postes metálicos : - Tipo P-1 - Tipo P-2 - Tipo P-3	U.	10	3.20	32.00	--	--	--	37	3.20	118.40
62	Cajas metálicas de Fe.Ga. de plan cha de 1/16" de 200 x 200 x 100.	U.	10	1.80	18.00	--	--	--	21	1.80	37.80
63	Grupo contactor 3 Ø, 80A y fusibles NH 50 A., con bases en caja metáli ca de	U.	--	--	--	--	--	--	4	1.70	6.80
			--	--	--	--	--	--	7	3.00	21.00
			10	0.25	2.5	--	--	--	32	0.25	8.00
			23	4.60	105.80	38	4.60	174.8	19	4.60	87.40

METRADO Y PRESUPUESTO  
 PROYECTO : SISTEMA ELECTRICO DEL COMPLEJO CALDERERO ESTRUCTURAL SIMACH METAL MECANICA  
 PRECIOS EN MILES DE INTIS

IT.	DESCRIPCION	U.	PRIMERA ETAPA		SEGUNDA ETAPA		TERCERA ETAPA			
			CANT.	P.UNIT.	P.PARC.	CANT.	P.UNIT.	P.PARC.	CANT.	P.UNIT.
64	Tablero de control remoto de 25 circuitos de control unipolares, independientes.	Eq.	1	4.75	4.75	--	--	1	4.75	4.75
65	Tablero de control remoto de 36 circuitos unipolares de control, independientes.	Eq.	--	--	6.50	6.50	--	--	--	--
66	Cables de control tipo CCT-B x ca- libres : - 7 x 16 AWG. - 4 x 16 AWG. - 1 x 16 AWG. -12 x 16 AWG.	m.	140	0.075	10.50			140	0.075	10.50
		m.	25	0.050	1.25			30	0.050	1.50
		m.	300	0.012	3.60	900	0.012	300	0.012	3.60
		m.	--	--	--	185	0.18	260	0.18	46.80
67	Tablero de control, medida y dis- tribución TG-3.1, equipado según plano SCH-MM-05/2.	Eq.	--	--	127.00	127.00	--	--	--	--
68	Tablero de control, medida y dis- tribución TG-3.2, equipado según plano Nº SCH-MM-05/2.	Eq.	--	--	156.00	156.00	--	--	--	--

PRECIO9 EN MILES DE INTIS

METRADO Y PRESUPUESTO

PROYECTO : SISTEMA ELECTRICO DEL COMPLEJO CALDERERO ESTRUCTURAL SIMACH METAL MECANICA

IT.	DESCRIPCION	U.	PRIMERA ETAPA			SEGUNDA ETAPA			TERCERA ETAPA				
			CANT.	P.UNIT.	P.PARC.	CANT.	P.UNIT.	P.PARC.	CANT.	P.UNIT.	P.PARC.		
69	Tablero de control, medida y distribución TG-3.3, equipado de acuerdo al plano SCH-MM-05/3.	Eq.	--	--	--	1	112.00	112.00	--	--	--	--	--
70	Tablero de control, medida y distribución TG-4.1, equipado según plano SCH-MM-06/2.	Eq.	--	--	--	--	--	--	1	179.00	179.00	179.00	179.00
71	Tablero de control, medida y distribución TG-4.2, equipado según plano SCH-MM-06/3.	Eq.	--	--	--	--	--	--	1	122.00	122.00	122.00	122.00
72	Tablero de control, medida y distribución TG-4.1.9, equipado según plano SCH-MM-10/7.	Eq.	--	--	--	--	--	--	1	92.00	92.00	92.00	92.00
73	Ductos de concreto de cuatro vías 25x25x100 cmts.	U.	150	0.13	19.50	145	0.13	18.85	60	0.13	7.80	7.80	7.80
74	Cajas metálicas de paso de 250 x 400 x 200 mm.	U.	2	0.65	1.30	3	0.65	1.95	2	0.65	1.30	1.30	1.30
TOTAL EN MATERIALES.....			5 131.53			5 451.09			4898.86			4898.86	
(EN MILES DE INTIS)													

METRADO Y PRESUPUESTO

PROYECTO : SISTEMA ELECTRICO DEL COMPLEJO CALDERERO ESTRUCTURAL SIMACH METAL MECANICA

IT.	DESCRIPCION	U.	PRIMERA ETAPA		SEGUNDA ETAPA		TERCERA ETAPA				
			CANT.	P.UNIT.	P.PARC.	CANT.	P.UNIT.	P.PARC.	CANT.	P.UNIT.	P.PARC.
1	<u>MONTAJE E INSTALACION DEL SUMINISTRO Y LINEA PRIMARIA DE DISTRIBUCION.</u> Montaje de la acometida	U	1	0.88	0.88	--	--	--	--	--	--
2	Instalación de cables NKY-15KV. en ductos de concreto. - 3 x 150 mm2. - 3 x 95 mm2. - 3 x 50 mm2.	m.	90	0.117	10.53	--	--	--	--	--	--
		m.	100	0.112	11.20	--	--	--	--	--	--
		m.	--	--	--	120	0.109	13.08	100	0.109	10.90
3	Fabricación de buzones (incluye material). - Buzones BZ-1 - Buzones BZ-2	U.	1	0.75	0.75	--	--	--	--	--	--
		U.	1	0.75	0.75	1	0.70	0.70	1	0.70	0.70
4	<u>MONTAJE DE SUB-ESTACIONES</u> Montaje e instalación de celdas de alta tensión - 13.8 KV. - Celdas de control, medida y maniobra de alimentación.	U.	1	3.12	3.12	--	--	--	--	--	--

