

# Universidad Nacional de Ingeniería

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



**“ Rediseño é Instalación del Sistema Eléctrico y de Control de la Fábrica de Francesco S. A. ”**

**T E S I S**

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**HORACIO RAMIREZ GARCIA**

PROMOCION: 1980 - 2

**LIMA • PERU • 1987**

## P R O L O G O

La importancia de las instalaciones eléctricas es cada vez mayor, la falta de ella origina problemas graves en los procesos de producción siendo la tendencia actual la automatización de los procesos, cuya confiabilidad para la continuidad no sería real si atribuyéramos solo a las máquinas sin tener en cuenta el Sistema Eléctrico.

Las constantes paralizaciones y desastres causados por las instalaciones deficientes ha motivado a los empresarios a tomar mayor importancia y dedicación a las instalaciones y al mantenimiento de ellos.

En la actualidad las instalaciones requieren de mayor protección con mayor confiabilidad, facilidad de ampliación y mantenimiento; todo esto implica un estudio previo para su aprobación.

El volumen de la obra trata sobre el redimensionamiento de la instalación eléctrica de una planta dedicada a la fabricación de artículos en oro y plata (cadenas, dijes, etc.) También contiene el diseño de los controles de las puertas de entrada a la planta.

Para seguir la metodología el volumen se ha dividido en 4 partes:

Parte 1: Capítulo 1 y 2

Parte 2: Capítulo 3, 4, 5, 6 y 9

Parte 3: Capítulo 7

Parte 4; Capítulo 8 y 9

La parte 1 describe la información técnica de la planta y generalidades sobre el tema; la parte 2 trata sobre el dise-

ño de los circuitos de fuerza, alumbrado controles y corrección del factor de potencia, la parte 3 describe todo lo referente a la sub-estación y línea de 10Kv y por último la parte 4, trata sobre el metrado y presupuesto, así como, la determinación de la fórmula polinómica.

En cada capítulo se ha dedicado una información teórica sobre los tópicos que se desarrollaban, esquematizándose para una mayor comprensión cuando era necesario.

## PROLOGO

	Pag.
CAPITULO 1: INTRODUCCION	1
1.1 Generalidades	1
1.2 Problema de las Instalaciones Eléctricas Visibles	2
CAPITULO 2: INFORMACION TECNICA DE LA PLANTA	4
2.1 Referencias Generales	4
2.1.1 Razón Social	4
2.1.2 Dirección	4
2.1.3 Actividad Industrial	4
2.1.4 Regimen de Propiedad	4
2.1.5 Modalidad de Operación	4
2.1.6 Tipo de Mantenimiento	4
2.1.7 Proceso de Producción	4
2.2 Parámetros de Suministro Eléctrico	4
2.3 Datos de Carga	5
CAPITULO 3: DISEÑO DE LOS CIRCUITOS DE FUERZA	8
3.1 Determinación de la Máxima Demanda en cada sección	8
3.2 Consideraciones para el Diseño de los Circuitos de Fuerza de las Secciones	23
3.3 Cálculo de los Circuitos Principales en cada sección	28
3.3.1 Determinación de la Longitud Equivalente de cada línea	29
3.3.2 Factor de Simultaneidad a considerar	29

3.3.3	Cálculo de la Corriente de Diseño	30
3.3.4	Selección del Calibre del Conductor	30
3.4	Cálculo de los Circuitos Derivados en cada sección	46
3.4.1	Cálculo de la Corriente de Diseño	46
3.4.2	Selección del Calibre del Conductor por Capacidad Térmica	48
3.4.3	Cálculo de la Caída de Tensión en Cada Circuito	50
3.5	Consideraciones para el Cálculo de los Tubos, Cajas y Accesorios	60
3.5.1	Diseño de las Cajas	61
3.5.2	Diseño de la Tubería	64
3.6	Dimensionamiento de los Tubos, Cajas y Accesorios en cada sección	65
3.6.1	Dimensionamiento de los Tubos Principales	65
3.6.2	Dimensionamiento de los Tubos para los Circuitos Secundarios	67
3.6.3	Dimensionamiento de las Cajas Galvanizadas	68
3.6.4	Selección de los Accesorios para la Instalación a la Máquina desde la Caja de Acometida	72
CAPITULO 4: DISEÑO DE LA ILUMINACION INTERIOR DE LAS SECCIONES		87
4.1	Diseño de la Iluminación de la Sección Fundición	87
4.1.1	Dimensiones del Area a Iluminar	87
4.1.2	Nivel de Iluminación	87
4.1.3	Tipo de Iluminación	87
4.1.4	Luminarias y Lámparas	87

4.1.5	Factores de Reflexión	88
4.1.6	Selección del Factor de Utilización	88
4.1.7	Cálculo del Factor de Pérdida	91
4.1.8	Cálculo del Número de Luminarias	91
4.1.9	Distribución de las Luminarias	92
4.1.10	Cálculo de la Iluminación Media	92
4.1.11	Cálculo de la Potencia a Suministrar	93
4.2	Cálculo de los Conductores	93
4.2.1	Cálculo del Conductor Principal	94
CAPITULO 5: DISEÑO DE LAS LINEAS DE DISTRIBUCION GENERAL		103
5.1	Cálculo de los Alimentadores a Cada Sección	103
5.2	Cálculo de las Líneas Principales	105
5.2.1	Cálculo de la Línea, Troncal N° 1	105
5.2.2	Cálculo de la Troncal N° 2	107
5.2.3	Cálculo de la Troncal N° 3	109
5.2.4	Cálculo de la Troncal N° 4	110
5.2.5	Cálculo de la Troncal N° 5	112
5.2.6	Dimensionamiento de los Tubos	113
5.3	Cálculo de la Línea de Acometida al Tablero de Distribución Principal	115
5.4	Dimensionamiento de los Buzones y Cajas	116
5.4.1	Dimensionamiento de las Cajas	118
5.4.2	Dimensionamiento de los Buzones	118
5.5	Accesorios de Fijación de Tubos y Cajas	119
5.6	Determinación de la Protección de la Carga	120

5.7	Consideraciones para el Cálculo de la Corriente de Corto Circuito	122
5.7.1	Fuentes de Suministro de la Corriente de Corto Circuito	122
5.8	Cálculo de la Corriente de Corto Circuito en Diferentes Puntos del Sistema	124
CAPITULO 6: DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE CONTROL		144
6.1	Diseño del Control de las Puertas de Recepción	144
6.2	Diseño del Control de las Puertas de Entrada y Salida de Carros	151
CAPITULO 7: DISEÑO DE LA SUB-ESTACION DEL TABLERO DE DISTRIBUCION Y PUESTA A TIERRA		161
7.1	Diseño de la Sub-Estación	161
7.1.1	Cálculo Eléctrico en 10Kv	161
7.1.2	Cálculo de las Dimensiones del Ducto de Ventilación en la Cabina de la S.E.	170
7.2	Diseño del Tablero, Distribución en 220Voltios (Potencia 500KVA)	178
7.2.1	Especificaciones Técnicas de los Equipos de Alta de la Sub-Estación	186
7.2.2	Especificaciones Técnicas de los Equipos de Baja	187
7.3	Sistema Puesta a Tierra	190
7.3.1	Finalidad de la Puesta a Tierra	190
7.3.2	Comportamiento Eléctrico de la Tierra	190
7.3.3	Métodos de Puesta a Tierra	192
7.3.3.1	Método del Hoyo Central	192

7.3.3.2	Método del Pozo Paralelo	193
7.3.3.3	Método de la Zanja Perimétrica	194
7.3.3.4	Método del Pozo con Relleno	195
7.3.4	Tipo de Relleno del Pozo	195
7.3.4.1	Relleno Mezclado	195
7.3.4.2	Relleno por Capas	196
7.3.5	Valores de Resistencia a Tierra	196
7.3.6	Cálculo de los Parámetros de Puesta a Tierra	196
7.3.6.1	Condiciones	196
7.3.6.2	Cálculo de la Resistencia a Tierra	196
CAPITULO 8: CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA Y SISTEMA		199
DE EMERGENCIA		
8.1	Corrección de Factor de Potencia	199
8.1.1	Influencia de las Variables Eléctricas	200
8.1.2	Influencia de los Capacitores en la Potencia	200
	de Transformadores	
8.1.3	Tipo de Compensación	203
8.1.3.1	Compensación Individual	203
8.1.3.2	Compensación por Grupo	203
8.1.3.3	Compensación Mixta	203
8.1.4	Compensación de Motores	204
8.1.5	Compensación de Transformadores	206
8.1.6	Ventajas de la Compensación	207
8.1.7	Determinación de la Compensación	207
8.1.7.1	Pasos a seguir para efectuar la Com-	208
	pensación	

8.1.8	Cálculo del Factor de Potencia de la Carga	209
8.1.8.1	Valores de $\cos\theta$ antes de la Corrección del F.D.P.	209
8.1.8.2	Cálculos de los KVAR para la Compensación	211
8.1.2.3	Redistribución de los Banco de Condensadores	212
8.1.2.4	Cálculo del Factor de Potencia después de Corrección	215
8.2	Sistema de Emergencia	218
8.2.1	Cálculo de la Demanda Máxima de Emergencia	218
CAPITULO 9: METRADO Y PRESUPUESTO		223
9.1	Análisis de Costos Unitarios	223
9.2	Metrado y Presupuesto	246
9.2.1	Costo de los Materiales y Mano de Obra	250
9.2.2	Determinación de la Fórmula Polinómica de Reajuste	250
9.2.2.1	Determinación de los Coeficientes de Incidencia	251
9.2.2.2	Fórmula Polinómica	252
CONCLUSIONES		253
RECOMENDACIONES		254
BIBLIOGRAFIA		255
RELACION DE PLANOS		257
APENDICE		230

## CAPITULO 1

### INTRODUCCION

#### 1.1 Generalidades

Las instalaciones eléctricas debido a la diversidad de equipos que existen, son diferentes en cada planta y la carga variará de acuerdo a la línea de producción.

Las instalaciones de la planta en mención, abarcarán los sistemas de fuerza, alumbrado y control.

El redimensionamiento de las líneas principales se efectuó en todas las secciones, pero no en todas ha sido posible el cambio total de la línea. Para cubrir la capacidad de corriente de dichas secciones se han reforzado con ternas adicionales, independizándose de esta manera los circuitos que necesitan tener mayor confiabilidad dentro del Sistema Eléctrico.

En cuanto a las líneas secundarias y derivaciones, todas han sido redimensionados, instalándose nuevas líneas de distribución en todos los sectores, teniéndose presente el balanceamiento de la carga, las caídas de tensión en la línea y el ordenamiento de ellos.

El sistema de alumbrado fué redistribuido, incrementando más equipos para brindarles mejor iluminación. La instalación se diseñó para un sistema trifásico balanceado, al mismo tiempo, se dejaron en cada sección salidas independientes para ser utilizados como luz de guardia con el fin de facilitar la supervisión del servicio de vigilancia.

Los controles eléctricos fueron diseñados utilizando elementos existentes en el mercado nacional, no obstante la rigurosa secuencia que se sigue en el diseño se presentaron algunos problemas en el montaje, siendo necesaria la modificación de alguna y adaptación de otras con el fin de mejorar la operatividad del sistema.

Tanto los sistemas de fuerza y alumbrado como los de control, presentaron dificultades en la instalación debido a limitaciones de espacio e irregularidades del terreno, efectúandose algunas modificaciones (físicas) para la ejecución.

#### i.2 Problema de las Instalaciones Eléctricas Visibles.-

El mayor problema de las instalaciones eléctricas visibles, es el desorden que se forma debido a las derivaciones que se efectúan de las líneas accesibles, con el fin de dar soluciones "provisionales". A todo esto se suma el peligro que están expuestas las personas que trabajan alrededor de ellas, este problema se ha generalizado en la mayoría de las fábricas que han crecido sin planificación alguna, trayendo como consecuencia un problema mucho más complejo que es la inestabilidad del sistema por el desbalanceamiento y sobrecarga de las líneas, convirtiéndose el sistema en un foco latente de incendio. Esto es el caso de las plantas donde las instalaciones y el mantenimiento no están dirigidas por personal técnicamente capacitado.

En resumen podemos decir, que las instalaciones visibles se presta al desorden y peligro por el acceso fácil del punto de corriente, los cuales se van derivando hacia otros puntos sucesivamente, convirtiéndose la instalación en un conglomerado de cable que cruzan la pared, techo y piso, totalmente expuestos y al alcance de todos, y si la persona que realiza estas conexio-

nes carece de recursos técnicos y estéticos, la instalación se vuelve totalmente desordenada y peligrosa. Generalmente la palabra "provisional" ayuda a cometer estos errores a los electricistas, quienes en muchos casos dependen de los Jefes de Producción, cuando no existe un Departamento de Electricidad. Por lo general, los Jefes de Producción, solo se limitan a ver producción sin tener en cuenta la importancia del Sistema Eléctrico.

## CAPITULO 2

### INFORMACION TECNICA DE LA PLANTA

#### 2.1 Referencias Generales.-

- 2.1.1 Razón Social : Fábrica de Joyas S.A.
- 2.1.2 Dirección : Chorrillos
- 2.1.3 Actividad Industrial : Joyería - Oro y Plata
- 2.1.4 Regimen de Propiedad : Privado
- 2.1.5 Modalidad de Operación de la Planta

Turno de 8 Horas

De Lunes a Viernes : 7.30 a.m a 4.30 pm.

Refrigerio : 12.00 a.m. a 12.30 pm.

Sábado : 7.30 a.m. a 1.00 pm.

La producción es variable entre 20 y 100Kg. de oro (mensual), según los pedidos de exportación.

Personal que labora : Operarios: 300

Empleados: 50

- 2.1.6 Mantenimiento : Correctivo y Preventivo
- 2.1.7 Proceso Producción : (ver diagrama Pag. 6)

#### 2.2 Parámetros de Suministro Eléctrico

La tensión de suministro es de 10 Kv desde la S.E. N° 1710 de las EE.AA.

N° de fase : Trifásico con tres hilos

Frecuencia de la red : 60 ciclos/segundo (60Hz)

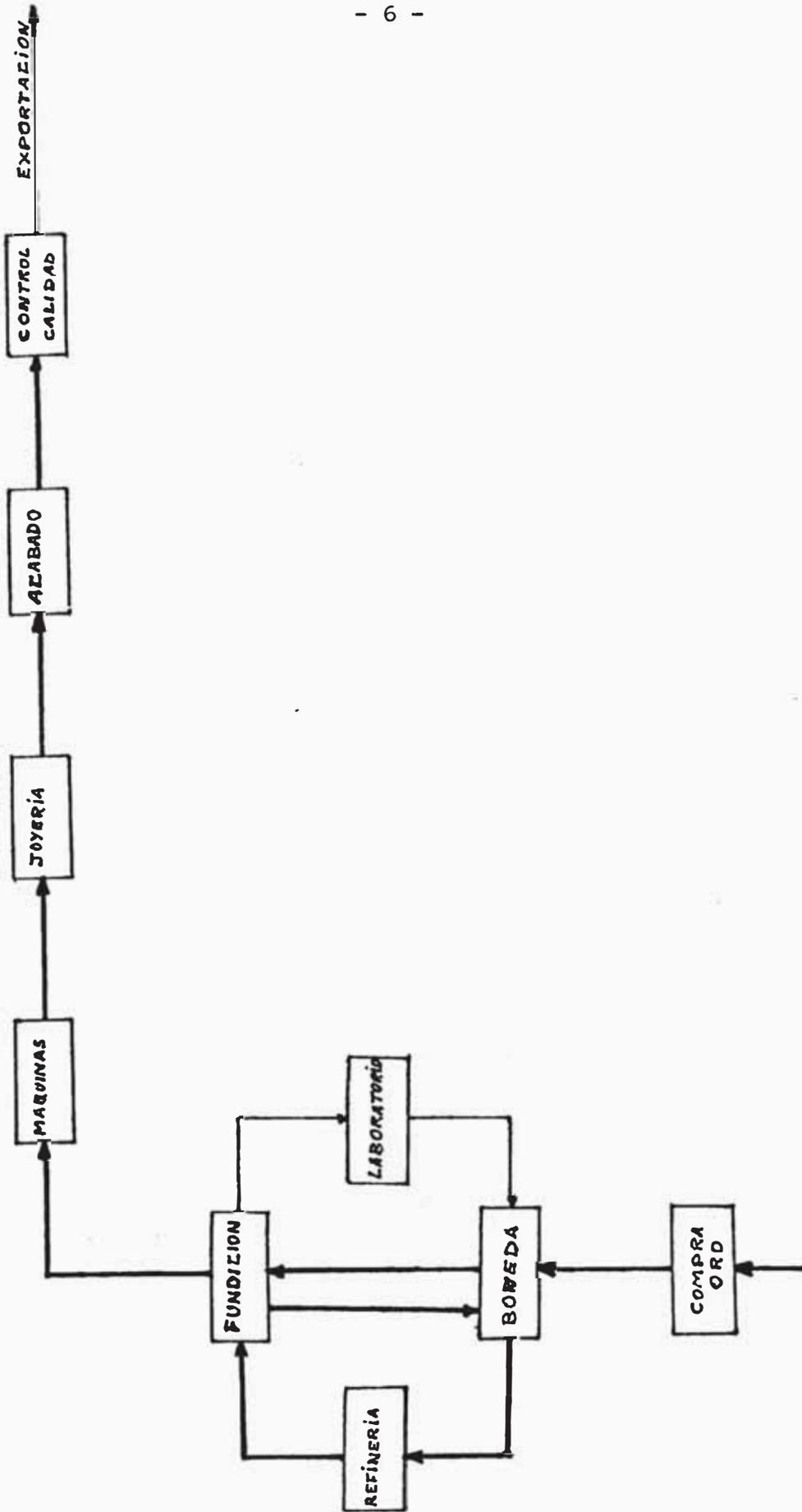
Tensión de Utilización : 220voltios, 60Hz, trifásico.