METRADO Y PRESUPUESTO

PROYECTO SISTEMA ELECTRICO DEL COMPLEJO CALDERERO ESTRUCTURAL SIMACH METAL MECANICA

IT.	DESCRIPCION	U.	PRIMERA ETAPA		SEGUNDA ETAPA		TERCERA ETAPA				
			CANT.	P.UNIT.	P.PARC.	CANT.	P.UNIT.	P.PARC.	CANT.	P.UNIT.	P.PARC.
	- Celdas de transformación	U.	4	1.12	4.48	2	1.12	2.24	3	1.12	3.36
	- Celda de llegada simple	U.	1	1.12	1.12	1	1.12	1.12	1	1.12	1.12
	- Celda de salida.	U.	2	2.00	4.00	1	2.00	2.00	1	2.00	2.00
5	Instalación de celdas de Baja Tensión 440 y 220 Volt.	U.	4	3.27	13.08	3	3.27	9.81	2	3.27	6.54
6	Instalación de celdas modulares en Sub-Estación compacta 4.1.9	S.E.	--	--	--	--	--	--	1	2.00	2.00
<b>OBRAS CIVILES DE SUB-ESTACIONES</b> (incluye mano de obra y material)											
7	Construcción de caseta en base a columnas, vigas, muros y techo a lijero de los planos respectivos.	m2.	53	2.00	106.00	32	2.00	64.00	16	2.00	32.00
8	Construcción de buzones para llegada y salida de cables de alta tensión.	U.	2	1.10	2.20	1	1.10	1.10	1	0.55	0.55

METRADO Y PRESUPUESTO

PROYECTO : SISTEMA ELÉCTRICO DEL COMPLEJO CALDERERO ESTRUCTURAL SIMACH METAL MECANICA

IT.	DESCRIPCIÓN	U.	PRIMERA ETAPA		SEGUNDA ETAPA		TERCERA ETAPA				
			CANT.	P.UNIT.	P.PARC.	CANT.	P.UNIT.	P.PARC.	CANT.	P.UNIT.	P.PARC.
9	Construcción de canaletas para salida de alimentadores de baja tensión	m.	18.00	0.60	10.80	9.5	0.60	5.70	5.50	0.60	3.30
10	Puertas metálicas y demás complementos.	U.	26	1.10	28.60	16	1.10	17.60	10	1.10	11.00
11	<u>INSTALACION DE ALIMENTADORES SECUNDARIOS.</u> Instalación de conductores NYV, 1000 V. en las vigas y columnas. - de 3 x 150 mm2. - de 3 x 120 mm2. - de 3 x 95 mm2. - de 3 x 70 mm2. - de 3 x 50 mm2. - de 3 x 35 mm2. - de 3 x 25 mm2. - de 3 x 16 mm2.	m.	99	0.022	2.18	25	0.02	0.40	125	0.022	2.75
		m.	20	0.018	2.68	150	0.017	2.93	287	0.018	5.17
		m.	88	0.015	5.70	467	0.014	7.01	15	0.017	0.26
		m.	407	0.013	7.48	635	0.013	8.26	286	0.015	4.29
		m.	132	0.013	1.72	437	0.013	5.68	528	0.014	7.39
		m.							86	0.013	1.12
		m.							311	0.013	4.04



METRADO Y PRESUPUESTO

PROYECTO : SISTEMA ELECTRICO DEL COMPLEJO CALDERERO ESTRUCTURAL SIMACH METAL MECANICA

IT.	DESCRIPCION	U.	PRIMERA ETAPA			SEGUNDA ETAPA			TERCERA ETAPA		
			CANT.	P.UNIT.	P.PARC.	CANT.	P.UNIT.	P.PARC.	CANT.	P.UNIT.	P.PARC.
	- de 3 x 10 mm2.	m.	122	0.012	1.46	14	0.012	0.17	75	0.012	0.90
	- de 3 x 6 mm2.	m.	5	0.012	0.06	30	0.012	0.36	--	--	--
	- de 3 x 4 mm2.	m.	40	0.012	0.48	20	0.012	0.24	40	0.012	0.48
	- de 3 x 2.5 mm2.	m.	22	0.012	0.26	12	0.012	0.14	10	0.012	0.12
	- de 2 x 1 x 2.5 mm2.	m.	135	0.013	1.76	--	--	--	675	0.013	8.78
12	Habilitado e instalación de armazones y abrazaderas.	Pto.	497	0.042	20.87	522	0.042	21.92	315	0.042	13.23
13	Instalación de conductores NYY en ductos de concreto.										
	- de 3 x 150 mm2.	m.	68	0.009	0.61	35	0.009	0.32	--	--	--
	- de 3 x 120 mm2.	m.	--	--	--	--	--	--	25	0.007	0.18
	- de 3 x 95 mm2.	m.	68	0.005	0.34	175	0.005	0.88	--	--	--
	- de 3 x 70 mm2.	m.	95	0.005	0.48	--	--	--	90	0.005	0.45
	- de 3 x 35 mm2.	m.	51	0.003	0.153	--	--	--	--	--	--
	- de 3 x 10 mm2.	m.	--	--	--	30	0.001	0.03	--	--	--
14	Instalación de ductos de concreto de cuatro vías.	m.	130	0.067	8.71	90	0.067	6.03	35	0.067	2.35

METRADO Y PRESUPUESTO

PROYECTO : SISTEMA ELECTRICO DEL COMPLEJO CALDERERO ESTRUCTURAL SIMACH METAL MECANICA

IT.	DESCRIPCION	U.	PRIMERA ETAPA			SEGUNDA ETAPA			TERCERA ETAPA				
			CANT.	P.UNIT.	P.PARC.	CANT.	P.UNIT.	P.PARC.	CANT.	P.UNIT.	P.PARC.		
15	Instalación de conductores NYY en cunetas cerradas.	m.	20	0.007	0.142	--	--	--	--	--	--	--	--
			10	0.006	0.06	30	0.006	0.18	12	0.006	0.072		
			20	0.005	0.10	30	0.005	0.15	--	--	--	--	--
			11	0.004	0.04	--	--	--	15	0.004	0.060		
			--	--	--	--	--	--	5	0.003	0.015		
			32	0.002	0.064	--	--	--	--	--	--	--	--
			46	0.001	0.046	10	0.001	0.01	10	0.001	0.010		
			--	--	--	5	0.001	0.005	21	0.001	0.021		
			28	0.001	0.028	--	--	--	5	0.001	0.005		
			64	0.001	0.064	5	0.001	0.005	--	--	--	--	--
16	Construcción de cunetas cerradas.	m.	27	0.001	0.027	5	0.001	0.005	45	0.001	0.045		
			193	0.28	54.04	20	0.28	5.6	88	0.28	24.64		
			27	0.32	8.64	5	0.32	1.6	15	0.32	4.80		