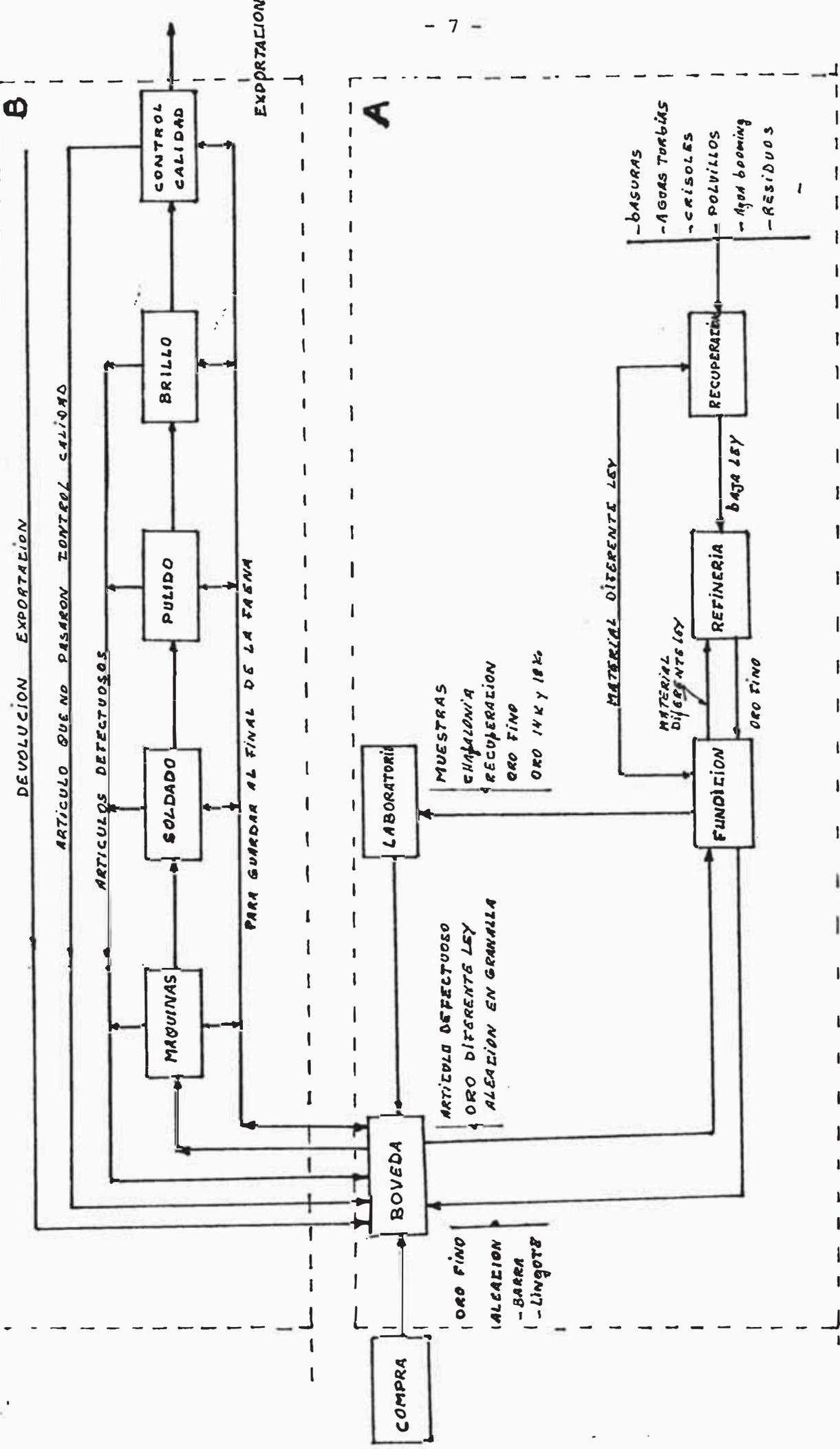
Esta tensión viene desde la S.E. de transformación 10Kv/230v, con suministro N° 309004 de propiedad de la empresa, ubicada dentro de la fábrica.

### 2.3 Datos de Carga

2.3.1	Potencia instalada	:	614 KW
2.3.2	Potencia contratada	:	300 KW
2.3.3	Demanda Promedio		125 KW
2.3.4	Factor de Potencia Promedio	:	0.94
2.3.5	Demanda Máxima		140 KW

DIAGRAMA DEL PROCESO DE PRODUCCION





FASE A : PREPARACION DEL MATERIAL      FASE B : FABRICACION DEL ARTICULO

MOVIMIENTO DEL MATERIAL

## CAPITULO 3

### DISEÑO DE LOS CIRCUITO DE FUERZA

#### 3.1 Determinación de la máxima demanda.-

Para el cálculo de la máxima demanda se tuvo en cuenta los datos de placa de las máquinas y para los factores de demanda y simultaneidad se tomaron como referencia los valores de las secciones con cargas similares y datos de tablas experimentales, suponiendo condiciones de mayor demanda.

Las relaciones utilizadas para los cálculos es como sigue:

a.- Potencia eléctrica de una máquina (PE)

$$PE = \frac{PM}{N_m}$$

$N_m$  = Eficiencia mecánica

$P_m$  = Potencia mecánica (dato de placa)

b.- Factor de Demanda ( $F_D$ )

$$F_D = \frac{M_D}{PE}$$

c. Máxima demanda (MD)

$$M_D = PE \times F_D$$

Donde:

$P_E = P_N$  (Potencia Nominal en KW)

$N_m$  = Eficiencia mecánica de la máquina (en el eje)

Nota:

$P_N$  = Es dato de placa de la máquina

$N_m$  - En algunos casos es dato de placa en otros casos es asumido de tablas

$F_D$  = Asumido de tablas experimentales o tomados de cargas similares

MAXIMA DEMANDA DE LA SECCION: FUNDICION

N° Máquina	Potencia Nominal (KW)	Cosφ	N <sub>m</sub>	Potencia Eléctrica (KW)	F <sub>D</sub>	Demanda Máxima (KW)
1 Horno Fundición 1	6.0	1	-	6.0		MD = 67 57x0.7
2 Horno Fundición 2	6.0	1	-	6.0		
4 Horno Inducción 1	9.0	0.75	-	9.0		= 47.29Kw
5 Horno Inducción 2	15.0	0.80	-	15.0	0.70	
6 Horno Inducción de colada contínua	18.0	0.8	-	18.0		DT = 47.29+1.6
7 Secadora	4.0	1	-	4.00		
8 Extractor	1.5	0.82	0.87	1.724		= <u>48.86Kw</u>
9 Bomba de agua	2.0	0.85	0.85	2.352		
10 Carga movil	1.0	1	1	1.00		
				67.57		
A Alumbrado	1.60	0.62	1	1.60	1	

MAXIMA DEMANDA DE LA SECCION: REFINERIA

Máquina	Potencia Nominal (KW)	Cant.	Cosφ	N <sub>m</sub>	Potencia Eléctrica (KW)	F <sub>D</sub>	Demanda Máxima (KW)
Estractor N° 1	2.238	1	0.80	0.86	2.602		MD = 27.09x0.65 = 17.60 KW
Estractor N° 2	2.238	1	0.80	0.86	2.602		
Estractor N° 3	2.238	1	0.80	0.86	2.602		
Estractor N° 4	1.500	1	0.82	0.85	1.764		
Calentadores	3.00	4	1	-	12.00	0.65	
Ventilador	0.746	1	0.65	0.85	0.877		DT = 17.6+1.2
Bombas dosificadora de filtrado	0.150	4	0.68	1.0	0.200		
Secadora	3.5	1	1	-	3.50		= <u>18.8 KW</u>
Cargas móviles	1.00	1	1	1	1.0		
					27.09		
Alumbrado	0.100	12	0.62	1	1.200	1	

MAXIMA DEMANDA DE LA SECCION: LABORATORIO

N° Máquina	Potencia Nominal (KW)	Cant.	Cosφ	N <sub>m</sub>	Potencia Eléctrica KW	F <sub>D</sub>	Máxima Demanda (KW)
1 Horno Fundición	3.0	2	1.00	-	6		MD = 15.86x0.7  = 11.1 KW  DT = <u>11.1+0.6</u>  = 11.7 KW
2 Extractor N° 1	0.746	1	0.72	0.81	0.920		
3 Extractor N° 2	1.50	1	0.76	0.84	1.785		
4 Calentador	1.50	1	1.00	-	1.50		
5 Ventilador	1.00	1	0.82	0.86	1.162	0.70	
6 Carga móvil	0.500	1	1.00	1.00	0.500		
7 Equipo ataque Químico	2.0	2	0.95	1.00	4 KW		
					15.86		
Alumbrado	0.100	6	0.621	1.00	0.600	1.00	

MAXIMA DEMANDA DE LA SECCION: RECUPERACION

Máquina	Potencia Nominal (KW)	Cant.	Cosφ	N <sub>m</sub>	Potencia Eléctrica KW	F <sub>D</sub>	Demanda Máxima (KW)
Extractor	1.50	1	0.82	0.80	1.875		$MD = 14.09 \times 0.6$ $= 8.45KW$ $MT = 8.45 + 1.6$ $= \underline{10.05KW}$
Molino	1.50	1	0.85	0.80	1.875		
Rectificador N° 1	1.20	1	0.88	0.90	1.33		
Rectificador N° 2	0.60	1	0.88	0.90	0.66		
Bomba filtrado	0.200	2	0.85	1.00	0.400	0.6	
Abrillantadora	1.200	1	0.86	0.85	1.411		
Secadora Centrífuga	3.50	1	0.9	0.90	3.88		
Lavadora	1.20	1	0.80	0.82	1.46		
Horno	0.200	1	0.80	-	0.200		
Carga Móvil	1.00	1	1.00	1.00	1.00		
					14.09		
Alumbrado	0.100	16	0.62	1.00	1.60	1	

MAXIMA DEMANDA DE LA SECCION: JOYERIA

Máquina	Potencia Nominal (KW)	Cant.	Cosφ	N <sub>m</sub>	Potencia Eléctrica (KW)	F <sub>D</sub>	Demanda Máxima (KW)
Pulidoras	0.552	12	0.71	0.86	7.702		DM = 35.53
Aspiradora	2.208	3	0.72	0.88	7.527		
Secadora Centrífuga	3.50	1	0.90	0.88	3.97		= 21.40Kw
Lavadora Ultrasónica	3.00	1	0.80	1.00	3.00		
Ventiladores	0.150	10	0.62	0.65	2.307		DT = 21.40+5.4
Iyectoras	0.07	70	0.62	0.95	1.473	0.6	
Foredon	0.150	20	0.62	0.63	4.761		= 26.87Kw
Gira-Cadena	0.100	5	0.62	0.63	0.793		
Picle	0.250	6	1.00	-	1.50		
Soldadora	1.50	1	1.00	-	1.50		
Carga Móvil	1.00	-	1.00	1.00	1.00		
					35.53		
Alumbrado	0.100	54	1.00	1.00	5.4	1.0	

MAXIMA DEMANDA DE LA SECCION PRODUCCION N° 1

Máquina	Potencia Nominal (KW)	Cant.	Cosφ	N <sub>m</sub>	Potencia Eléctrica (KW)	F <sub>D</sub>	Demanda Máxima (KW)
Laminadora de Lámina	15.320	1	0.85	0.92	16.652		MD = 125.42x0.5  = 62.71 KW  DT = 62.84+6.4  = <u>69.2 KW</u>
Laminadora de Lámina y Alamabre	7.987	1	0.85	0.89	8.97		
Laminadora de Alambre	7.684	1	0.82	0.89	8.63		
Laminadora chica de lámina	4.1	1	0.82	0.89	4.606		
Laminadora mediana de lámina	7.30	1	0.82	0.89	8.202		
Trefiladora 13 pasos	4.826	1	0.80	0.86	5.611		
Trefiladora 10 pasos	2.746	1	0.81	0.86	3.193		
Trefiladora 5 pasos	1.692	1	0.78	0.86	1.967		
Prensa Excéntrica	2.230	1	0.80	0.87	2.563		
Prensa Oleodinámica	8.000	1	0.80	0.90	8.88		
Prensa Excéntrica Eléctrica	2.230	1	0.80	0.88	2.53	0.5	
Prensa Tohfl	10.00	1	0.85	0.92	10.86		
Taladro Vertical	1.00	1	0.80	0.85	1.176		
Secadora Centrifuga	3.700	1	0.90	0.90	4.11		
Lavadora Ultrasónica	3.000	1	0.80	1.00	3.00		
Horno Secador	3.000	1	1.00	-1.00	3.00		
Horno recocido N° 1	8.00	1	1.00	1.00	8.00		
Disociador N° 1	4.500	1	1.00	1.00	8.00		

Continuación Cuadro Producción N° 1

Máquina	Potencia Nominal (KW)	Cant.	Cosφ	N <sub>m</sub>	Potencia Eléctrica (KW)	F <sub>D</sub>	Demanda Máxima (KW)
Horno recocido N° 2	8.500	1	1.00	1.00	8.50		
Disociador N° 2	4.200	1	1.00	1.00	4.20		
Campana Decapado	2.580	1	0.80	0.90	2.86	0.5	
Esmeril	0.373	1	0.72	0.89	0.419		
Cargas Móviles	3.000	1	1.00	1.00	3.00		
					125.42		
Alumbrado	0.100	64	0.62	-	6.4	1.00	

MAXIMA DEMANDA DE LA SECCION PRODUCCION N° 2

Máquina	Potencia Nominal (KW)	Cant.	Cosφ	N <sub>m</sub>	Demanda (KW)	F <sub>D</sub>	Demanda Máxima (KW)
De argollas	0.348	10	0.88	0.72	4.83		
Chanca Cadena	0.670	1	0.68	0.75	0.893		
Cortadora de Tubos	0.373	1	0.72	0.76	0.490		
De Cadena Tipo 1	0.290	6	0.85	0.76	2.281		MD = 60.025 x 0.5
De Cadena Tipo 2	0.290	6	0.85	0.76	2.281		
Trefiladora Paso 1	0.294.4	1	0.72	0.78	0.379		= 30.01 KW
Frigorífico	2.35	1	0.84	0.81	2.901		
Torno	1.500	1	0.85	0.88	1.704	0.5	DT = 30.01 + 7
Soldadora Cadena	15.64	1	0.85	1.00	15.64		
Secadora Ceica	2.000	1	1.00	-	2.00		= 37.01 KW
Vibradora	0.950	1	0.85	0.88	1.079		
Soldadora	14.2	1	1.00	-	14.2		
Diamantadora	1.300	1	0.85	0.86	1.511		
Martilladora	2.338	2	0.82	0.88	5.313		
Therma	2.500	1	1.00	-	2.50		
Laminado Chico	1.300	1	0.82	0.84	1.547		
					60.025		
Alumbrado	0.100	70	0.62	-	7.00	1	

MAXIMA DEMANDA DE LA SECCION: MAESTRANZA

Máquina	Potencia Nominal (KW)	Cant	Cos $\phi$	N <sub>m</sub>	Potencia Eléctrica (KW)	F <sub>D</sub>	Demanda Máxima (KW)
Sierra horizontal	1.104	1	0.92	0.82	1.346		DM = 39.02 x 0.4 = 15.61KW
Taladro Vertical	1.206	2	0.92	0.82	2.941		
Calentador	1.5	1	1.00	-	1.50		
Afiladora - Fresa	0.300	1	0.62	0.78	0.384		
Electroerosión	4.5	1	0.73	0.95	4.73		DT = 15.61 + 2.1 = 17.71 KW
Esmeril	0.300	1	0.62	0.68	0.441		
Fresadora	3.841	1	0.80	0.82	4.68	0.4	
Prensa Escéntrica	0.662	1	0.80	0.80	0.827		
Rectificadora	2.7	1	0.80	0.88	3.06		
Torno Chico	1.873	1	0.82	0.82	2.284		
Torno Grande	3.819	1	0.85	0.89	4.29		
Horno Recocido	8.00	1	1.00	-	8.00		
Cepillo	3.68	1	0.80	0.88	4.18		
Pantógrafo	0.300	1	0.80	0.82	0.365		
					39.02		
Alumbrado	0.100	21	0.62	1.00	2.100	1.00	

MAXIMA DEMANDA DE LA SECCION: HORNO - AUTOMATICO DE TEMPLE

Máquina	Potencia Nominal (KW)	Cant	Cosφ	$N_m$	Potencia Eléctrica (KW)	$F_D$	Demanda Máxima (KW)
Compresor	18	2	0.85	0.82	43.9	0.5	$MD = 43.9 \times 0.5 +$
Horno Temple	190	1	0.92	-	190	1.00	$+ 190 \times 1 = 211.05 \text{ KW}$
							$MDT = 217.95 + 2$
ALUMBRADO	0.100	20	0.62	-	2.00	1.00	$= \underline{213.95 \text{ KW}}$

MAXIMA DEMANDA DE LA SECCION: HORNOS MANUALES PARA TEMPLE

Máquina	Potencia Nominal (KW)	Cant.	Cosφ	N <sub>m</sub>	Potencia Eléctrica (KW)	F <sub>D</sub>	Demanda Máxima (KW)
Horno gas	1.766	2	0.68	0.86	1.936		MD = 37.75 x 1 KW  MD = 37.75 KW MDT= 37.75+1 KW = <u>38.75 KW</u>
Agitador	1.5	1	0.72	0.82	1.82	1.00	
Horno Isotérmico	30	1	1.00	-	30		
Carga Móvil	4	-	-	-	4		
					37.75		
Alumbrado	0.10	10	0.62	-	1.00	1.00	

MAXIMA DEMANDA DE LA SECCION: ALMACEN TALLER Y BOMBAS

Máquina	Potencia Nominal (KW)	Cant.	Cos $\phi$	N <sub>m</sub>	Potencia Eléctrica (KW)	F <sub>D</sub>	Demanda Máxima (KW)
Carga Móvil	1.5	-	-	-	1.5		DM = 11.5x0.7
Alumbrado	0.100	50	0.62		5.00	0.7	
Bombas y otros	5.0	-	-	-	5.00		DM = <u>8.05 KW</u>
					11.50		

MAXIMA DEMANDA DE LA SECCION: OFICINAS PASADIZOS, VIGILANCIA Y LUZ EXTERIOR

Máquina	Potencia Nominal (KW)	Cant.	Cos0	N <sub>m</sub>	Potencia Eléctrica (KW)	F <sub>D</sub>	Demanda Máxima (KW)
Aire Acondicionado	1.5	4	0.68	0.78	8.82		MD = 13.76x0.7 = 9.6 KW
Estractor	0.200	4	0.62	0.85	0.941	0.7	
Máquina de oficina	2.5	-	-	-	2.5		
Carga Móvil	1.5	-	-	-	1.5		
					13.76		MD = 9.6+7= 16.6KW
Alumbrado	0.100	70	0.62	-	7.00	1.0	

### 3.2 Consideraciones para el Diseño de los Circuitos de Fuerza de las Secciones.-

El sistema eléctrico se diseñó teniendo en cuenta la seguridad, confiabilidad del servicio, simplicidad de operación, facilidad de mantenimiento, posibilidad de ampliación y una adecuada regulación de tensión.

Para la determinación de los conductores principales, se ha tenido en cuenta los incrementos de carga por ampliaciones de local y prevención de máquinas, asumiendo un 25% más en la máxima demanda y dejando espacios para adicionar transformadores, interruptores, tableros de distribución, tubos etc. La distribución de las líneas principales será del tipo radial por considerarse un sistema más simple y menos costoso, que satisface las necesidades de la planta.

Cálculo de los Conductores.- Los conductores deben seleccionarse teniendo en cuenta las siguientes características:

- a) Capacidad de transportar la corriente
- b) Caída de tensión
- c) Material del conductor
- d) Tipo del conductor
- e) Pérdida de tensión
- f) Pérdida de energía
- g) Temperatura de operación
- h) Resistencia a los esfuerzos térmicos y mecánicos de los cortos circuitos
- i) Condiciones ambientales de operación
- j) Factores de instalación

Una vez definida las características del tipo de conductor, el cálculo del calibre a utilizar se efectuará teniendo en cuenta las siguientes condiciones:

- 1.- Capacidad Térmica.- Admisible según norma C.E.P.- CNE
- 2.- Caída de tensión permisible por el C.E.P.- CNE
- 3.- Capacidad de corto circuito permisible

Para los conductores flexibles el cálculo se va a efectuar teniendo en cuenta solo las condiciones 1 y 2, la condición 3 será considerado para el caso de conductores rígidos (barras).

El material del conductor a utilizar es cobre y se regirá a la norma americana (AWG) con aislamiento PVC termoplástico (TW, THW).

Los coeficientes de corrección a considerar en el cálculo por capacidad térmica son:

- a) Por temperatura
- b) N° de conductores en el tubo
- c) Resistividad Térmica del terreno
- d) Profundidad del tendido
- e) Proximidad de otros conductores

Nota.- c, d, e, solo para cables subterráneos

El cálculo por caída de tensión se efectuará teniendo en cuenta:

- a) El coeficiente de resistividad según la temperatura
- b) La reactancia de la línea
- c) La longitud equivalente del circuito
- d) La corriente efectiva a considerar
- e) El factor de potencia de la carga

Las temperaturas de operación consideradas en los cálculos son de 30°C y 35°C según los ambientes. Estos valores son críticos y se presentan en épocas de verano.

La reactancia de la línea se tomará en cuenta para conductores, cuya sección sea mayor de  $5.21\text{mm}^2$  (N° 10AWG), porque los conductores menores al N° 10 AWG su reactancia es muy pequeño con relación a su resistencia, por lo tanto, se tomará en cuenta sólo su resistencia para calcular la caída de tensión ( $X \ll R$ )

$$Z \approx R$$

$$\Delta V = K L R \cos\theta \times I_{ef}$$

$$\text{donde } R = \frac{\rho L}{A}$$

$$K = \sqrt{3}$$

Trifásico

$$K = 2$$

Monofásico

Reemplazando:

$$\Delta V = \sqrt{3} L R \cos\theta \times I_{ef} \text{ (Vol/Km)}$$

Trifásico

$$\Delta V = 2 L R \cos\theta I_{ef} \text{ (Vol/Km)}$$

Monofásico

Si la carga es resistiva,  $\cos\theta = 1$

$$\Delta V = \sqrt{3} L R I_{ef}$$

Trifásico

$$\Delta V = 2 L R I_{ef}$$

Monofásico

Donde:

$I_{ef}$  = Corriente efectiva (amperio)

$L$  = Longitud equivalente del circuito (Km)

$R$  = Resistencia de la línea ( $\Omega$ /Km)

$\cos\theta$  = Factor de potencia de la línea

Considerando la reactancia,  $\bar{Z} = R + jX$

$$\Delta V_{3\phi} = \sqrt{3} L (R \cos\theta + X_{3\phi} \text{ Sen}\theta) I_{ef} \text{ Trifásico}$$

$$\Delta V_{\phi} = 2 L (R \cos\theta + X \text{ Sen}\theta) I_{ef} \text{ Monofásico}$$

Si la carga es resistiva  $\text{Cos}\theta = 1$  ,  $\text{Sen}\theta = 0$

$$\Delta V_{3\phi} = \sqrt{3} LR I_{ef} \quad \text{Trifásico}$$

$$\Delta V_{1\phi} = 2 LR I_{ef} \quad \text{Monofásico}$$

Donde:

X = Reactancia inductiva de la línea ( $\Omega/\text{Km}$ )

La corriente efectiva es la corriente nominal multiplicada por un factor de seguridad, sin afectar con los factores de corrección por condiciones de trabajo

$$(I_D = I_n \times K)$$

La longitud equivalente para calcular la caída de tensión se encontrará de la siguiente manera:

$I_i$  = Corriente ó potencia de la carga en el punto

$$L = \frac{\sum_{i=1}^n I_i L_i}{I_i}$$

$L_i$  = Longitud del punto al nivel de referencia

n = Puntos de concentración de las cargas.

La referencia a considerar para la longitud equivalente es la llave general de la sección.

La caída de tensión a considerar en los circuitos de iluminación es del 1% (2.20 voltios), según C.E.P.

La caída de tensión a considerar en los circuitos de fuerza es del 3% (6.6 voltios), según C.E.P.

Para el caso de las líneas principales, el cálculo de los conductores se efectúa teniendo en cuenta una carga con un  $\text{Cos}\theta = 0.80$ , generalmente este factor es común

en las líneas, cuando los condensadores se encuentran en el tablero principal de distribución.

La capacidad de los conductores que operan sobre largos períodos (generalmente alumbrado) se diseñó con un 25% más de la carga.

Para prevenir aumentos de carga a los conductores de líneas principales (alimentadores) se les sobredimensionó en un 25% más.

Los conductores que alimentan a motores individuales con régimen de trabajo continuo, se les dimensionó con un exceso del 25% más de la corriente nominal a plena carga ( $125\% I_n$ ).

Los conductores que alimentan a motores con régimen de trabajo de carga variable se señirán a las tablas de clasificación de servicio del C.E.P. (ver anexo).

El cálculo de la corriente de diseño para los conductores se efectúa teniendo en cuenta ciertos factores:

$$1) \quad I_n = \frac{P_e}{\sqrt{3} V \cos\theta}$$

$$2) \quad I_D = \frac{I_n K}{F_c}$$

$$3) \quad F_c = K_1 k_2 K_3 k_4 K_5$$

Donde:

$P_e$  = Potencia eléctrica (vatios)

$V$  = Tensión (voltios)

$\cos\theta$  = Factor de potencia de la carga

$I_n$  = Corriente nominal (amperio)

$K$  = Factor de seguridad

$K_1$  = Factor de corrección por temperatura

$K_2$  = Factor de corrección por No de conductores en el tubo

$K_3$  = Factor de corrección por profundidad

$K_4$  = Factor de corrección por aproximidad de cables

$K_5$  = Factor de corrección por resistividad térmica del suelo

Nota.-

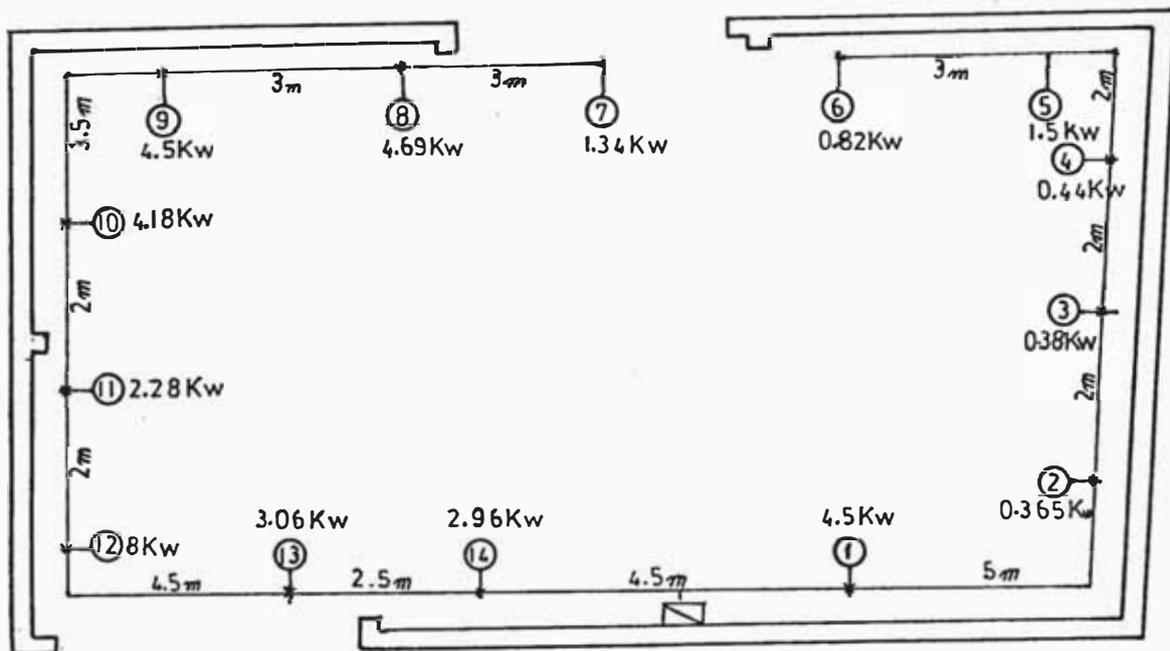
a)  $K_3$ ,  $K_4$ ,  $K_5$  son utilizados en instalaciones subterráneas

b) Para cargas de iluminación no prolongados  $K = 1$

### 3.3 Cálculo de los Circuitos Principales de la Sección :

#### A.- Sección Maestranza

Diagrama de ubicación de las cargas



Como puede observarse, las cargas han sido distribuidas en forma simétrica en la sección, siendo necesaria la instalación de dos líneas principales protegidos con elementos fusibles para no afectar el trabajo del todo la sección, en caso de avería en una de las líneas.

3.3.1 Determinación de la longitud equivalente de cada línea (L)

$$L = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \times L_i}{P_i} \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, 3, \dots, n \\ n = 7 \end{array}$$

P = Potencia en vatios

L = Longitud en metros

$$L_1 = 2.92 \times 2.5 + 3.06 \times 5 + 8 \times 9.5 + 2.28 \times 11 + 4.18 \times 13 + 4.28 \times 16.5 + 4.69 \times 19.5 / 2.92 + 3.06 + 8 + 2.28 + 4.18 + 4.28 + 4.69 = \underline{11.56 \text{ mt.}}$$

$$L_2 = 4.5 \times 2 + 0.373 \times 10 + 0.38 \times 11 + 0.373 \times 13 + 1.50 \times 15 + 0.82 \times 18 + 1.34 \times 21 / 4.5 + 0.373 + 0.384 + 0.373 + 1.50 + 0.82 + 1.34 = \underline{9.37 \text{ mt.}}$$

Potencia instalada:

$$L_1 = 29.41 \text{ Kw}$$

$$L_2 = 9.29 \text{ Kw}$$

3.3.2 Factor de simultaneidad a considerar.- Dato experimental tomado de las secciones en diferentes días de la semana (0.6 y 0.7)

Demanda máxima:

$$MD_1 = 29.41 \times 0.6 = 17.64 \text{ Kw}$$

$$MD_2 = 9.29 \times 0.7 = 6.50 \text{ Kw}$$

### 3.3.3 Cálculo de la corriente de diseño ( $I_D$ )

$$I_{n1} = \frac{MD_1}{\sqrt{3} \times V \cos 0} = \frac{17.640 \text{ (watt)}}{\sqrt{3} \times 220 \text{ vol} \times 0.8} = 58.02 \text{ amp}$$

$$I_{n2} = \frac{Pe}{\sqrt{3} \times V \cos 0} = \frac{6,500 \text{ watt}}{\sqrt{3} \times 220 \text{ (vol)} \times 0.8} = 21.38 \text{ amp}$$

$$I_{D1} = I_{n1} \times K \times K_1 = 58.02 \times 1.25 \times 1 = 72.52 \text{ amp}$$

$$I_{D2} = I_{n2} \times K \times K_1 = 21.38 \times 1.25 \times 1 = 26.72 \text{ amp}$$

Los factores de corrección por temperatura y  $N^\vee$  de conductores en el tubo tienen un valor de uno (1), por estar dentro de los rangos establecidos de diseño a condiciones normales.

### 3.3.4 Selección del Calibre del Conductor

A) Por capacidad térmica

$$I_{D1} = 72.52 \text{ amperios: según tabla corresponde al calibre } N^\vee 4 \text{ THW AWG cuya sección es } 21.15 \text{ mm}^2$$

$$I_{D2} = 26.72 \text{ amperios: según tabla corresponde al calibre } N^\vee 10 \text{ TW-AWG cuya sección es } 5.26 \text{ mm}^2$$

B) Por caída de tensión ( $V = 3\%$ )

$$\Delta V = \sqrt{3} L (R \cos 0 + X \text{ Sen} 0) \times I_D$$

Nota.-

La corriente de diseño es la corriente nominal de la máxima demanda multiplicada por un factor de seguridad (no debe ser afectada por otros factores).

Donde: R = Resistencia de la línea en  $\Omega/\text{Km}$   
 X = Reactancia de la línea en  $\Omega/\text{Km}$   
 L = Longitud equivalente de la línea en (Km)  
 Cos0 = Factor de potencia asumido = 0.8  
 $I_D$  = Corriente de diseño (amperios)

B.1 Cálculo de la Reactancia de la Línea

$$X = 2\pi F [3.28(0.1404 \lg \frac{D_m}{r} + K)10^{-3}] (\Omega/\text{Km})$$

$$R = \frac{\rho}{A} \Omega/\text{Km} \quad D_m = D_c \sqrt[3]{2}$$

F = Frecuencia de la red: 60Hz

$D_m$  = Distancia interaxial efectiva entre conductores en (mm)

r = Radio del conductor en mm (sin aislamiento)

K = Constante depende el N° de hilos del conductor

$D_c$  = Diámetro exterior del conductor (con aislamiento)

Para línea 1

$$D_{m1} = 9.08 \sqrt[3]{2} = 11.44 \text{ mm}$$

r = 2.94mm de tabla fabricante (pirelli)

N°hilos = 7 hilos de tabla K = 0.0195  
 (fabricante pirelli)

Reemplazando:

$$X_1 = 2\pi \times 60 \times 3.28 \times (0.1404 \lg \frac{11.44}{2.94} + 0.0195) \times 10^{-3}$$

$$X_1 = 0.13175 (\Omega/\text{km})$$

B.2 Cálculo de la Resistencia de la línea

$$R_1 = \frac{0.01818 \times 10^3 \text{ mm}^2 \text{ Km}}{21.15 \text{ mm}^2} = 0.849 (\Omega/\text{km})$$

$$V_1 = \sqrt{3} L_1 (R_1 \cos \theta + X_1 \sin \theta) I_{D1}$$

$$\begin{aligned} V_1 &= \sqrt{3} \times 11.56 \times 10^{-3} \text{ km} [ 0.849 (\Omega/\text{km}) 0.8 + \\ &\quad + 0.13175 \times 0.6 (\Omega/\text{km}) ] \times 72.52 \text{ amp} \\ &= 1.55 \text{ vol} \end{aligned}$$

$$\%V_1 = \frac{V_1 \times 100}{V} = \frac{1.55 \times 100}{220} = 0.7\% < 3\%$$

Para línea 2

$$D_m = 5.32 \sqrt[3]{2} = 6.65 \text{ mm}$$

$$r = 1.47 \text{ mm}$$

$$A = 5.26 \text{ mm}^2$$

$$N^\circ \text{ de Hilos} = 7 \quad K = 0.0195$$

Reemplazando :

$$X_2 = 2 \times 60 \quad 3.28 \times (0.1404 \lg 6.65 + 0.0195) 10^{-3}$$

$$X_2 = 0.1561 (\Omega/\text{km})$$

$$R_2 = \frac{0.01818 \times 10^3 \Omega \text{ mm}^2/\text{km} \cdot 3.45 (\Omega/\text{km})}{5.26 \text{ mm}^2} =$$

$$V_2 = \sqrt{3} L_2 (R_2 \cos \theta + X_2 \sin \theta) I_{D2}$$

$$\begin{aligned} V_2 &= \sqrt{3} \times 9.37 \times 10^{-3} \text{ km} (3.45 \Omega/\text{km} \times 0.8 + 0.1561 \times \\ &\quad \times 0.6 \Omega/\text{km}) 26.72 \text{ amp} \end{aligned}$$

$$V = 1.23 \text{ vol}$$

$$\%V_2 = \frac{V \times 100}{V} = \frac{1.23 \times 100}{220} = 0.559\% < 3\%$$

De los cálculos por capacidad térmica y caída de tensión vemos que el calibre seleccionado cumple con los requisitos de diseño

En resumen:

Línea	Potencia instalada KW	Fs	Máxima Demanda KW	Cos0	In Amp	I <sub>D</sub> Amp	L mt	AV Vol	Conductores			
									AWG	mm <sup>2</sup>	NC Observac.	
1	29.41	0.6	17.64	0.8	58.02	72.52	11.56	1.55	4	21.15	4	THW
2	9.29	0.7	6.50	0.8	21.38	26.72	9.32	1.23	10	5.26	4	TW



De acuerdo al diagrama de carga vemos que las cargas serán concentrados en los puntos A, B, C, D, E, F que estarán ubicados en dos ramales.