NETRADO Y PRESUPUESTO

PROYECTO : SISTEMA ELECTRICO DEL COMPLEJO CALDERERO ESTRUCTURAL SIMACH METAL MECANICA

IT.	DESCRIPCION	U.	PRIMERA ETAPA		SEGUNDA ETAPA		TERCERA ETAPA					
			CANT.	P.UNIT.	P.PARC.	CANT.	P.UNIT.	P.PARC.	CANT.	P.UNIT.	P.PARC.	
26	Instalación de conductor de Cu.-E desnudo para línea de colectora de puesta a tierra.	m.	165	0.0024	0.40	45	0.0024	0.108	165	0.0024	0.40	
			--	--	--	--	--	--	60	0.0015	0.09	
			--	--	--	195	0.0009	0.176	--	--	--	--
			6	0.0007	0.005	--	--	--	--	--	--	--
27	Instalación de conductor de Cu.-E desnudo para línea de servicio de puesta a tierra.	m.	--	--	--	--	--	--	4	0.021	0.084	
			4	0.018	0.072	4	0.018	0.072	--	--	--	
			4	0.015	0.06	4	0.015	0.060	--	--	--	
			8	0.012	0.096	4	0.012	0.048	4	0.012	0.048	
			--	--	--	--	--	--	4	0.008	0.032	
28	Construcción de pozos de tierra.	U.	6	0.62	3.72	4	0.62	2.48	4	0.62	2.48	

METRADO Y PRESUPUESTO

PROYECTO : SISTEMA ELECTRICO DEL COMPLEJO CALDERERO ESTRUCTURAL SIMACH METAL MECANICA

IT.	DESCRIPCION	U.	PRIMERA ETAPA			SEGUNDA ETAPA			TERCERA ETAPA					
			CANT.	P.UNIT.	P.PARC.	CANT.	P.UNIT.	P.PARC.	CANT.	P.UNIT.	P.PARC.			
29	Instalación de postes metálicos de iluminación exterior. Tipo P-I Tipo P-II Tipo P-III	U.	10	0.61	6.10	--	--	--	21	0.61	12.81			
30	Instalación de pantallas industriales MER-110 c/lámpara y equipo.	U.	324	0.10	32.40	552	0.10	55.20	324	0.10	32.40			
31	Instalación de proyector C-52 con lámpara y equipo.	U.	15	0.083	1.245	68	0.083	5.65	28	0.083	2.32			
<b>INSTALACIONES ELECTRICAS INTERIO-</b>														
<b>RES DE EDIFICIOS AUXILIARES.</b>														
32	Colocación de tubería PVC	m.	3030	0.003	9.09	--	--	--	4800	0.003	14.40			
	- de 1/2" ø	m.	107	0.004	0.43	--	--	--	40	0.004	0.16			
	- de 3/4" ø	m.	145	0.005	0.73	--	--	--	50	0.005	0.25			





ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS DE MONTAJE

A) INSTALACION DE CABLES NKY

A.1) APERTURA DE ZANJAS

<u>Cuadrilla</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cant.</u>	<u>Precio Unit.</u>	<u>Precio Total.</u>
Operario	J.	0.1	223	22.30
Peón	J.	1	202	202.00
Alquiler de herramientas.	--	Estimado	--	<u>15.70</u>
				240.00
			<u>Rendimiento</u>	<u>Costo/</u>
			<u>mt/día</u>	<u>Mt.</u>
Apertura de zanjas en terreno normal, 0.5 x 0.8		10		24
Relleno de zanja		20		12

A.2) TENDIDO DE DUCTOS

<u>Cuadrilla</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cant.</u>	<u>Precio Unit.</u>	<u>Precio Total.</u>
Capataz	J.	0.125	311	38.87
Operario	J.	1	223	223.00
Peón	J.	3	202	606.00
Alquiler de herramientas.	--	Estimado	--	<u>60.13</u>
				928.00
			<u>Rendimiento</u>	<u>Costo/</u>
			<u>mt/día</u>	<u>Mt.</u>
Instalación de ductos		30		31.00

A.3) PASE DE CABLES

<u>Personal</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cant.</u>	<u>Precio Unit.</u>	<u>Precio Total.</u>
Capataz	J.	0.1	311	31.10
Operario	J.	1	223	223.00
Peón	J.	4	202	808.00
Alquiler de herramientas y equipos	--	--		<u>105.90</u>
				1168.00

	<u>Rendimiento</u> <u>mt/día</u>	<u>Costo/</u> <u>Mt.</u>
Pasada de cable		
NKY, 15 KV.		
De 3 x 150mm2.	60	19.46
De 3 x 95mm2.	80	14.60
De 3 x 50 mm2.	100	11.68
Costo unitario total de instalación de cables 3 Ø, NKY, 15 KV. en ductos de concreto.		
3 x 150 mm2.	: 86 I/mt.	
3 x 95 mm2.	: 82 I/mt.	
3 x 50 mm2.	: 79 I/mt.	

B) MONTAJE DE SUB-ESTACIONES

B.1) CELDA DE ALTA TENSION

i) ACONDICIONAMIENTO DE ANCLAJES.