Cálculo de las Cargas en los Puntos:

$$\text{Punto A} = 10 \times 0.48 + 12 \times 0.38 = 9.6\text{Kw}$$

$$\begin{aligned} \text{Punto B} &= 2.65 + 2.65 + 1.54 + 0.379 + 0.49 + 7 \times 0.1 \\ &= 8.4\text{Kw} \end{aligned}$$

$$\text{Punto C} = 15.64\text{Kw}$$

$$\text{Punto D} = 2.5 + 1.7 + 2.9 = 7.1\text{Kw}$$

$$\text{Punto E} = 2 + 1.07 + 14.2 = 17.27\text{Kw}$$

$$\text{Punto F} = 6.4\text{Kw}$$

$$\text{Ramal 1} = A + B + C + D = 40.74\text{Kw}$$

$$\text{Ramal 2} = E + F = 23.67\text{Kw}$$

### 3.3.1 Determinación de la Longitud Equivalente de cada línea (Ramal)

$$L_1 = \frac{14.5 \times 9.36 + 20.5 \times 8.4 + 25.5 \times 15.64 + 34.5 \times 7.1}{40.74}$$

$$L_1 = \frac{951.69\text{m} \times \text{Kw}}{40.74\text{Kw}} = 22.38\text{m}$$

$$L_2 = \frac{24.5 \times 17.27 + 15 \times 6.4}{23.67} = \frac{519.11\text{m} \times \text{Kw}}{23.67\text{Kw}} = 22.56\text{m}$$

### 3.3.2 Máxima Demanda en cada Ramal:

$$MD_1 = 0.5 \times (9.6 + 8.4 + 7.1) + 15.64 = 28.07\text{Kw}$$

$$MD_2 = 0.5 \times (2 + 1.07) + 14.27 + 6.4 = 22.1\text{Kw}$$

$F_5 = 0.5$ , valor tomado de sección similar en la planta para los hornos se tomó en forma independiente

$$F_s = 1$$

3.3.3 Cálculo de la Corriente de Diseño (ID)

$$ID_1 = K In_1 = 1.25 \times \frac{28,070}{3 \times 220 \times 0.8} = 115.1 \text{amp.}$$

$$ID_2 = K In_1 = 1.25 \times \frac{22,130}{3 \times 220 \times 0.8} = 90.74 \text{amp.}$$

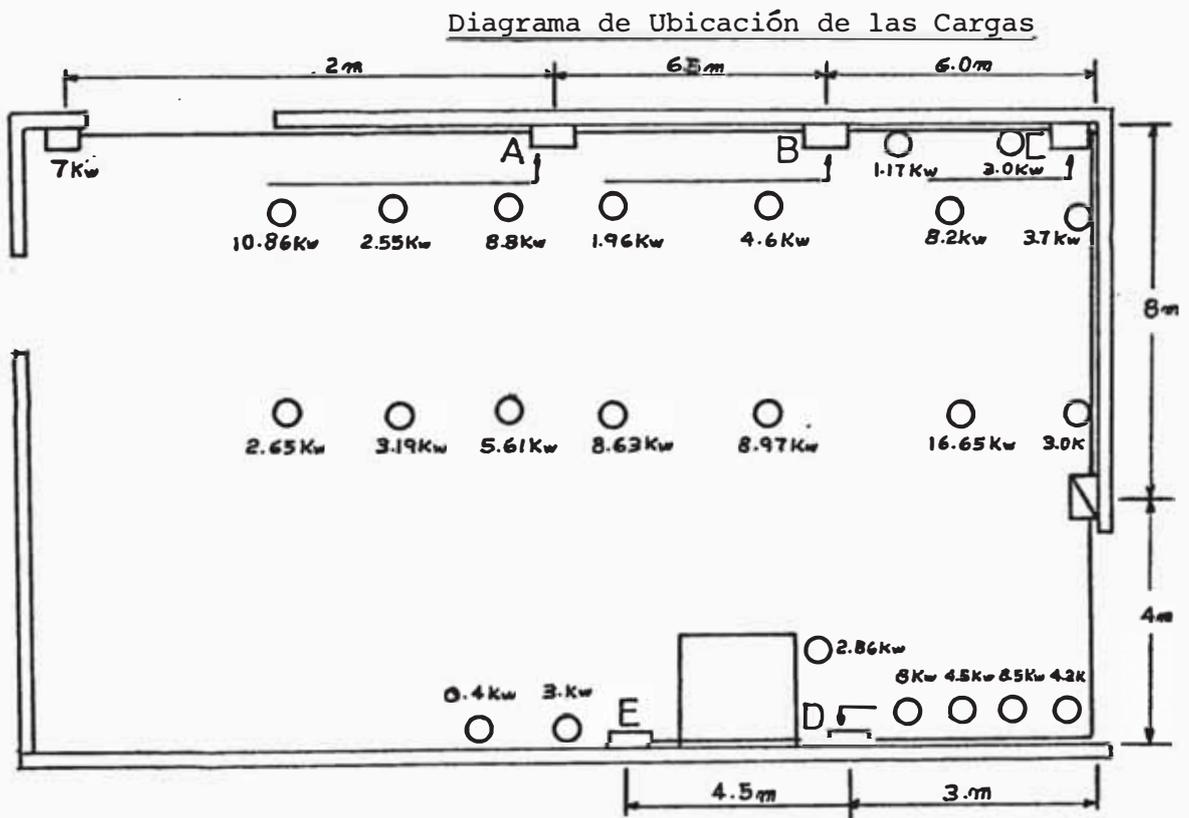
3.3.4 Selección del Calibre del Conductor

De acuerdo a la corriente de diseño ID y la longitud L calculado, seleccionamos el conductor:

L<sub>1</sub> conductor N° 2 AWG - THW

L<sub>2</sub> conductor N° 2 AWG - THW

C.- Cálculo de los Circuitos Principales de la Sección Máquinas 1



Cálculo de las cargas en los puntos

$$\begin{aligned} \text{Punto A} &= 7 + 10.8 + 2.55 + 8.8 + 5.61 + 3.19 + 2.65 \\ &= 40.38\text{Kw} \end{aligned}$$

$$\text{Punto B} = 1.96 + 4.6 + 8.67 + 8.97 + 0.5 = 24.7\text{Kw}$$

$$\text{Punto C} = 1.17 + 3.0 + 8.2 + 16.65 + 3 + 3.7 = 35.72\text{Kw}$$

$$\text{Punto D} = 8 + 4.5 + 8.5 + 4.2 = 25.2\text{Kw}$$

$$\text{Punto E} = 2.86 + 0.4 + 0.3 = 3.56\text{Kw}$$

$$\text{Ramal 1} = A + B + C = 100.8\text{Kw}$$

$$\text{Ramal 2} = D + E = 28.76\text{Kw}$$

### 3.3.1 Determinación de la Longitud Equivalente de la Línea

$L_1$   $L_2$  (Ramal)

$$L_1 = \frac{8.5 \times 35.72 + 13.5 \times 24.7 + 20.5 \times 40.48}{100.8}$$

$$L_1 = \frac{1,464.86\text{mKw}}{100.8\text{Kw}}$$

$$L_1 = 14.53\text{m}$$

$$L_2 = \frac{11 \times 25.2 + 15.5 \times 3.56}{28.76} = \frac{325.7\text{mKw}}{28.76\text{Kw}} = 11.31\text{m}$$

### 3.3.2 Máxima Demanda en Cada Ramal

$$MD_1 = 7 + 0.5(33.3 + 24.7 + 35.72) = 53.9\text{Kw}$$

$$MD_2 = 25.2 + 3.56 \times 0.5 = 26.98\text{Kw}$$

### 3.3.3 Cálculo de la Corriente de Diseño (ID)

$$ID_1 = 1.25I_{n1} = 1.25 \times \frac{53,900}{380 \times 0.8} = 222.08\text{amp}$$

$$ID_2 = 1.25I_{n2} = 1.25 \times \frac{26,980}{380 \times 0.8} = 116.48\text{amp.}$$

### 3.3.4 Selección del Calibre del Conductor

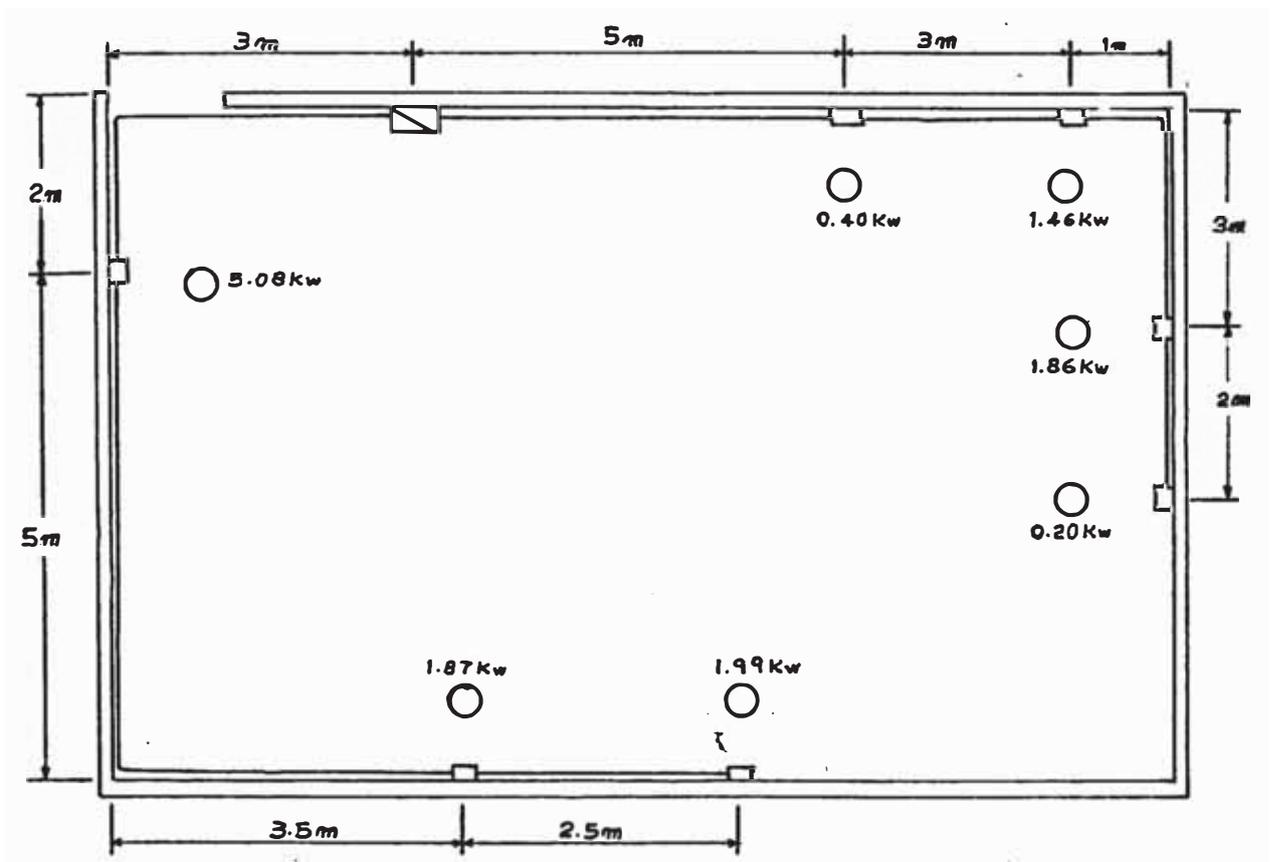
De acuerdo a la corriente de diseño y las condiciones dadas escogemos el conductor:

$L_1$  Conductor N° 4/0 AWG - THW

$L_2$  Conductor N° 2 AWG - THW

### D.- Cálculo de los Circuitos Principales de la Sección Recuperación

Diagrama de Ubicación de las Cargas



De acuerdo a la disposición de las cargas vamos a determinar dos ramales para independizar para una mejor distribución de los circuitos derivados

### 3.3.1 Determinación de la longitud equivalente de cada Ramal

$$L_1 = \frac{0.40 \times 5 + 1.46 \times 8 + 1.87 \times 12 + 0.2 \times 14}{0.40 + 1.46 + 1.87 + 0.2}$$

$$L_1 = \frac{38.92\text{mKw}}{3.53\text{Kw}} = 11.02\text{m}$$

$$L_2 = \frac{5.08 \times 5 + 1.87 \times 13.5 + 1.99 \times 6}{5.08 + 1.87 + 1.99}$$

$$L_2 = \frac{82.48\text{mKw}}{8.94\text{Kw}} = 9.22\text{m}$$

### 3.3.2 Máxima Demanda en cada Ramal

$$MD_1 = 3.53 \times 0.65 = 2.29\text{Kw}$$

$$MD_2 = 8.94 \times 0.65 = 5.81\text{Kw}$$

0.65 = Factor demanda tomado de la sección

### 3.3.3 Cálculo de la Corriente de Diseño (ID)

$$ID_1 = 1.25 I_{n1} = 1.25 \times \frac{2,290}{380 \times 0.8} = 7.53\text{amp.}$$

$$ID_2 = 1.25 I_{n2} = 1.25 \times \frac{5,810}{380 \times 0.8} = 19.11\text{amp!}$$

### 3.3.4 Selección del Calibre del Conductor

Con la corriente de diseño y las condiciones de diseño, seleccionamos el conductor:

$$L_1 = \text{Conductor N}^\circ 14 \text{ AWG - TW}$$

$$L_2 = \text{Conductor N}^\circ 12 \text{ AWG - TW}$$

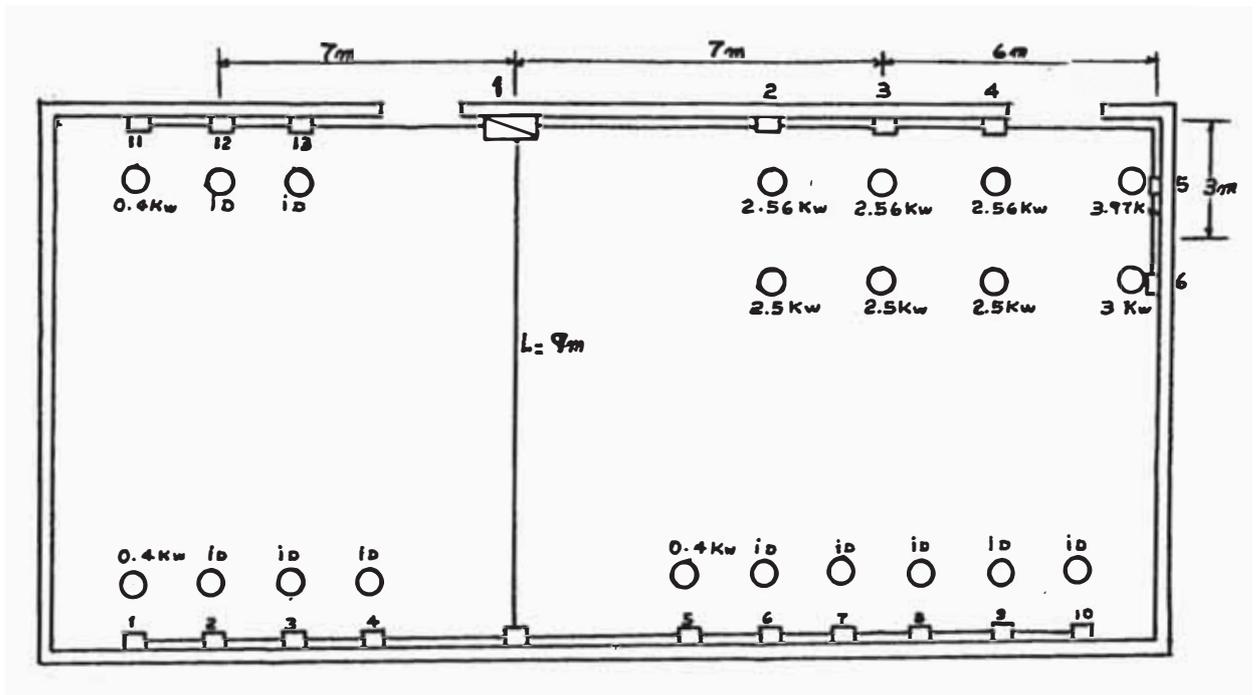
Nota.- Esta sección esta implementándose, incrementándose más máquinas según las necesidades. Para proyectar la carga vamos a TOMAR

Conductor: N° 10 AWG - TW

N° 6 AWG - THW

E.- Cálculo de los Circuitos Principales de la Sección Joyería

Diagrama de Ubicación de las Cargas



Para esta sección se ha definido cuatro ramales cada uno de ellos alimenta a un conjunto de máquinas que efectúan trabajos diferentes en el proceso de producción

Cargas de cada ramal:

$$L_1 = 1, 6 = 3 + 3.97 = 6.97Kw$$

$$L_2 = 1,3,4 = 2.5 + 2.5 + 2.5 + 2.56 + 2.56 + 2.56 = 15.18Kw$$

$$L_3 = 1, 2, \dots, 10 = 0.4 + 0.4 + 0.4 \dots 0.4 = 4Kw$$

$$L_4 = 11,12,13 = 0.4 + 0.4 + 0.4 = 1.2Kw$$

### 3.3.1 Determinación de la Longitud Equivalente

La longitud equivalente de cada ramal se ha asumido la distancia desde el punto de referencia a la carga central equidistante de ambos extremos por ser cargas iguales.

$$L_1 = 17m \quad L_2 = 7m \quad L_3 = 15m \quad L_4 = 7m$$

### 3.3.2 Máxima Demanda en Cada Ramal

$$MD_1 = 6.97 \times 1.0 = 6.97Kw$$

$$MD_2 = 15.18 \times 0.7 = 10.62Kw$$

$$MD_3 = 4 \times 0.5 = 2.0Kw$$

$$MD_4 = 1.2 \times 1.0 = 1.2Kw$$

Los factores de demanda son tomados de la sección (datos reales)

### 3.3.3 Cálculo de la Corriente de Diseño (ID)

$$ID_1 = 1.25 I_{n1} = 28.65amp.$$

$$ID_2 = 1.25 I_{n2} = 43.63amp$$

$$ID_3 = 1.25 I_{n3} = 8.22amp.$$

$$ID_4 = 1.25 I_{n_4} = 4.93 \text{ amp.}$$

### 3.3.4 Selección del Calibre del Conductor

De acuerdo a la corriente de diseño y las condiciones de las normas C.E.P. tenemos:

$L_1$  = Conductor N° 10 AWG - TW

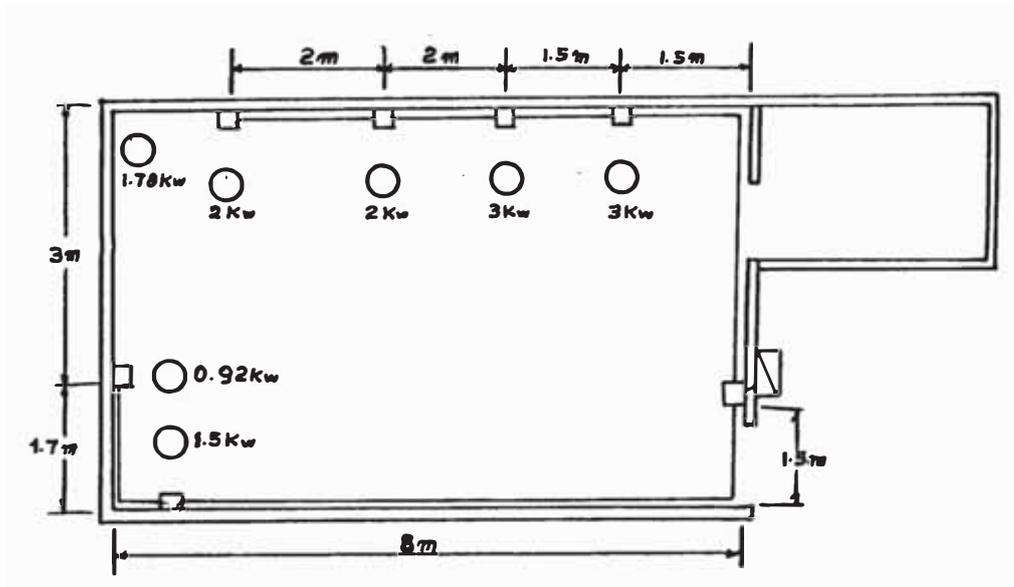
$L_2$  = Conductor N° 6 AWG - TW

$L_3$  = Conductor N° 12 AWG - TW

$L_4$  = Conductor N° 12 AWG - TW

F.- Cálculo de los Circuitos Principales de la Sección Laboratorio

Diagrama de Ubicación de las Cargas

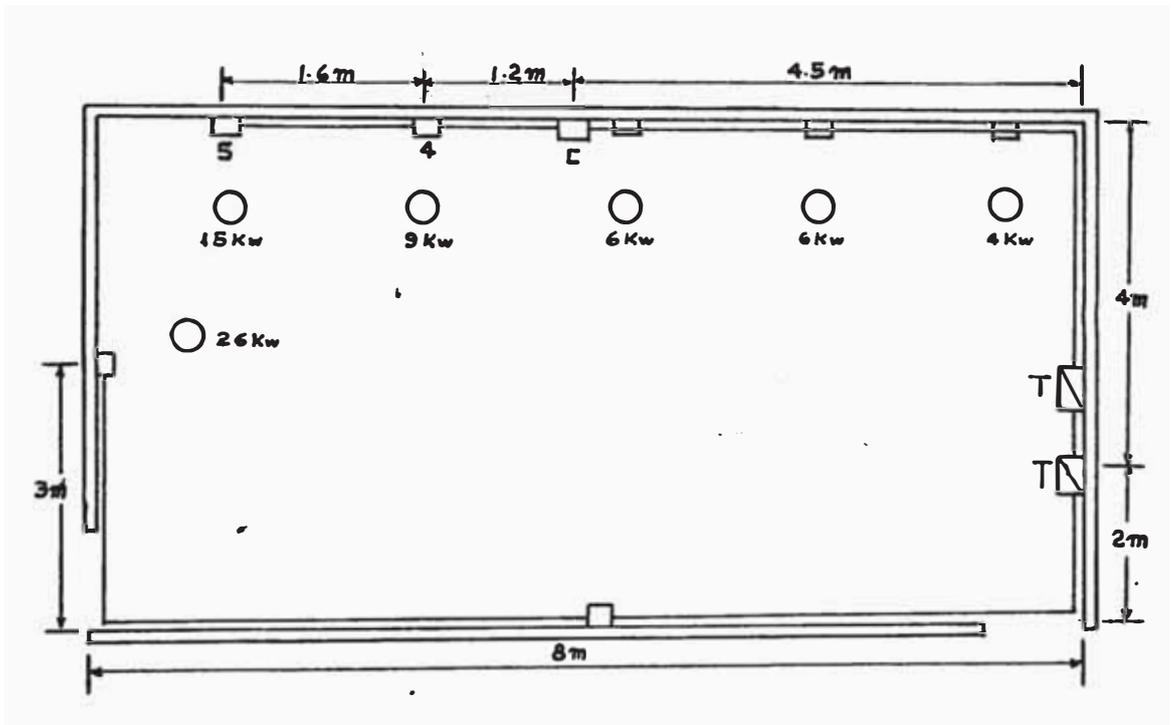


La sección Laboratorio por ser una área pequeña no ha sido necesario colocar líneas principales, los equipos se alimenta desde el tablero de distribución ubicado.

Los conductores para los circuitos derivados se calcularán considerando los factores de corrección por agrupamiento de conductores en el tubo y por temperatura si fuera necesario

G.- Cálculo de los Circuitos Principales de la Sección Fundición

Diagrama de Ubicación de las Cargas

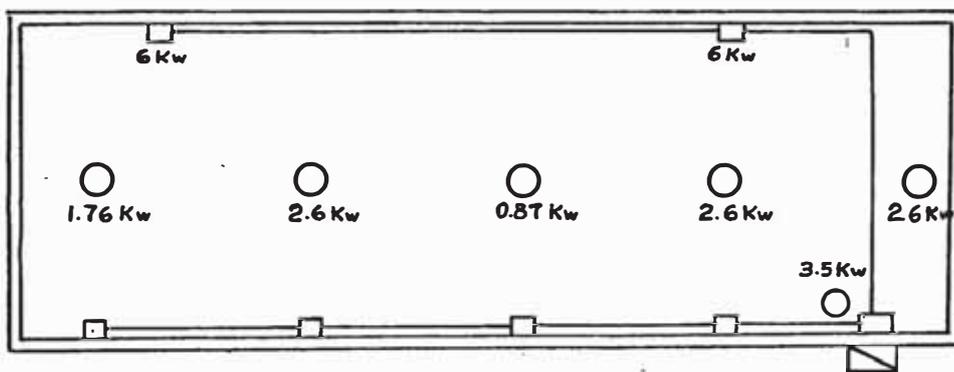


Al igual que en la sección Laboratorio esta sección no tiene Ramales Principales; las máquinas se alimentan desde el tablero de distribución. En este caso en la decisión prima el aspecto de seguridad y protección de los controles.

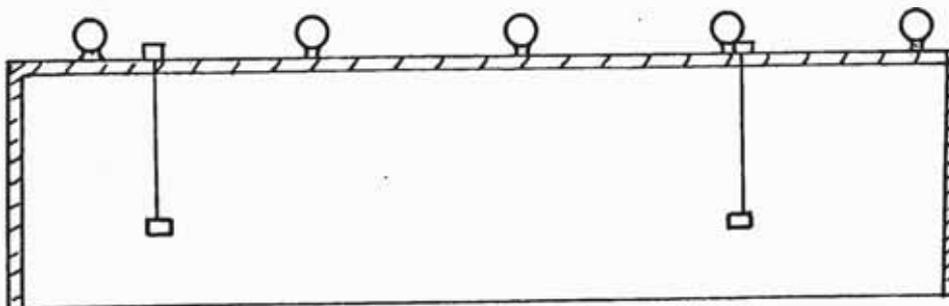
H.- Cálculo de los Circuitos Principales de la Sección Refinería

Sección altamente corrosivo, los equipos se alimentan desde el tablero de distribución obviándose de esta manera las líneas principales, por ser una sección de dimensiones pequeñas con limitaciones de espacio.

Diagrama de Ubicación de las Cargas



C O R T E



De acuerdo a las cargas, distancias y condiciones de diseño se efectúan los cálculos al igual que en la Sección Maestranza, estos valores se encuentran tabulados en las tables de circuitos derivados.

### 3.4 Cálculo de los Circuitos Derivados de la Sección Maestranza

De acuerdo a la disposición vemos que cada equipo corresponde a un circuito; por lo tanto, en esta sección tendremos 14 circuitos derivados, los cuales van a ser alimentados desde tableros de distribución, ubicados en lugares accesibles al operario

#### 3.4.1 Cálculo de la corriente de diseño ( $I_D$ )

$$I_n = \frac{P_e}{\sqrt{3} V \cos \theta} \quad I_D = I_n \times F_c \times K$$

$F_c$  = Factor de Corrección

$K$  = Factor de Seguridad

$P_e$  = Potencia eléctrica de la carga (dato tabulado en cuadros de máxima demanda capítulo 3)

$I_D$  = Corriente de diseño

$I_D$  =  $I_n K$  Relación válida para el cálculo de caída de tensión, donde  $K$  = factor de seguridad cuyo valor es 1 para carga de alumbrado no continua y 1.25 para cargas de alumbrado continua y carga de motores y circuitos principales.

$I_D$  =  $I_n F_c K$ : Relación válida para el cálculo de la corriente por capacidad térmica donde  $F_c$  es factor de corrección que depende de la temperatura,  $N^\circ$  de conductores en el tubo, etc. Los valores son elegidos de acuerdo a las condiciones de trabajo para nuestro caso  $F_c = 1$  solo en el caso de la sección de fundición tiene un valor mayor de 1 por estar a una temperatura mayor de  $30^\circ\text{C}$  que es la temperatura de diseño del cable.

**Nota:**  $K$  Toma valores menores y mayores de 1 y 1.25 para cargas especiales; en este caso, estos valores deben ser tomados de datos experimentales o normas del C.E.P.

De la Tabla de máxima demanda tenemos:

$$In_1 = \frac{4,500}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.73} = 16.28 \text{ Amp } I_D = 16.28 \times 1.25 = 20.38 \text{ Amp}$$

$$In_2 = \frac{365}{220 \times 0.80} = 2.07 \text{ Amp. } I_D = 2.07 \times 1.25 = 2.59 \text{ Amp}$$

$$In_3 = \frac{384}{220 \times 0.66} = 2.81 \text{ Amp. } I_D = 2.81 \times 1.25 = 3.51 \text{ Amp}$$

$$In_4 = \frac{441}{220 \times 0.62} = 2.94 \text{ Amp. } I_D = 2.94 \times 1.25 = 3.68 \text{ Amp}$$

$$In_5 = \frac{1,500}{220 \times 1} = 6.81 \text{ Amp. } I_D = 6.81 \times 1 = 6.81 \text{ Amp}$$

$$In_6 = \frac{820}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.80} = 2.6 \text{ Amp. } I_D = 2.6 \times 1.25 = 3.70 \text{ Amp}$$

$$In_7 = \frac{1,346}{220 \times 0.92} = 6.11 \text{ Amp. } I_D = 6.11 \times 1.25 = 8.31 \text{ Amp}$$

$$In_8 = \frac{4,690}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.80} = 15.42 \text{ Amp. } I_D = 15.42 \times 1.25 = 19.28 \text{ Amp}$$

$$In_9 = \frac{4,300}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.80} = 13.28 \text{ Amp. } I_D = 13.28 \times 1.25 = 16.60 \text{ Amp}$$

$$In_{10} = \frac{4,180}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.82} = 13.75 \text{ Amp. } I_D = 13.75 \times 1.25 = 9.14 \text{ Amp}$$

$$In_{11} = \frac{2,280}{\sqrt{3} \times 220 \times 1} = 7.30 \text{ Amp. } I_D = 7.30 \times 1.25 = 9.14 \text{ Amp}$$

$$I_{n12} = \frac{8,000}{\sqrt{3} \times 220 \times 1} = 21.05 \text{ Amp. } I_D = 21.05 \times 1.0 = 21.05 \text{ Amp}$$

$$I_{n13} = \frac{3,060}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.80} = 10.02 \text{ Amp. } I_D = 10.02 \times 1.25 = 12.58 \text{ Amp}$$

$$I_{n14} = \frac{2,960}{220 \times 0.92} = 14.52 \text{ Amp. } I_D = 14.52 \times 1.25 = 18.15 \text{ Amp}$$

### 3.4.2 Selección del calibre del conductor por capacidad térmica:

De los cálculos tenemos:

$$I_{D1} = 20.35A \text{ corresponde al calibre N}^\circ 10TW-AWG \dots \\ S = 5.3\text{mm}^2$$

$$I_{D2} = 2.59A \text{ corresponde al calibre N}^\circ 14TW-AWG \dots \\ S = 2.1\text{mm}^2$$

$$I_{D3} = 3.51A \text{ corresponde al calibre N}^\circ 14TW-AWG \dots \\ S = 2.1\text{mm}^2$$

$$I_{D4} = 3.68A \text{ corresponde al calibre N}^\circ 14TW-AWG \dots \\ S = 2.1\text{mm}^2$$

$$I_{D5} = 6.81A \text{ corresponde al calibre N}^\circ 14TW-AWG \dots \\ S = 2.08\text{mm}^2$$

$$I_{D6} = 3.70A \text{ corresponde al calibre N}^\circ 14TW-AWG \dots \\ S = 2.1\text{mm}^2$$

$$I_{D7} = 8.3A \text{ corresponde al calibre N}^\circ 14TW-AWG \dots \\ S = 5.3\text{mm}^2$$

$$I_{D8} = 19.28A \text{ corresponde al calibre N}^\circ 10TW\text{-AWG} \dots$$

$$S = 5.3mm^2$$

$$I_{D9} = 16.60A \text{ corresponde al calibre N}^\circ 10TW\text{-AWG} \dots$$

$$S = 5.3mm^2$$

$$I_{D10} = 17.18A \text{ corresponde al calibre N}^\circ 10TW\text{-AWG} \dots$$

$$S = 5.3mm^2$$

$$I_{D11} = 9.14A \text{ corresponde al calibre N}^\circ 12TW\text{-AWG} \dots$$

$$S = 3.3mm^2$$

$$I_{D12} = 21.05A \text{ corresponde al calibre N}^\circ 10TW\text{-AWG} \dots$$

$$S = 5.3mm^2$$

$$I_{D13} = 12.58A \text{ corresponde al calibre N}^\circ 12TW\text{-AWG} \dots$$

$$S = 5.3mm^2$$

$$I_{D14} = 18.15A \text{ corresponde al calibre N}^\circ 10TW\text{-AWG} \dots$$

$$S = 5.3mm^2$$

Longitud aproximada de los circuitos derivados según disposición de las máquinas:

CIRCUITO	1	2	3	4	5	6	7
LONGITUD(m)	6	5	6	6	5	6	7
COS $\theta$	0.73	0.80	0.66	0.62	1	0.8	0.92
I <sub>D</sub> (amp)	20.35	2.59	3.51	3.68	6.81	3.70	8.30

CIRCUITO	8	9	10	11	12	13	14
LONGITUD(m)	7	6	6	6	7	8	6
COS $\theta$	0.80	0.85	0.80	0.82	1.0	0.80	0.92
I <sub>D</sub> (amp)	19.28	16.6	17.18	9.14	21.05	12.58	18.15

### 3.4.3 Cálculo de la Caída de Tensión en cada Circuito

$$\Delta V = \sqrt{3} L ( R \cos\theta + X \operatorname{Sen}\theta ) I_D \text{ para conduct. } > 10\text{TW-AWG}$$

$$\Delta V = \sqrt{3} L R \cos\theta I_D \text{ para conduct. } < 10\text{TW-AWG y longitudes menores a 10mts}$$

X - Reactancia de la línea ( $\Omega/\text{Km}$ )

R - Resistencia de la línea ( $\Omega/\text{Km}$ )

Cos $\theta$  = Factor de potencia de la carga

L - Longitud del circuito en Km

$I_D$  - Corriente de diseño (corriente efectiva) en amperios

Nota: X y R ya están tabulados en tablas (ver anexo)

El valor X Sen $\theta$  para conductores menores al N° 10 AWG vamos a despreciar por ser X una cantidad mucho menor que R y al ser multiplicado por Sen $\theta$  disminuye aún más y siendo la longitud a considerar en todos estos circuitos derivados, menores a 10mts, no va a tener mayor influencia la eliminación del término X Sen $\theta$ .

Si el circuito es monofásico  $\sqrt{3}$  se reemplaza por 2 en la fórmula:

Reemplazando valores tenemos:

$$\begin{aligned} \Delta V_1 &= \sqrt{3} \times 6 \times 10^{-3} (\text{Km}) \times 3.489 (\Omega/\text{Km}) \times 0.73 \times 20.35\text{Amp} \\ &= 0.53\text{vol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta V_2 &= 2 \times 5 \times 10^{-3} (\text{Km}) \times 8.74 (\Omega/\text{Km}) \times 0.8 \times 2.59\text{Amp} \\ &= 0.18\text{vol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta V_3 &= 2 \times 6 \times 10^{-3} (\text{Km}) \times 8.74 (\Omega/\text{Km}) \times 0.66 \times 3.51\text{Amp} \\ &= 0.24\text{vol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta V_4 &= 2 \times 6 \times 10^{-3} \text{ (Km)} \times 8.74 \text{ (\Omega/Km)} \times 0.62 \times 3.68\text{Amp} \\ &= 0.23\text{vol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta V_5 &= 2 \times 5 \times 10^{-3} \text{ (Km)} \times 8.74 \text{ (\Omega/Km)} \times 1.0 \times 6.81\text{Amp} \\ &= 0.595\text{vol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta V_6 &= \sqrt{3} \times 6 \times 10^{-3} \text{ (Km)} \times 8.74 \text{ (\Omega/Km)} \times 0.8 \times 3.7\text{Amp} \\ &= 0.26\text{vol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta V_7 &= \sqrt{3} \times 7 \times 10^{-3} \text{ (Km)} \times 8.74 \text{ (\Omega/Km)} \times 0.8 \times 8.3\text{Amp} \\ &= 0.70\text{vol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta V_8 &= 3 \times 7 \times 10^{-3} \text{ (Km)} \times 3.48 \text{ (\Omega/Km)} \times 0.8 \times 19.28\text{Amp} \\ &= 0.65\text{vol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta V_9 &= \sqrt{3} \times 6 \times 10^{-3} \text{ (Km)} \times 5.49 \text{ (\Omega/Km)} \times 0.85 \times 16.6\text{Amp} \\ &= 0.80\text{vol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta V_{10} &= \sqrt{3} \times 6 \times 10^{-3} \text{ (Km)} \times 5.49 \text{ (\Omega/Km)} \times 0.80 \times 17.18\text{Amp} \\ &= 0.78\text{vol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta V_{11} &= \sqrt{3} \times 6 \times 10^{-3} \text{ (Km)} \times 5.49 \text{ (\Omega/Km)} \times 0.82 \times 9.14\text{Amp} \\ &= 0.42\text{vol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta V_{12} &= \sqrt{3} \times 6 \times 10^{-3} \text{ (Km)} \times 3.48 \text{ (\Omega/Km)} \times 1.0 \times 21.05\text{Amp} \\ &= 0.76\text{vol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta V_{13} &= \sqrt{3} \times 8 \times 10^{-3} \text{ (Km)} \times 5.49 \text{ (\Omega/Km)} \times 0.8 \times 12.58\text{Amp} \\ &= 0.76\text{vol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta V_{14} &= 2 \times 6 \times 10^{-3} \text{ (Km)} \times 3.48 \text{ (\Omega/Km)} \times 0.92 \times 18.15\text{Amp} \\ &= 0.69\text{vol}\end{aligned}$$

De los Cálculos de las demás secciones están tabulados en las tablas que siguen.