<u>Personal</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cant.</u>	<u>Precio</u> <u>Unit.</u>	<u>Precio</u> <u>Total.</u>
Maestro	J.	0.125	311	38.87
Operario	J.	1	223	223.00
Ayudante	J.	1	202	202.00
Equipo	.-	Estimado		<u>50.00</u>
				513.87

	<u>Rendimiento</u> <u>celdas/día.</u>	<u>Costo/</u> <u>Celda</u>
Acondiciona- miento de an- clajes.	2	257

ii) INSTALACION DE EQUIPOS Y ACCESORIOS

<u>Personal</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cant.</u>	<u>Precio</u> <u>Unit.</u>	<u>Precio</u> <u>Total.</u>
Maestro	J.	0.25	311	77.75
Operario	J.	2	223	446.00
Ayudante	J.	2	202	404.00
Equipo y herra- mientas.	.-	Estimado	.-	<u>200.50</u>
				1128.25

	<u>Rendimiento</u> <u>Celdas/día.</u>	<u>Costo/</u> <u>celda</u>		
Instalación de equipo de :				
-Celdas de control y medida del alimentador.	0.5	2,257		
-Celdas de transformación.	2	564		
-Celdas de llegada simple.	2	564		
-Celdas de salida.	1	1,128		
i ) EMBARRADO				
<u>Personal</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cant.</u>	<u>Precio</u> <u>Unit.</u>	<u>Precio</u> <u>Total.</u>
Maestro	J.	0.25	311	77.75
Operario	J.	1	223	223.00
Ayudante	J.	1	202	202.00
Herramientas	-.-	Estimado	-.-	<u>100.00</u>
				602.75
	<u>Rendimiento</u> <u>Celdas/día.</u>	<u>Costo/</u> <u>Celda</u>		
Embarrado general de celdas :				
-de control y medida	1	603		
-de transformación	2	302		
-de llegada	2	302		
-de salida	1	603		
Costo total de montaje de celdas de alta tensión :				
De control y medida de la alimentación		:	3,120	
De transformación		:	1,120	
De llegada simple		:	1,120	
De salida		:	2,000	

B.2) MONTAJE DE CELDAS DE BAJA TENSION

i) UBICACION DE TABLEROS

<u>Personal</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cant.</u>	<u>Precio Unit.</u>	<u>Precio Total.</u>
Operario	J.	1	223	223
Ayudante	J.	4	202	808
Alquiler de equipos y herramientas.	-.-	Estimado	-.-	<u>200</u>
				1231
			<u>Rendimiento Celdas/día.</u>	<u>Costo/Celda</u>
Ubicación de tableros		2		620.00

ii) CONEXIONADO DE CABLES

<u>Personal</u>	<u>Unidad.</u>	<u>Cant.</u>	<u>Precio Unit.</u>	<u>Precio Total.</u>
Maestro	J.	0.5	311	155.50
Operario	J.	2	223	446.00
Herramientas	-.-	Estimado	-.-	<u>60.50</u>
				662.00
			<u>Rendimiento Celdas/día.</u>	<u>Costo/Celda</u>
Conexionado de celdas		0.25		2,650

Costo unitario total del montaje de celdas de baja tensión : 3,270.

C) INSTALACION DE CONDUCTORES NYY-440/220 VOLTIOS

C.1) CONDUCTORES AEREOS EN LAS COLUMNAS Y VIGAS DE LAS NAVES:

A fin de efectuar el análisis de costos unitarios, éstos conductores serán tratados como si fuesen conductores instalados en canaletas.

i) PREPARACION E INSTALACION DE ANCLAJES Y ABRAZADERAS

<u>Personal</u>	<u>Unidad.</u>	<u>Cant.</u>	<u>Precio Unit.</u>	<u>Precio Total.</u>
Operarios	J	2	223	446
Alquiler de equipo	-.-	Estimado	-.-	<u>400</u>
				846

	<u>Rendimiento</u> <u>Puntos/día.</u>	<u>Costo/</u> <u>Punto</u>		
Preparación e instalación de anclajes y abra zaderas.	20	42.3		
ii) METRADO Y CORTE DEL CONDUCTOR				
<u>Personal</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cant.</u>	<u>Precio</u> <u>Unit.</u>	<u>Precio</u> <u>Total.</u>
Operario	J	1	223	223
Ayudante	J	1	202	202
Alquiler de equi po y herramien - tas.	--	Estimado	--	<u>40</u>
				465
	<u>Rendimiento</u> <u>mt/día</u>	<u>Costo/</u> <u>mt.</u>		
Metrado y corte de conductor NYY.				
de 3 x 185 mm <sup>2</sup> .	240	1.94		
de 3 x 150 mm <sup>2</sup> .	300	1.55		
de 3 x 120 mm <sup>2</sup> .	370	1.26		
de 3 x 95 mm <sup>2</sup> .	430	1.08		
de 3 x 70 mm <sup>2</sup> .	600	0.77		
de 3 x 50 mm <sup>2</sup> .	770	0.61		
de 3 x 35 mm <sup>2</sup> .	1000	0.46		
de 3 x 25 mm <sup>2</sup> .	1400	0.33		
de 3 x 16 mm <sup>2</sup> .	1700	0.27		
de 3 x 10 mm <sup>2</sup> .	2700	0.18		
de 3 x 6 mm <sup>2</sup> .	3800	0.12		
de 3 x 4 mm <sup>2</sup> .	5000	0.093		
de 3 x 2.5 mm <sup>2</sup> .	6300	0.674		

iii) INSTALACION O PEINADO DEL CABLE

<u>Personal</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cant.</u>	<u>Precio Unit.</u>	<u>Precio Total.</u>
Maestro	J	0.1	311	31.1
Operario	J	2	223	446.0
Alquiler de herramientas.	-.-	Estimado	-.-	<u>20.9</u>
				497.0
			<u>Rendimiento mt/día</u>	<u>Costo/mt.</u>
Instalación o peinado de cable NYN, 1000 V. 3 Ø				
de 185 mm <sup>2</sup> .		45		11.00
de 150 mm <sup>2</sup> .		56		9.00
de 120 mm <sup>2</sup> .		70		7.10
de 95 mm <sup>2</sup> .		90		5.50
de 70 mm <sup>2</sup> .		112		4.50
de 50 mm <sup>2</sup> .		150		3.30
de 35 mm <sup>2</sup> .		200		2.50
de 25 mm <sup>2</sup> .		265		1.90
de 16 mm <sup>2</sup> .		330		1.50
de 10 mm <sup>2</sup> .		520		0.95
de 6 mm <sup>2</sup> .		720		0.69
de 4 mm <sup>2</sup> .		970		0.52
de 2.5 mm <sup>2</sup> .		1200		0.42

i ) FIJACION Y ASEGURADO DEL CABLE.