SECCION REFINERIA:

Máquina	Código del Circuito	Maxima Demanda Kw	Cosφ	In Amp	ID Amp	L (m)	ΔV Vol	Conductores TW		Tubo Φ" SAP-PVC
								AWG	mm <sup>2</sup> NC	
Calentador (2)		6.0	1	27.27	27.27	20	3.88	10	5.3	6 1 1/4
Calentador (2)		6.0	1	27.27	27.27	15	2.82	10	5.3	6 1 1/4
Bomba Dosificadora		0.200	0.68	1.33	1.66	20	0.24	14	2.1	2 1/2
Estractor N° 1		2.602	0.80	8.55	10.69	16	1.341	12	3.3	3 1/2
Estractor N° 2		2.602	0.80	8.55	10.69	12	1.931	12	3.3	3 1/2
Ventilador		0.877	0.65	3.54	4.42	14	1.066	14	3.3	3 1/2
Secadora		3.5	1	9.21	9.21	5	0.442	12	3.3	3 1/2
Estractor N° 3		2.602	0.80	8.55	10.69	10	0.82	12	3.3	3 1/2
Estractor N° 4		1.764	0.82	5.64	7.37	30	1.742	12	3.3	3 1/2
Tomacorrientes		1.00	0.82	5.54	5.54	20	0.79	14	4.2	2 1/2

SECCION LABORATORIO

Máquina	Código del Circuito	Maxima Demanda Kw	Cos0	In Amp	F.S.	ID Amp	L (m)	ΔV Vol	Conductores TW		Tubo PVE SAP. φ en	
									AWG	mm <sup>2</sup>		NC
Horno de Fundición N° 1		3.0	1.0	13.63	13.63	1.0	8	1.3	12	3.3	3	1/2
Calentador		1.50	1.0	6.81	6.81	1.0	10	1.18	14	2.1	2	1/2
Extractor N° 1		0.920	0.72	5.77	7.21	1.25	15	1.41	14	2.1	3	1/2
Extractor N° 2		1.785	0.76	6.18	7.72	1.25	15	1.210	14	2.1	3	1/2
Horno de Fundición N° 2		3.0	1.0	13.63	13.63	1.0	10	1.3	12	3.3	2	1/2
Equipo Ataque Químico N° 1		2.00	0.95	5.54	5.92	1.0	12	0.776	14	2.1	3	1/2
Tomacorrientes		0.500	0.80	2.34	2.84	1.0	10	0.385	14	2.1	2	1/2
Equipo Ataque Químico N° 2		2.00	0.92	5.54	6.92	1.0	12	0.776	14	2.1	3	1/2

SECCION RECUPERACION

Máquina	Código del Circuito	Maxima Demanda Kw	Cos0	In Amp	ID Amp	L (m)	V Vol	Conductores TW			φ Tubo SAP-PVC
								AWG	mm <sup>2</sup>	NC	
Secadora Centrífuga		3.88	0.9	10.29	12.76	4	0.34	12	3.3	3	φ 1/2
Extractor		1.875	0.82	10.37	12.99	4	0.32	12	3.3	3	1/2 Ø
Rectificadora N° 1		0.660	0.88	3.39	3.39	4	0.12	14	2.1	2	φ 1/2
Rectificadora N° 2		1.33	0.88	6.85	6.85	4	2.21	14	2.1	2	φ 1/2
Molino		1.875	0.85	5.80	7.25	4	0.18	12	3.3	3	φ 1/2
Bomba Filtrada		0.480	0.85	2.13	2.66	4	0.038	14	2.1	2	φ 1/2
Abrillantadora		1.200	0.80	6.81	8.22	4	0.12	12	3.1	2	φ 1/2
Lavadora		1.463	0.80	8.31	10.39	4	0.21	12	3.3	2	φ 1/2
Horno		0.200	0.80	1.136	1.13	4	0.062	14	3.3	2	φ 1/2

SECCION JOYERIA

Máquina	Código del Circuito	Potencia Eléctrica	Cos0	In Amp	ID Amp	L (m)	V Vol	Conductores			Tubo SAP $\phi_n$
								AWG	mm <sup>2</sup>	TW NC	
Lavadora Ultrasónica		3.00	0.8	17	17	3	0.452	10	3.3	2	3/4
Pulidoras A1		2.56	0.71	9.6	12	4	0.36	12	3.3	3	1/2
Pulidoras A2		2.567	0.71	9.6	12	4	0.36	12	3.3	3	1/2
Pulidoras A3		2.567	0.71	9.6	12	4	0.36	12	3.3	3	1/2
Secadora Centrífuga		3.97	0.9	12.27	15.33	5	0.918	12	3.3	3	1/2
Aspiradora 62-1		2.509	0.72	9.42	11.77	6	0.487	12	3.3	3	1/2
Aspiradora 62-2		2.509	0.72	9.42	11.77	6	0.487	12	3.3	3	1/2
Aspiradora 62-3		2.509	0.72	9.42	11.77	6	0.487	12	3.3	3	1/2
Ventilador, Iyectora, Picle, etc.		1.473	0.78	8.61	10.73	3	0.14	14	2.1	2	1/2
Mesa N° 1		1.50	0.62	10.9	13.75	3	0.16	14	2.1	2	1/2

SECCION PRODUCCION N° 1:

Máquina	Código del Circuito	Maxima Demanda Kw	Cos0	In Amp	F.S.	ID Amp	L (m)	ΔV Vol	Conductores TW		Tubo SAP $\phi_n$	
									AWG	mm <sup>2</sup>		
Esmeril		0.419	0.72	2.13	1.13	2.55	10	0.27	14	2.1	3	1/2
Laminadora de Alambre		8.633	0.82	27.7	1.4	34.63	14	0.95	6	13.3	3	1
Laminadora de Lámina		16.65	0.85	51.5	1.4	72.0	14	0.85	2	33.6	3	1 1/4
Laminadora de Lámina Alam.		8.974	0.85	27.78	1.4	34.6	14	0.97	6	13.3	3	1
Lavadora Ultrasónica		3.000	0.80	9.86	1.0	9.86	14	1.05	12	3.3	3	1/2
Prensa Oleodinámica		8.80	0.85	27.5	1.25	34.3	18	1.24	6	13.3	3	1
Horno Recosido 2		8.500	1.0	22.36	1.0	22.36	6	0.802	10	3.3	3	3/4
Horno Recosido 1		8.00	1.0	21.05	1.0	21.05	9	1.13	10	3.3	3	3/4
Campaña Decapadora		2.86	0.80	9.42	1.25	11.7	11	0.98	12	3.3	3	1/2
Trepiladora de 13 pasos		5.61	0.82	18.45	1.4	24.0	15	1.82	10	5.3	3	3/4
Trepiladora de 10 pasos		3.19	0.81	10.3	1.4	14.42	17	1.90	12	3.3	3	1/2
Trepiladora 5 pasos		1.96	0.78	6.3	1.4	8.88	10	0.60	12	3.3	3	1/2
Taladro		1.17	0.80	3.8	1.25	4.0	8	0.38	14	3.1	3	1/2
Prensa Excéntrica Neumá.		2.55	0.80	8.23	1.25	10.29	20	1.56	12	3.3	3	1/2

Máquina	Código del Circuito	Maxima Demanda Kw	Cosφ	In Amp	F.S.	ID Amp	L (m)	ΔV Vol	Conductores TW			Tubo PVC SAP φm
									AWG	mm <sup>2</sup>	NC	
Secadora Centrífuga		3.700	0.90	10.81	1.25	13.51	6	0.901	12	3.3	3	1/2
Laminadora mediana		8.20	0.82	26.3	1.4	36.8	12	1.14	6	3.4	3	1/2
Laminadora Chica		4.606	0.80	15.1	1.4	21.4	10	1.02	10	5.3	3	3/4
Prensa Excéntrica Eléctro.		2.55	0.80	8.23	1.25	10.2	20	1.56	12	3.3	3	1/2
Prensa Tohfl		10.86	0.85	33.7	1.25	42.14	18	1.53	6	13.3	3	1
Horno Secador		3.0	-1	7.89	1.0	7.89	10	1.19	14	3.1	3	1/2
Disociador N° 1		4.500	1.0	11.84	1.0	11.84	6	0.68	12	3.3	3	1/2
Disociador N° 2		4.200	1.0	11.05	1.0	11.05	9	0.02	12	3.3	3	1/2

Máquina	Código del Circuito	Potencia Eléctrica	Cosφ	In Amp	ID Amp	L (m)	ΔV Vol	Conductores			Tubo SAP φ <sub>m</sub>
								AWG	mm <sup>2</sup>	TW NC	
Argollas		4.83	0.88	14.4	18.0	5	0.77	10	5.2	3	3/4
Chanca Cadena		0.893	0.68	5.99	7.49	12	1.06	14	2.1	3	1/2
De cortas tubito		0.932	0.8	5.29	6.61	10	1.01	14	2.1	3	1/2
De Cadena Tipo 1		2.281	0.85	7.06	8.82	3	0.23	14	3.3	3	1/2
De Cadena Tipo 2		2.281	0.85	7.06	8.82	3	0.23	12	3.3	3	1/2
Trefiladora-1 Paso		0.379	0.72	2.37	2.96	8	0.25	14	2.1	3	1/2
Frigorífero		2.901	0.84	9.08	11.35	5	0.71	12	3.3	3	1/2
Torno Diamantar		1.704	0.85	5.26	6.27	8	0.40	12	3.3	3	1/2
Soldadora-Cadena		15.64	1.60	41.27	41.27	10	0.66	6	13.3	3	1
Secadora Chica		2.00	1.0	9.09	9.09	10	0.86	12	3.3	3	1/2
Vibradora		1.079	0.85	3.24	4.17	8	0.53	14	1.2	3	1/2
Soldadora Cadena		14.2	1.70	37.36	37.36	8	0.503	6	13.3	3	1
Diamantadora		1.511	0.85	4.67	5.84	5	0.316	12	3.3	2	1/2
Martilladora		2.65	0.82	8.17	10.23	10	0.80	12	3.3	2	1/2
Terma		2.50	1.0	11.36	11.36	10	1.09	12	3.3	2	1/2
Laminadora-Chica		1.547	0.82	4.96	6.02	8	0.59	1.4	2.1	3	1/2

SECCION MAESTRANZA

Máquina	Código del Circuito	Maxima Demanda Kw	Cos0	In Amp	ID Amp	L (m)	ΔV Vol	Conductores TW			φ Tubo SAP-PVC
								AWG	mm <sup>2</sup>	NC	
Cepillo		4.18	0.8	13.75		6	0.504	10	5.3	3	3/4
Taladro Vertical		1.47	0.92	7.26	9.07	6	0.43	14	2.1	3	1/2
Taladro Vertical		1.47	0.92	7.26	9.07	6	0.49	14	2.1	3	1/2
Cocina Eléctrica		1.5	1	6.81	6.81	5	0.474	14	2.1	2	1/2
Sierra Horizontal		1.346	0.92	6.11	8.31	7	0.58	14	2.1	2	1/2
Esmeril		0.441	0.62	2.94	3.68	5	0.18	14	2.1	2	1/2
Afiladora de Fresa		0.384	0.66	2.81	3.51	5	0.201	14	2.1	2	1/2
Fresadora		4.68	0.80	15.42	19.28	7	0.648	10	5.3	3	3/4
Horno de Recosino		8.00	1	21.05	21.05	7	0.83	10	5.3	3	3/4
Pantógrafo		0.365	0.8	2.07	2.59	5	0.17	14	2.1	3	1/2
Rectificadora		3.06	0.80	10.02	12.58	8	0.76	12	3.3	2	1/2
Torno Chico		2.28	0.82	7.3	9.14	6	0.42	12	3.3	3	1/2
Torno Grande		4.30	0.85	13.28	16.6	6	0.50	10	5.3	3	3/4
Electrocrosión		4.5	0.73	16.28	20.27	6	0.525	10	5.3	3	3/4
Prensa Excéntrica		0.82	0.80	2.6	3.7	6	0.34	14	2.1	3	1/2

### 3.5 Consideraciones para el Dimensionamiento de los Tubos, Cajas y Accesorios

Para todo el sistema eléctrico se ha seleccionado los tubos de material PVC de la serie pesada (SAP), pero en algunos casos se utilizó tubería de fierro galvanizado y tubería flexible galvanizado.

Para la selección del tubo de material PVC primaron las siguientes condiciones:

- a) El ambiente es altamente corrosivo lo cual nos obliga a efectuar tratamiento anticorrosivo a los tubos de fierro, incrementando el costo de la instalación y el tiempo de ejecución de la obra.
- b) Es una planta en constante cambio, por la aparición de nuevos procesos en la producción.
- c) Es fácil de maniobrar debido a su poco peso
- d) No es inflamable y no mantiene la humedad
- e) Bajo costo en relación al costo del galvanizado
- f) Se pueden separar y acoplar con facilidad
- g) Resistente a temperaturas ambientales
- h) No conductor de corriente eléctrica
- i) Menos accesorios para su instalación

La tubería metálica rígida.- Se utilizó en secciones especiales (fundición) para dar mayor seguridad, contra incendio y acciones mecánicas. Para el caso de tramos irregulares y conexiones de caja a la máquina se efectuó con tubería de fierro flexible, corrugado con el fin de obtener una mejor instalación y mayor y maniobrabilidad de las máquinas.

Selección de Cajas.- En la selección de las cajas se tuvo en cuenta directamente el diámetro de las tuberías los cuales nos relacionan en forma indirecta el N° de cables a colocar (de acuerdo a las normas del Código Eléctrico del Perú).

Todas son de fierro galvanizado serie pesada, pintadas con base anticorrosivo para proteger de la corrosión.

Para la ubicación de las cajas se tuvo en cuenta una máxima distancia de 15 mt. en tramos rectos y en cada derivación a efectuar.

**Accesorios.-** Los accesorios se seleccionaron de acuerdo a la necesidad de la instalación, según el lugar y forma de la conexión:

- a) **Abrazaderas.-** Estos accesorios cuyo fin es sujetar los tubos sobre una superficie o sobre un terminal, generalmente son metálicos galvanizados, siendo las más comunes las abrazaderas de una oreja y de dos orejas.
- b) **Conectores.-** Accesorios que son utilizados en los terminales del tubo. Es el puente entre la caja y el tubo, dando seguridad a la unión; generalmente se utiliza con el tubo flexible y puede ser curvos ó rectos. Las medidas están de acuerdo al  $\varnothing$  de la tubería.
- c) **Chupones.-** Utilizados en reemplaz de los conectores, son mas baratos y se fabrican del mismo tubo (solo es práctico para tubo PVC).
- d) **Terminales.-** Al igual que los conectores estos dan una mejor unión del cable, con mas presición y ajuste; evitándose falsos contactos y desprendimiento de su posición.

### 3.5.1 Diseño de las Cajas

En las instalaciones eléctricas las cajas vienen a ser un medio para la ejecución de los artificios que se tienen que efectuar con el fin de obtener resultados optimos con mayor seguridad y estética. Estos son instalados en cada salida, de interruptor, puntos de unión de cables y derivaciones de los circuitos. Se construyen en diferentes formas según la necesidad. Para el caso de instalaciones domésticas las dimensiones son estandarizadas.

Los materiales que se fabrican son fierro y plástico, según la necesidad.

Para el caso de selección de cajas del tipo standar, existen relaciones del volumen y los conductores:

$$S = \frac{n - r}{2}$$

$$V = k (S + r + d + b) \text{pulg}^3$$

AWG	K
14	2
10	2.5
8	3

S = Cantidad de conductores que pasan a través de la caja

r = Cantidad de conductores que se quedan en la caja

n = Suma total de conductores que convergen en la caja

V = Volumen de la caja

d = Dispositivos (accesorios)

Utilizado para fijar las luminarias y tubos en la caja

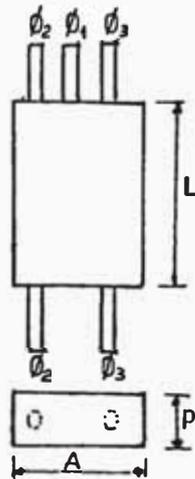
b = Accesorios de alumbrado que se utiliza en la caja

(tomacorrientes e interruptores)

K = Const. depende del calibre del conductor.