<u>Personal</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cant.</u>	<u>Precio Unit.</u>	<u>Precio Total.</u>
Maestro	J	0.1	311	31.1
Operario	J	2	223	446
Alquiler de herramientas.	-.-	Estimado	-.-	<u>30.9</u>
				508.

	<u>Rendimiento</u> <u>Puntos/día</u>	<u>Costo/</u> <u>punto</u>
Fijación y asegurado de cable NYY, 1000 V, me - diante abrazaderas.	46	11

Costo unitario total de instalación de cables NYY, 1000 V, 3 Ø en canaletas sin incluir anclajes.

de 185 mm2.	:	24
de 150 mm2.	:	22
de 120 mm2.	:	20
de 95 mm2.	:	18
de 70 mm2.	:	17
de 50 mm2.	:	15
de 35 mm2.	:	14
de 25 mm2.	:	13
de 16 mm2.	:	13
de 10 mm2.	:	12
de 6 mm2.	:	12
de 4 mm2.	:	12
de 2.5 mm2.	:	13

C.2) CONDUCTORES EN DUCTOS DE CONCRETO

- i) Apertura y relleno de zanjas : Similar al indicado en A-1.
- ii) Instalación de ductos : Similar a lo indicado en A-2.
- iii) PASE DE CABLES POR DUCTOS.

<u>Personal</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cant.</u>	<u>Precio</u> <u>Unit.</u>	<u>Precio</u> <u>Total.</u>
Maestro	J	0.25	311	77.75
Operario	J	2	223	443.00
Ayudante	J	4	202	808.00
Alquiler de equipo y herramientas.	--	Estimado		<u>50.25</u>
				1379.00

	<u>Rendimiento Mt/día.</u>	<u>Costo/ Mt.</u>
Pasada de cable 3 Ø NYY, 1000 V.		
de 150 mm <sup>2</sup> .	150	9.00
de 120 mm <sup>2</sup> .	190	7.25
de 95 mm <sup>2</sup> .	250	5.50
de 70 mm <sup>2</sup> .	300	4.60
de 35 mm <sup>2</sup> .	540	2.50
de 10 mm <sup>2</sup> .	1400	1.00

C.3) MONTAJE DE BARRAS COLECTORAS LINEALES

i) PREPARACION E INSTALACION DE ANCLAJES.

<u>Personal</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cant.</u>	<u>Precio Unit.</u>	<u>Precio Total.</u>
Operario	J	2	223	446
Alquiler de herra- mientas y equipos.	--	Estimado	--	<u>300</u>
				746

	<u>Rendimiento punto/día.</u>	<u>Costo/ punto</u>
Preparación e instala- ción de anclajes.	15	50

ii) INSTALACION DE AISLADORES.

<u>Personal</u>	<u>Unidad.</u>	<u>Cant.</u>	<u>Precio Unit.</u>	<u>Precio Total.</u>
Maestro	J	0.2	311	62.2
Operario	J	1	223	223.0
Ayudante	J	1	202	202.0
Equipo y herra- mientas.	--	Estimado	--	<u>40.8</u>
				528.00

	<u>Rendimiento puntos/día.</u>	<u>Costo/ punto</u>
Instalación de aisla- dores.	60	8.8



iii) INSTALACION DE BARRAS DE CU-E

<u>Personal</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cant.</u>	<u>Precio Unit.</u>	<u>Precio Total.</u>
Maestro	J	0.5	311	155.50
Operario	J	1	223	223.00
Ayudantes	J	2	202	404.00
Alquiler de herramientas.	--	Estimado	--	<u>50.50</u>

833

Rendimiento  
Mt/día.

Costo/  
Mt.

Instalación de barras  
de Cu-E, paralelamente

3 barras de :

40 x 10 mm.		15		55.50
40 x 5 mm.		30		28.00
30 x 5 mm.		40		21.00
25 x 5 mm.		48		17.00
20 x 5 mm.		60		14.00
20 x 3 mm.		100		8.00
15 x 3 mm.		135		6.00

i ) INSTALACION DE PROTECTORES METALICOS.

<u>Personal</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cant.</u>	<u>Precio Unit.</u>	<u>Precio Total.</u>
Maestro	J	0.5	311	155.50
Operario	J	1	223	223.00
Ayudante	J	2	202	404.00
Herramientas y equipos.	--	Estimado	--	<u>450.50</u>

1233

Rendimiento  
Módulos/día

Costo/  
Mt.

Colocación de módulos  
protectores metálicos.

20

20.55

Costo unitario total del montaje de barras colectoras lineales :

40 x 10 mm.	:	135 I/mt.
40 x 5 mm.	:	107 I/mt.
30 x 5 mm.	:	100 I/mt.
25 x 5 mm.	:	96 I/mt.
20 x 5 mm.	:	93 I/mt.
20 x 3 mm.	:	87 I/mt.
15 x 3 mm.	:	85 I/mt.

C.4) INSTALACION DE CONDUCTORES EN CUNETAS CERRADAS.

<u>Personal</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cant.</u>	<u>Precio Unit.</u>	<u>Precio Total.</u>
Maestro	J	0.2	311	62.2
Operario	J	1	223	223.0
Ayudante	J	2	202	202.0
Alquiler de herramientas.	-.-	Estimado	-.-	<u>20.8</u>
				508.0
		<u>Rendimiento</u>		<u>Costo/</u>
		<u>Mt/día.</u>		<u>Mt.</u>
Instalación de conductores				
NYY, 3 Ø, 1000 V.				
de 185 mm <sup>2</sup> .		70		7.25
de 150 mm <sup>2</sup> .		87		5.08
de 120 mm <sup>2</sup> .		110		4.60
de 95 mm <sup>2</sup> .		140		3.60
de 70 mm <sup>2</sup> .		185		2.70
de 50 mm <sup>2</sup> .		230		2.20
de 35 mm <sup>2</sup> .		315		1.60
de 25 mm <sup>2</sup> .		450		1.10
de 16 mm <sup>2</sup> .		515		0.98
de 10 mm <sup>2</sup> .		815		0.62
de 6 mm <sup>2</sup> .		1120		0.45
de 4 mm <sup>2</sup> .		1510		0.33

C.5) DIRECTAMENTE INSTALADOS EN EL TERRENO

- i) APERTURA DE ZANJAS Y RELLENO DE ZANJAS : Similar a lo indicado en A.1.
- ii) TENDIDO DE CONDUCTORES NYY, 3  $\phi$ , 1000V : Similar al tendido de conductores en canaleta.

Costo unitario total de instalación de conductores NYY, 3  $\phi$  directamente enterrados en el suelo :

de 3 x 120 mm <sup>2</sup> .	:	41 I/m.
de 3 x 70 mm <sup>2</sup> .	:	39 I/m.
de 3 x 50 mm <sup>2</sup> .	:	38 I/m.
de 3 x 16 mm <sup>2</sup> .	:	37 I/m.
de 3 x 10 mm <sup>2</sup> .	:	37 I/m.
de 3 x 6 mm <sup>2</sup> .	:	37 I/m.
de 2 x 1 x 6 mm <sup>2</sup> .	:	37 I/m.
de 2 x 1 x 4 mm <sup>2</sup> .	:	37 I/m.

D) MONTAJE E INSTALACION DE TABLEROS

D.1) TABLEROS DE DISTRIBUCION Y SUB DISTRIBUCION

<u>Personal</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cant.</u>	<u>Precio Unit.</u>	<u>Precio Total.</u>
Maestro	J	0.2	311	62.2
Operario	J	1	223	223.0
Ayudante	J	1	202	202.0
Herramientas	--	Estimado	--	<u>50.8</u>
				538.0
			<u>Rendimiento Tab/día.</u>	<u>Costo/Tablero</u>
Instalación de tableros de distribución		2		269

D.2) CAJAS DE EMPALME DE GRUAS.

<u>Personal</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cant.</u>	<u>Precio Unit.</u>	<u>Precio Total.</u>
Maestro	J	0.1	311	31.1
Operario	J	1	223	223.0
Ayudante	J	1	202	202.0
Alquiler equipos y herramientas.	--	Estimado	--	<u>200.9</u>
				657.0

	<u>Rendimiento Cajas/día.</u>	<u>Costo/ Caja.</u>
Instalación de cajas de control y protección de Sub-Alimentadores de iluminación de naves.	6	93

D.4) CAJAS DE DERIVACIONES INDIVIDUALES A MAQUINAS

<u>Personal</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cant.</u>	<u>Precio Unit.</u>	<u>Precio Total.</u>
Maestro	J	0.2	311	62.20
Operario	J	1	223	223.00
Herramientas	--	Estimado	--	<u>150.80</u>
				436.00

	<u>Rendimiento Cajas/día.</u>	<u>Costo/ Caja</u>
Instalación de cajas de derivación	6	73

F) INSTALACION DE CONDUCTORES "WP" DE LOS SUB-ALIMENTADORES DE ILUMINACION DE NAVES

F.1) HABILITADO Y SOLDADO DE ANCLAJES Y COLOCACION DE AISLADORES

<u>Personal</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cant.</u>	<u>Precio Unit.</u>	<u>Precio Total.</u>
Maestro	J	0.25	311	77.75
Operario	J	1	223	223.00
Ayudante	J	1	202	202.00
Herramientas	--	Estimado	--	<u>130.25</u>
				633.0

	<u>Rendimiento Punto/día.</u>	<u>Costo/ Punto</u>
Instalación de aisladores	10	63.30

F.2) INSTALACION DE CONDUCTORES WP

<u>Personal</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cant.</u>	<u>Precio Unit.</u>	<u>Precio Total.</u>
Maestro	J	0.5	311	155.5
Operario	J	1	223	223.0
Ayudantes	J	2	202	404.0
Alquiler de herramientas.	--	Estimado	--	<u>100.5</u>
				883

	<u>Rendimiento Mt/día.</u>	<u>Costo/Mt.</u>
Instalación de conductores WP.		
3 # 4 AWG	90	10
3 # 6 AWG	100	9
3 # 8 AWG	110	8
3 #10 AWG	120	7.5
3 #12 AWG	150	6
3 #14 AWG	180	5

Cotos unitario total de conductores WP. de iluminación de naves.