Determinando el volumen V en  $\text{pulg}^3$  se va a la tabla, el cual nos va a dar los valores de las dimensiones de la caja. Para el caso de cajas no standar el código eléctrico fija tamaños mínimos de las medidas en relación a los  $\phi$  del tubo:

A) Emplames o derivaciones rectas.- La dimensión de la caja no debe exceder de 8 veces el  $\phi$  nominal de la canalización mayor (longitud) y no menor de 2 veces el diámetro de la tuerca de sujeción del tubo a la caja (profundidad)



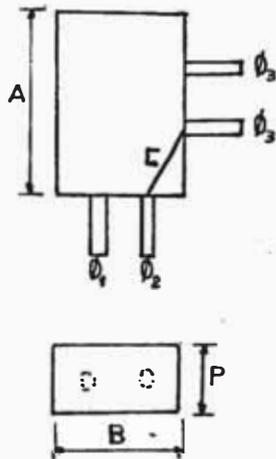
$$L \geq 8 \phi_1 \text{ (exterior) } \phi_1 > \phi_2 > \phi_3$$

$$A \geq 2 D_1 + D_2 + \frac{D_3}{2} + D_3 + \frac{D_2}{2}$$

$$P \geq 2 D_1$$

D = Diámetro de la Tuerca

B) Derivaciones o empalme en ángulo



$$A \geq 6 \phi_1 + \phi_2$$

$$A \geq 8 \phi_1$$

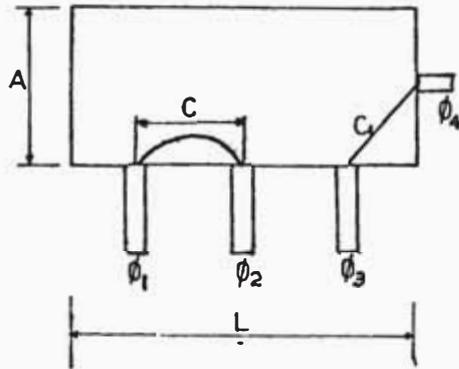
$$C \geq 6 \phi_3$$

$$B \geq 2 \phi_1 + 2\phi_3$$

$$\phi_1 > \phi_3 > \phi_2 \dots \phi_{\max} = \phi_1$$

$$P \geq 2 (\phi_{\max})$$

C) Derivaciones o empalmes en U



$$C \geq 6 \phi_2 \quad \phi_2 > \phi_1$$

$$C_1 \geq 6 \phi_4 \quad \phi_4 > \phi_3$$

$$p \geq 2 \phi_{T2}$$

$$A \geq 6 \phi_4$$

$$L \geq 6 \phi_2 + \phi_3 + \phi_1$$

Los espesores son generalmente  $\frac{1''}{32}$  y  $\frac{1''}{16}$  para nuestro

caso

$$e = \frac{1''}{16}$$

D) Especificaciones de la Caja:

- 1) Material que esta construido
- 2) Espesor o tipo (liviano o pesado)
- 3) Dimensión
- 4) Cantidad de semiperforaciones en los lados

3.5.2 Diseño de la Tubería.-

Condiciones:

- A) La suma de las áreas (con asilamiento) de todos los conductores que van dentro del tubo debe ser igual ó mayor al 40% del área útil (interno) de la tubería a usar.

40% A tubo = A (Conductores)

$$\text{Donde } A = \frac{\pi D_t^2}{4}$$

Reemplazando 2 en 1 tenemos:

$$D_T = \sqrt{\frac{Ac}{\pi 0.1}}$$

$D_t$  = Diámetro interno de la tubería útil

B) El diámetro de la tubería también se puede determinar suponiendo un calibre promedio de los conductores que pasan por él.

Ejemplo: Tubo con 3 conductores N°2, N°6 y N°8.

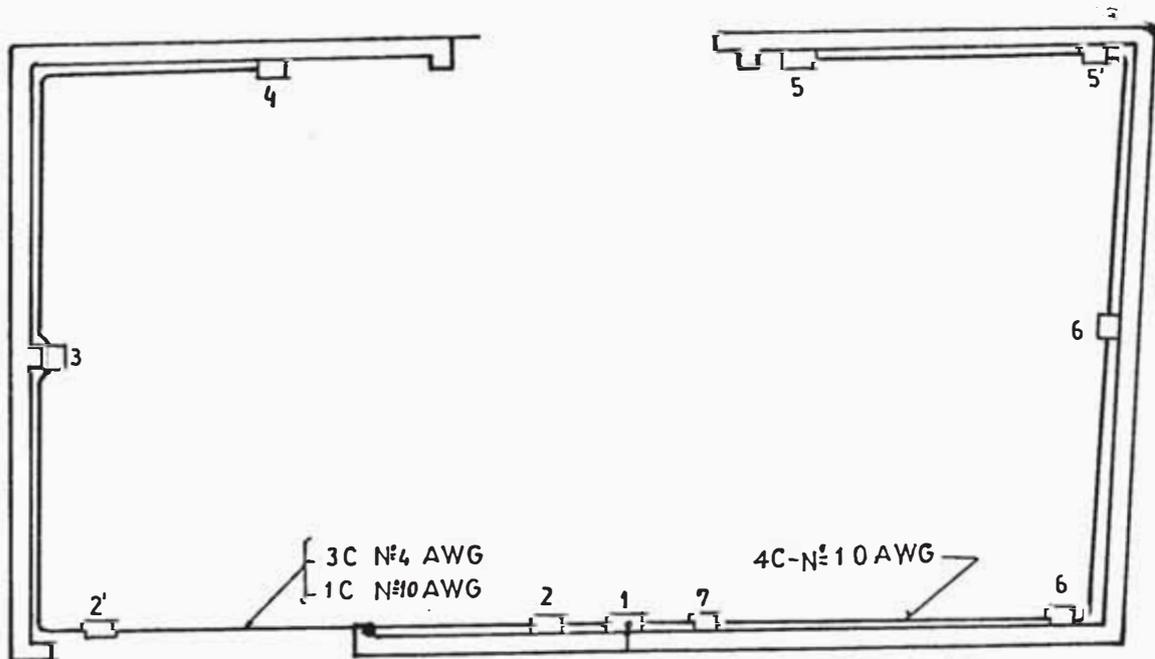
El tubo diseñado sería en base al calibre intermedio o sea el conductor N° 6 (3 conductores N° 6).

### 3.6 Dimensionamiento de los Tubos, Cajas y Accesorios.-

#### A.- Sección Maestranza

De acuerdo a la importancia de los elementos en la instalación, éstos serán seleccionados con valores standard ó diseñados de acuerdo a las especificaciones del código eléctrico del Perú.

#### 3.6.1 Dimensionamiento de los Tubos Principales: y cajas



A) La instalación de dicha sección está dividido en dos tramos principales:

Tramo N° 1: 1-2-3-4

Tramo N° 2: 1-7-6-5

3 conductor N° 4AWG

3 conductores N° 10AWG

1 conductor N° 10AWG

1 conductor N° 10AWG

B) Cálculo del área total (con aislamiento) de los conductores en cada tramo

$$\text{Tramo N° 1 : } 3 \times 64.65 + 1 \times 37.39 = 231.34 \text{mm}^2 = \text{Area}$$

$$\text{Tramo N° 2 : } 3 \times 16.18 + 1 \times 37.39 = 85.89 \text{mm}^2 = \text{Area}$$

C) Cálculo del diámetro interior del tubo a colocar ( $D_T$ )

$$D_T = \sqrt{\frac{A_c}{0.1 \times \pi}}$$

$A_c$  = Area total de los conductores

$D_T$  = Diámetro interno del tubo

$$D_{T1} = \sqrt{\frac{231.34}{0.1 \times \pi}} = 27.13 \text{ mm}$$

$$D_{T2} = \sqrt{\frac{85.93}{0.1 \times \pi}} = 16.53 \text{ mm}$$

Vamos a asumir los valores límites superiores de la tabla:  
(ver apéndice)

$$\phi_1 = 1 \frac{1}{4} \quad \text{y} \quad \phi_2 = \frac{3}{4}$$

Las derivaciones de las cajas hacia los tableros de distribución será:

3 conductores N° 8 TW

1 conductor N° 10 TW

Cálculo del área total de los conductores en el tramo

$$A_c = 3 \times 37.39 + 1 \times 22.18 = 134.35 \text{ mm}^2$$

Cálculo del diámetro interior del tubo ( $D_T$ )

$$D_T = \sqrt{\frac{128.35}{0.1 \times \pi}} = 20.67 \text{ mm} \rightarrow \text{Tabla} \rightarrow \phi \text{ 3/4}$$

### 3.6.2 Dimensionamiento de los tubos para los circuitos secundarios (del tablero de distribución a las máquinas)

En esta sección los calibres de los conductores para los circuitos secundarios están entre el N° 10 y N° 14TW-AWG.

Cálculo del área de los conductores (con aislante) N° 14, N° 12 y N° 10 para 4 conductores en el tubo.

- 1.- N° 14 AWG : 4 x 13.98 = 35.92 mm<sup>2</sup> = A<sub>c</sub>
- 2.- N° 12 AWG : 4 x 17.42 = 69.72 mm<sup>2</sup> = A<sub>c</sub>
- 3.- N° 10 AWG : 4 x 22.35 = 89.40 mm<sup>2</sup> = A<sub>c</sub>

Cálculo del diámetro de los tubos PVC-SAP

$$1.- D_{T1} = \sqrt{\frac{35.92}{\pi \times 0.1}} = 13.37 \text{ m} \rightarrow \text{Tabla} \rightarrow \phi_n = 1/2''$$

$$2.- D_{T2} = \sqrt{\frac{69.52}{\pi \times 0.1}} = 14.87 \text{ m} \rightarrow \text{Tabla} \rightarrow \phi_n = 1/2''$$

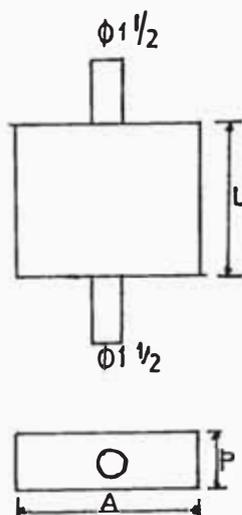
$$3.- D_{T3} = \sqrt{\frac{89.72}{\pi \times 0.1}} = 16.89 \text{ m} \rightarrow \text{Tabla} \rightarrow \phi_n = 3/4''$$

De los cálculos anteriores tenemos:

Nº Circuito	Nº Conductores	Tubo
Circuito Nº 1	3 con el Nº 10TW	PVC - SAP $\phi$ 3/4
Circuito Nº 2	2 con el Nº 14TW	PVC - SAP $\phi$ 1/2
Circuito Nº 3	2 con el Nº 14TW	PVC - SAP $\phi$ 1/2
Circuito Nº 4	2 con el Nº 14TW	PVC - SAP $\phi$ 1/2
Circuito Nº 5	2 con el Nº 14TW	PVC - SAP $\phi$ 1/2
Circuito Nº 6	3 con el Nº 14TW	PVC - SAP $\phi$ 1/2
Circuito Nº 7	2 con el Nº 14TW	PVC - SAP $\phi$ 1/2
Circuito Nº 8	3 con el Nº 10TW	PVC - SAP $\phi$ 3/4
Circuito Nº 9	3 con el Nº 10TW	PVC - SAP $\phi$ 3/4
Circuito Nº 10	3 con el Nº 10TW	PVC - SAP $\phi$ 3/4
Circuito Nº 11	3 con el Nº 12TW	PVC - SAP $\phi$ 1/2
Circuito Nº 12	3 con el Nº 10TW	PVC - SAP $\phi$ 3/4
Circuito Nº 13	3 con el Nº 12TW	PVC - SAP $\phi$ 1/2
Circuito Nº 14	3 con el Nº 10TW	PVC - SAP $\phi$ 3/4

3.6.3 Dimensionamiento de las Cajas Galvanizadas pesada:

Caja N° 1



$$L \geq 8 \times 1 \frac{1}{2} = 12''$$

$$p \geq 2 \times 1 \frac{1}{2} = 3''$$

$$A \geq 2 \times 1 \frac{1}{2} = 3''$$

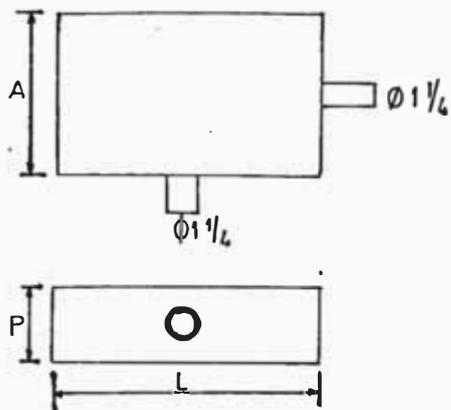
Asumimos:

$$L = 12''$$

$$p = 4''$$

$$A = 6''$$

Caja N° 2



$$L \geq 6 \times 1 \frac{1}{4} = 7 \frac{1}{2}$$

$$A \geq 6 \times 1 \frac{1}{4} = 7 \frac{1}{2}$$

$$p \geq 2 \times 1 \frac{1}{4} = 2 \frac{1}{2}$$

Asumimos

$$L = 8''$$

$$A = 8''$$

$$p = 4''$$

Caja N° 7

IDEM.

$$L \geq 6 \times 1 \frac{1}{4} = 7 \frac{1}{2}$$

$$A \geq 6 \times 1 \frac{1}{4} = 7 \frac{1}{2}$$

$$p \geq 2 \times 1 \frac{1}{4} = 2 \frac{1}{2}$$

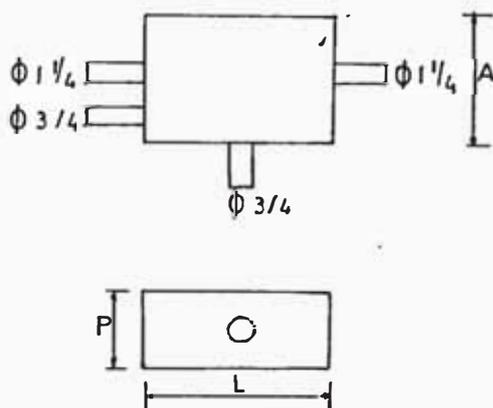
Asumimos

$$L = 8''$$

$$A = 8''$$

$$p = 4''$$

Caja N° 3:



$$L \geq 6 \times 1 \frac{1}{4} = 10$$

$$A \geq 6 \times 1 \frac{1}{4} + \frac{3}{4} = 8$$

$$p \geq 2 \times 1 \frac{1}{4} = 2 \frac{1}{4}$$

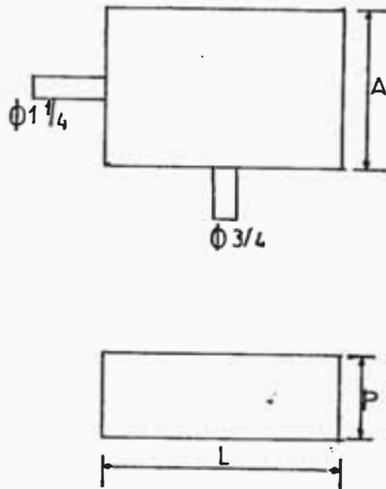
Asumimos:

$$L = 10''$$

$$A = 10''$$

$$p = 4''$$

Caja N° 4:

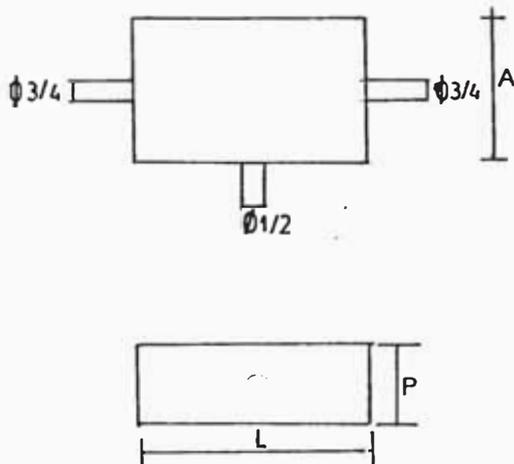


$$L \geq 6 \times 1 \frac{1}{4} = 7 \frac{1}{2}$$
$$A \geq 6 \times 1 \frac{1}{4} = 7 \frac{1}{2}$$
$$p \geq 2 \times 1 \frac{1}{4} = 2 \frac{1}{4}$$

Asumimos:

$$L = 10''$$
$$A = 10''$$
$$p = 4''$$

Caja N° 5:

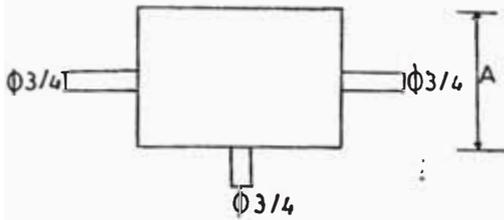


$$L \geq 8 \times 3/4 = 6''$$
$$A \geq 6 \times 3/4 = 4 \frac{1}{2}$$
$$p \geq 2 \times 3/4 = 1 \frac{1}{2}$$

Asumimos:

$$L = 6''$$
$$A = 6''$$
$$p = 3''$$

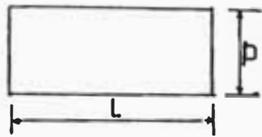
Caja N° 6:



$$L \geq 8 \times 3/4 = 6''$$

$$A \geq 6 \times 3/4 = 4 1/2$$

$$p \geq 2 \times 3/4 = 1 1/2$$



Asumimos:

$$L = 6''$$

$$A = 6''$$

$$p = 3''$$

Los accesorios para el acoplamiento entre el tubo y la caja será chupones de PVC fabricado del mismo tubo:

Caja Galvanizada pesada	Dimensiones en pulg	Espesor	Accesorios Chupones P V C	Cant.
N° 1	12 x 3 x 3	1/16	Ø 1 1/2 x 3	2
N° 2	8 x 8 x 4	1/16	Ø 1 1/4 x 2 1/2	2
N° 3	10 x 10 x 4	1/16	Ø 1 1/4 x 2 1/2	3
N° 4	10 x 10 x 4	1/16	Ø 1 1/4 x 2 1/2	3
N° 5	6 x 6 x 3	1/16	Ø 3/4 x 2 1/2	3
N° 6	6 x 6 x 3	1/16	Ø 3/4 x 2 1/2	3
N° 7	8 x 8 x 4	1/16	Ø 1 1/4 x 2 1/2	2

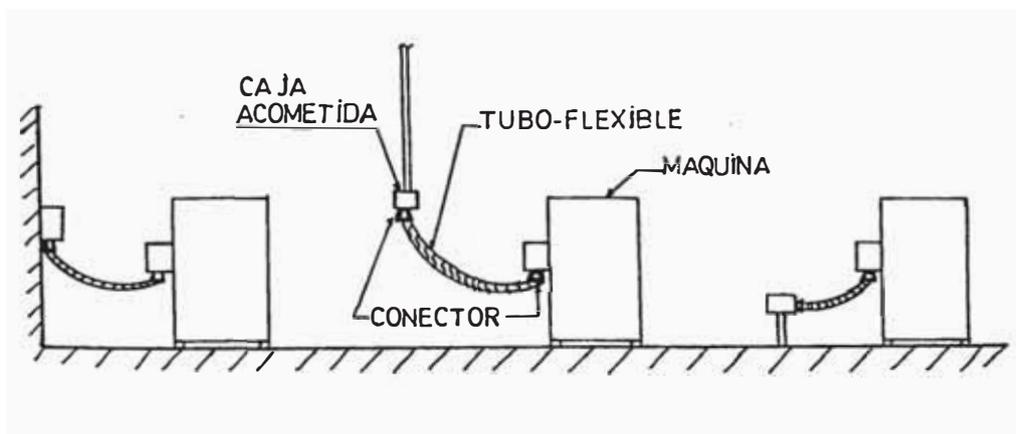
### 3.6.4 Selección de los accesorios para la instalación de la máquina desde la caja de acometida

La conexión de la caja de acometida a la máquina, se efectuará con tubo flexible galvanizado y conectores rectos y curvos. Este va facilitar a la máquina tener mayor grado de movimiento y mayor seguridad a la instalación; porque va absorber las vibraciones que produce la máquina y vibraciones externas a ellos.