3 # 4 AWG	:	36.00
3 # 6 AWG	:	35.00
3 # 8 AWG	:	34.00
3 #10 AWG	:	33.50
3 #12 AWG	:	32.00
3 #14 AWG	:	31.00

G) INSTALACION DE LINEAS DE TIERRA

G.1) LINEAS DE PROTECCION, COLECTORA Y DE SERVICIO

<u>Personal</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cant.</u>	<u>Precio Unit.</u>	<u>Precio Total.</u>
Maestro	J	0.1	311	31.1
Operario	J	1	223	223.0
Ayudante	J	2	202	404.00
Alquiler de herramientas y equipos.	--	Estimado	--	<u>65.90</u>
				724.00

	Rendimiento Mt/día.			Costo/ Mt.		
	<u>L.P.</u>	<u>L.C.</u>	<u>L.S.</u>	<u>L.P.</u>	<u>L.C.</u>	<u>L.S.</u>
Instalación de conductores para líneas de protección (L.P.), líneas colectoras (L.C) y líneas de servicio (L.S) de puesta a tierra :						
120 mm2.	-.-	-.-	35	-.-	-.-	21
95 mm2.	-.-	-.-	40	-.-	-.-	18
70 mm2.	-.-	-.-	50	-.-	-.-	15
50 mm2.	350	-.-	60	2.10	-.-	12
35 mm2.	500	300	-.-	1.50	2.40	-.-
25 mm2.	-.-	500	90	-.-	1.50	8
10 mm2.	1200	800	-.-	0.60	0.91	-.-
6 mm2.	1800	1000	-.-	0.40	0.72	-.-
4 mm2.	2500	-.-	-.-	0.289	-.-	-.-
2.5 mm2.	3000	-.-	-.-	0.25	-.-	-.-

H) INSTALACION DE POZO DE TIERRA

<u>Personal</u>	<u>Unidad.</u>	<u>Cant.</u>	<u>Precio Unit.</u>	<u>Precio Total.</u>
Maestro	J	0.5	311	155.5
Operario	J	1	223	223.0
Peón	J	1	202	202.0
Alquiler de herramientas	-.-	Estimado	-.-	40.5
				621.0
		<u>Rendimiento Pozos/día.</u>		<u>Costo/Pozo</u>
Instalación de pozo de tierra completo.		1		621.00

I) INSTALACION DE POSTES DE ALUMBRADO

i) IZADO DE POSTES

<u>Personal</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cant.</u>	<u>Precio Unit.</u>	<u>Precio Total.</u>
Oficial	J	1	254	254
Peón	J	5	202	1010
Alquiler de herramientas y equipos.	--	Estimado	--	<u>1500</u>
				2764
			<u>Rendimiento Poste/día</u>	<u>Costo/ Poste</u>
Instalación de postes :				
tipo - I		8		346
tipo - II		8		346
tipo - III		10		277

ii) COLOCACION DE PASTORALES METALICOS.

<u>Personal</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cant.</u>	<u>Precio Unit.</u>	<u>Precio Total.</u>
Operario	J	1	223	223
Ayudante	J	3	202	606
Alquiler de equipos y herramientas.	--	Estimado	--	<u>1200</u>
				2029
			<u>Rendimiento Unid/día.</u>	<u>Costo/ Unid.</u>
Colocación de pastoral.				
tipo PDU-200 simple		16		127
tipo PDU-200 doble		10		202

iii) COLOCACION DE LUMINARIAS Y ACCESORIOS EN POSTES METALICOS.

<u>Personal</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cant.</u>	<u>Precio Unit.</u>	<u>Precio Total.</u>
Operario	J	2	223	446
Ayudante	J	2	202	404
Alquiler de herramientas.	--	Estimado	--	<u>40</u>
				890

	<u>Rendimiento</u> <u>Unid./día.</u>	<u>Costo/</u> <u>Unid.</u>
Colocación de artefacto con equipo y lámpara.		
BII-03	15	60
JP/250	15	60

Costo unitario total de instalación de postes de iluminación ex-  
terior.

Tipo - I	:	532 1/poste
Tipo - II	:	405 1/poste
Tipo - III	:	597 1/poste

**J) INSTALACION DE PANTALLAS INDUSTRIALES Y PROYECTORES.**

<u>Personal</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cant.</u>	<u>Precio</u> <u>Unid.</u>	<u>Precio</u> <u>Total.</u>
Maestro	J	0.125	311	38.875
Operario	J	2	223	446.000
Ayudante	J	2	202	404.000
Alquiler de equipos y ma- quinarias.	.-	Estimado	.-	113.125
				992.000

	<u>Rendimiento</u> <u>Unid./día.</u>	<u>Costo/</u> <u>Unid.</u>
Colocación de artefacto con lámpara y equipo		
Pantalla MER-110	10	99
Proyector C-92	12	113

**K) INSTALACION ELECTRICA DE INTERIORES EN EDIFICIOS AUXILIARES**

**K.1) COLOCACION DE TUBERIA PVC**

<u>Personal</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cant.</u>	<u>Precio</u> <u>Unid.</u>	<u>Precio</u> <u>Total.</u>
Maestro	J	0.1	311	31.100
Oficial	J	1	254	254.000
Peón	J	2	202	202.000
Alquiler de herramientas.	.-	Estimado	.-	25.900
				513.000



	<u>Rendimiento Mt./día</u>	<u>Costo/ Mt.</u>
Colocación de tubos PVC		
de 1/2" Ø	150	3.42
de 3/4" Ø	120	4.27
de 1" Ø	100	5.13

**K.2) COLOCACION DE ARTEFACTOS DE ILUMINACION**

<u>Personal</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cant.</u>	<u>Precio Unit.</u>	<u>Precio Total.</u>
Oficial	J	1	254	254
Peón	J	1	202	202
Alquiler de herra- mientas.	-.-	Estimado	-.-	<u>45</u>
				501

	<u>Rendimiento Artefacto/día</u>	<u>Costo/ Artefacto</u>
Colocación de artefac- tos :		
IS-2x94"/2x73W	10	50
IS-4x94"/4x73W	8	63
RG/40-3x40W	12	42
RG/40-5x40W	10	50

**K.3) INSTALACION DE PUNTOS DE SALIDA**

<u>Personal</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cant.</u>	<u>Precio Unit.</u>	<u>Precio Total.</u>
Operario	J	1	223	223
Ayudante	J	1	202	202
Alquiler de equipo	-.-	Estimado	-.-	<u>50</u>
				475

	<u>Rendimiento Punto/día.</u>	<u>Costo/ Punto.</u>
Instalación de puntos de salida.		
Tomacorrientes simples.	16	26.00
Interruptores unipolares	20	21.00
Interruptores bipolares múltiples.	15	28.00

### OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

Después de haber desarrollado el proyecto, podemos establecer las siguientes observaciones y conclusiones

- 1.- El método de distribución de energía eléctrica que más se acondiciona a una industria cuyo equipamiento está programado en etapas bien definidas; es el de los centros de carga, puesto que éste nos permite hacer ampliaciones e inclusive remodelaciones con un mínimo de modificaciones del sistema eléctrico existente y un mínimo de inversiones.
- 2.- El método de distribución por centros de carga, nos ha permitido seleccionar los conductores, en su mayoría, por su capacidad térmica de conducción, puesto que las caídas de tensión están por muy debajo del máximo permisible, según recomendaciones del Código Nacional de Electricidad.
- 3.- El presente proyecto, deberá ser complementado con un estudio posterior del factor de potencia de la planta, en base a datos reales que puedan obtenerse del funcionamiento de cada una de las máquinas, en especial de las máquinas de soldar tipo transformador.
- 4.- Muchos componentes del sistema (postes, celdas, puertas, elementos de anclaje, etc.) se han seleccionado teniendo en cuenta la posibilidad de su fabricación en las instalaciones del Complejo; por estar éstos en su línea de producción, trayendo como consecuencia una disminución significativa del costo del proyecto.

5. Los componentes de la instalación provisional indicados en el punto 1.3.1 del capítulo 1 que son recuperables, serán utilizados en el proyecto definitivo, disminuyendo de esta manera, el costo total del mismo. Estos son : transformadores, equipo de maniobra, control y protección de alta y baja tensión.

B I B L I O G R A F I A

1. INDUSTRIAL POWER SYSTEMS HANDBOOK  
Donald Beeman - Edición 1955  
Capítulo 1, 4 y 11.
2. INSTALACIONES INDUSTRIALES - TOMO I  
Albert F. Spitta - Edición SIEMENS 1975
3. AMERICAN ELECTRICIAN'S HANDBOOK  
Terrell Croft y Clifford C. Carr  
Capítulo 3 y 7
4. ELECTRICAL POWER DISTRIBUTION FOR INDUSTRIAL PLANTS  
IEEE - Cuarta Edición 1969  
Capítulo 1, 2, 3 y 8
5. RECOMMENDED PRACTICE FOR PROTECTION AND COORDINATION OF  
INDUSTRIAL AND COMERCIAL POWER SYSTEMS.  
IEEE - Edición 1975  
Capítulo 1 y 5
6. INSTALACIONES ELECTRICAS II  
José Aguirre Rodriguez - 1981
7. CODIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD  
Tomo I y Tomo IV - 1978  
Tomo V - 1985.
8. PAUTAS Y CRITERIOS PARA LA PROTECCION EN LA INDUSTRIA.  
Armando Aguilar Sánchez - Seminario
9. DISEÑO DE SUB-ESTACIONES - CÁLCULO DE BARRAS.  
Fernando Fernández - Seminario UNI.

### OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

Después de haber desarrollado el proyecto, podemos establecer las siguientes observaciones y conclusiones :

- 1.- El método de distribución de energía eléctrica que más se acondiciona a una industria cuyo equipamiento está programado en etapas bien definidas; es el de los centros de carga, puesto que éste nos permite hacer ampliaciones e inclusive remodelaciones con un mínimo de modificaciones del sistema eléctrico existente y un mínimo de inversiones.
- 2.- El método de distribución por centros de carga, nos ha permitido el seleccionar los conductores, en su mayoría, por su capacidad térmica de conducción, puesto que las caídas de tensión están por muy debajo del máximo permisible, según recomendaciones del Código Nacional de Electricidad.
- 3.- El presente proyecto, deberá ser complementado con un estudio posterior del factor de potencia de la planta, en base a datos reales que puedan obtenerse del funcionamiento de cada una de las máquinas, en especial de las máquinas de soldar tipo transformador.
- 4.- Muchos componentes del sistema (postes, celdas, puertas, elementos de anclaje, etc.) se han seleccionado teniendo en cuenta la posibilidad de su fabricación en las instalaciones del Complejo; por estar éstos en su línea de producción, trayendo como consecuencia una disminución significativa del costo del proyecto.

5. Los componentes de la instalación provisional indicados en el punto 1.3.1 del capítulo 1 que son recuperables, serán utilizados en el proyecto definitivo, disminuyendo de esta manera, el costo total del mismo. Estos son : transformadores, equipo de maniobra, control y protección de alta y baja tensión.

B I B L I O G R A F I A

1. INDUSTRIAL POWER SYSTEMS HANDBOOK  
Donald Beeman - Edición 1955  
Capítulo 1, 4 y 11.
2. INSTALACIONES INDUSTRIALES - TOMO I  
Albert F. Spitta - Edición SIEMENS 1975
3. AMERICAN ELECTRICIAN'S HANDBOOK  
Terrell Croft y Clifford C. Carr  
Capítulo 3 y 7
4. ELECTRICAL POWER DISTRIBUTION FOR INDUSTRIAL PLANTS  
IEEE - Cuarta Edición 1969  
Capítulo 1, 2, 3 y 8
5. RECOMMENDED PRACTICE FOR PROTECTION AND COORDINATION OF  
INDUSTRIAL AND COMERCIAL POWER SYSTEMS.  
IEEE - Edición 1975  
Capítulo 1 y 5
6. INSTALACIONES ELECTRICAS II  
José Aguirre Rodríguez - 1981
7. CODIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD  
Tomo I y Tomo IV - 1978  
Tomo V - 1985.
8. PAUTAS Y CRITERIOS PARA LA PROTECCION EN LA INDUSTRIA.  
Armando Aguilar Sánchez - Seminario
9. DISEÑO DE SUB-ESTACIONES - CALCULO DE BARRAS.  
Fernando Fernández - Seminario UNI.