Salida - Pared

Salida - Area

Salida - Piso



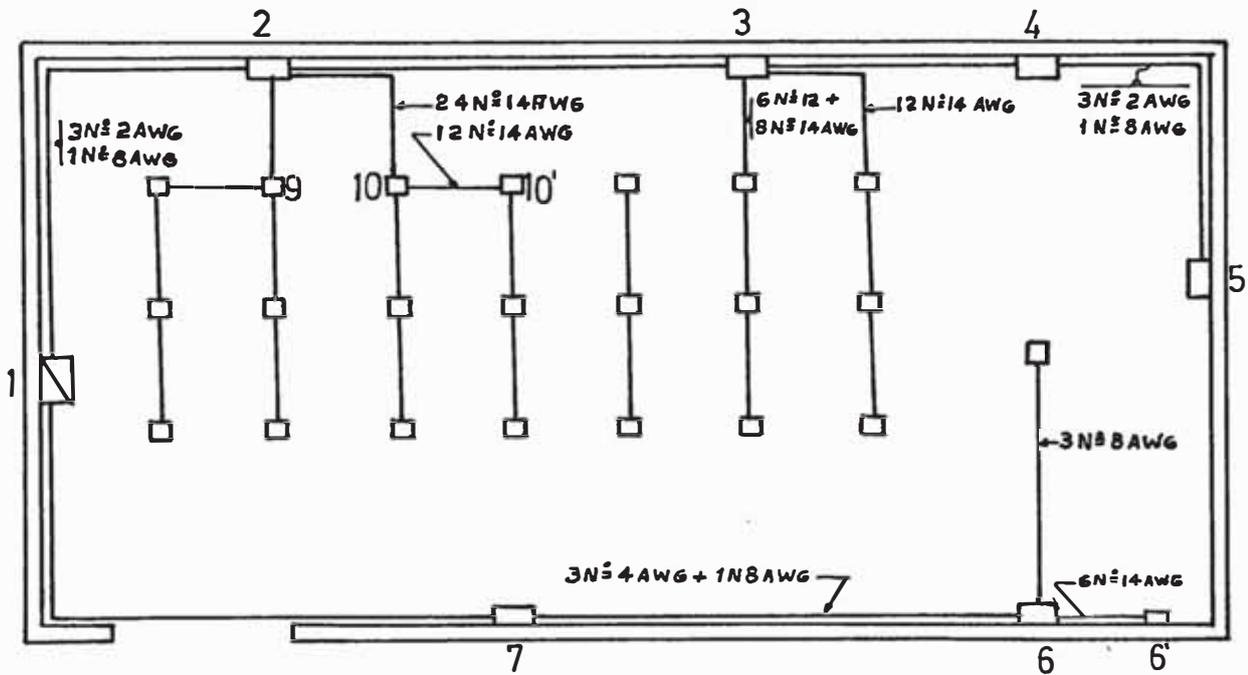
En los esquemas 1, 2 y 3 podemos ver que el tubo flexible y los conectores cumplen una función muy importante para la seguridad; y maniobrabilidad de la instalación. La salida de los acometida depende generalmente de la ubicación de la máquina, del movimiento a su alrededor y estética de la instalación.

Como puede observarse generalmente se utiliza dos conectores, uno recto y otro curvo; el diámetro de cada uno viene dado por el diámetro del tubo a utilizar.

B.- Sección Máquina 2

3.6.1 Dimensionamiento de los Tubos Principales

Diagrama de Ubicación



De acuerdo a las fórmulas especificadas tenemos:

N°	Tramo	N° Conductores por Tramo	Tubo PVC-SAP
1	1-2-3-4-5	3N°2 AWG + 1N°8 AWG	∅ 1 1/2
2	1-7-6	3N°2 AWG + + 1N°8 AWG	∅ 1 1/2
3	2-10	24N°14 AWG	∅ 1 1/2
4	10-10'	12N°14 AWG	∅ 1 1/4
5	3-11	6N°12 AWG + + 8N°14 AWG	∅ 1 1/4
6	6-6	6N°14 AWG	∅ 3/4

### 3.6.2 Dimensionamiento de los tubos para los circuitos Secundarios

Estos tubos están indicados en los cuadros de conductores de circuitos derivados

### 3.6.3 Dimensionamiento de las Cajas

Del esquema de ubicación:

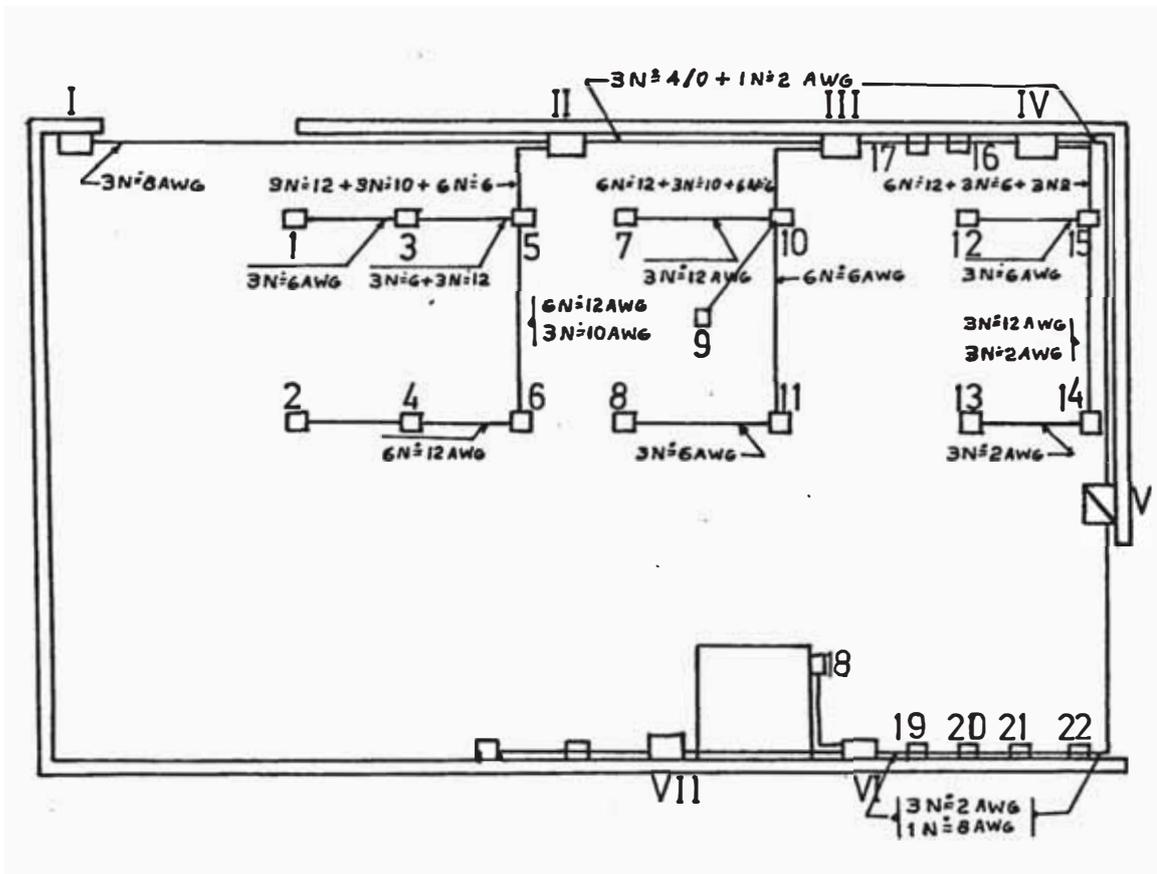
Cajas de Fierro Galvanizado				
N°	Dimensiones			Observaciones
	L	A	p	
1	16	10	1	
2	12	10	6	
3	12	10	6	
4	12	10	6	
5	12	10	6	
6	12	10	6	
7	12	10	6	
8	12	10	6	
9	8	6	4	
10	8	6	4	
11	8	6	4	
12	8	6	4	
13	6	6	4	

Las Cajas No Identificadas son de 6 x 6 x 4

C.- Sección Máquinas 1

3.6.1 Dimensionamiento de los Tubos Principales

Diagrama de Ubicación



Tramos a considerar en la instalación:

N°	Tramo	N° de Conductores AWG - MCM
1	I-II	3N°8 AWG
2	II-III-IV-V	3N°4/0 AWG + 1N°2AWG
3	V-VI-VII	3N°2AWG + 1N°8AWG
4	II-5	9N°12AWG + 3N°10AWG + 6N°6AWG
5	5-6-4	6N°12AWG + 3N°10AWG
6	4-5	3N°12AWG
7	5-3	3N°6AWG + 3N°12AWG
8	3-1	3N°6AWG
9	III-10	6N°6AWG + 4N°12AWG + 3N°10AWG + 3N°14AWG
10	10-11	6N°6AWG + 1N°10AWG
11	IV-15	3N°2AWG + 3N°6AWG + 1N°8AWG + 6N°12AWG
12	VI-19-20	6N°10AWG + 6N°12AWG + 1N°14AWG
13	15-14-13	3N°2AWG + 3N°12AWG
14	20-21-22	3N°10AWG + 3N°12AWG + 1N°14AWG

Los tramos cuyo N° de conductores es idéntico a los anteriores no se ha tomado en cuenta.

Para efectos de cálculo todos los conductores están con aislamiento THW

El área de los conductores con aislamiento, está tabulado en tablas (ver anexo)

El procedimiento de los cálculos es idéntico a lo procedido en el ejemplo anterior (sección maestranza)

Tramo N°	Tubo PVC - SAP
1	∅ 3/4
2	∅ 2 1/2
3	∅ 1 1/4
4	∅ 2

5	∅ 1
6	∅ 1/2
7	∅ 1 1/4
8	∅ 1
9	∅ 1 1/4
10	∅ 2
11	∅ 1 1/4
12	∅ 1 1/4
13	∅ 1

### 3.6.2 Dimensionamiento de los Tubos para los Circuitos Secundarios (hacia las máquinas)

Los conductores que se utilizarán son el N° 14, N° 12 y N° 10, por lo tanto vamos a dimensionar los tubos para estos calibres asumiendo líneas trifásicas para cada circuito

Tramo	N° Conductor AWG	Tubo PVC-SAP
1	4N° 14AWG	∅ 1/2
2	4N° 12AWG	∅ 1/2
3	4N° 10AWG	∅ 3/4

### 3.6.3 Dimensionamiento de las Cajas

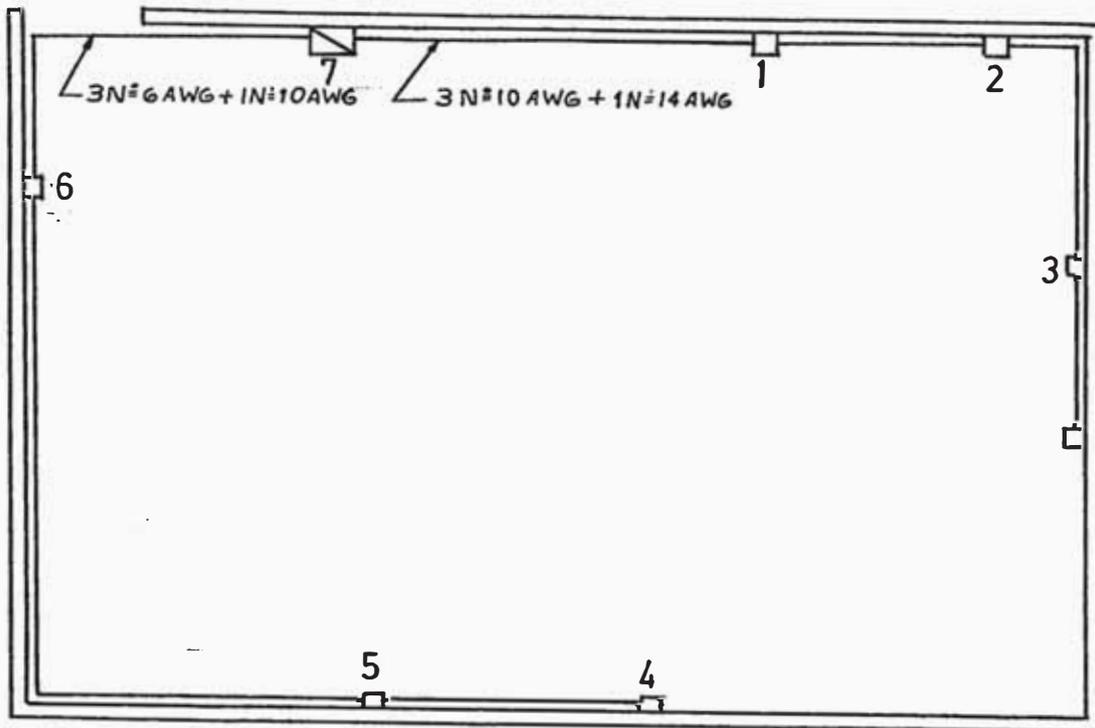
De acuerdo a los diámetros de los tubos de llegada se dimensionarán las cajas siguiendo los mismos procedimientos del ejemplo anterior (sección maestra).

Cajas de Fierro Galvanizado e = 1/16				
N°	Dimensiones			Observaciones
	L (Pulg)	A (Pulg)	p (Pulg)	
I	6	6	4	
II	20	8	6	
III	20	8	6	
IV	20	8	6	
V	20	8	6	
VI	12	6	4	
VII	12	6	4	
1	8	6	3	
2	4		2 1/4	Octogonal
3	10	6		
4	8	6		
5	16	8		
6	8	8		
7	4		2 1/4	Octogonal
8	8	6		
9	4		2 1/4	Octogonal
10	20	8	4	
11	10	6	4	
12	8	6	3	
13	8	6	3	
14	8	6	4	
15	20	8	4	
16	4		2 1/2	Octogonal
17	4		2 1/2	Octogonal
18	4		2 1/2	Octogonal
19	10	6	4	
20	10	6	4	
21	8	6	4	
22	8	6	4	
23	8	6	4	

D.- Sección Recuperación

3.3.1 Dimensionamiento de los Tubos Principales

Diagrama de Ubicación



De acuerdo a las consideraciones de diseño tenemos:

N°	Tramo	N°conductores	Tubo PVC-SAP
1	7-1-2-3	3N°6AWG + 1N°10AWG	0 1"
2	7-6-5-4	3N°10AWG + 1N°14AWG	0 3/4"

3.3.2 Dimensionamiento de los Tubos para los Circuitos Secundarios

Los tubos se encuentran dimensionados y tabulados en

las tablas de conductores para los circuitos derivados

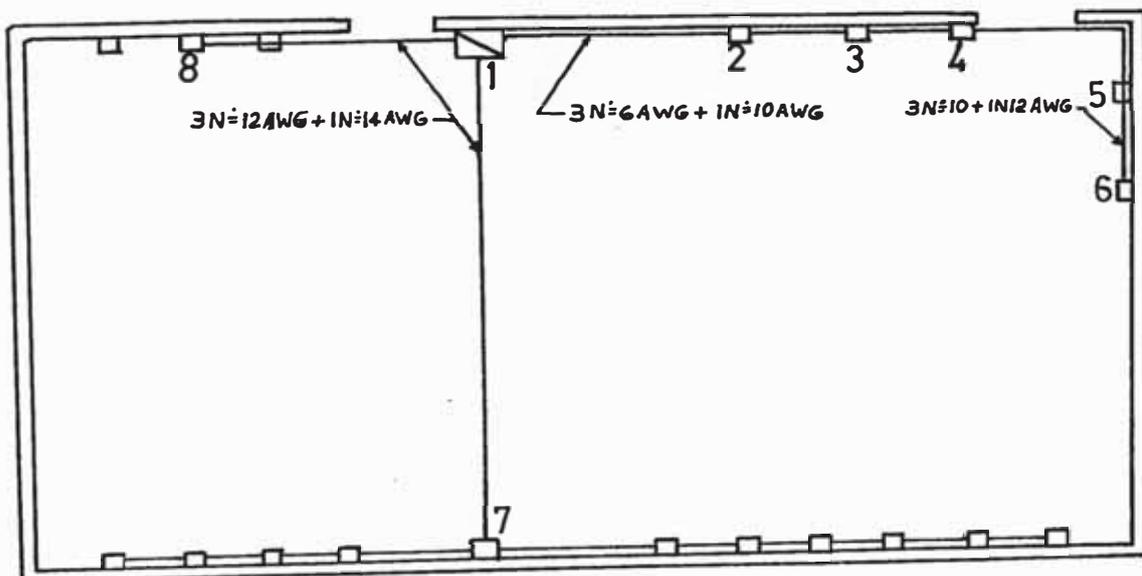
3.3.3 Dimensionamiento de las Cajas Fe.g.

N°	Dimensiones (Pulg)			Observación
	L	A	P	
1	8	6	4	
2	4	4	2 1/4	
3	4	4	2 1/4	
4	4	4	2 1/4	
5	8	6	4	
6	8	6	4	
7	12	8	4	

E.- Sección Joyería

3.3.1 Dimensionamiento de los Tubos Principales

Diagrama de Ubicación



De acuerdo a las consideraciones de diseño tenemos:

N°	Tramo	N° Conductores	Tubo PVC-SAP
1	1-7	3N°12AWG + 1N°14AWG	∅ 3/4
2	1-8	3N°12AWG + 1N°14AWG	∅ 3/4
3	1-6	3N°10AWG + 1N°12AWG	∅ 3/4
4	1-4	3N°6AWG + 1N°12AWG	∅ 1

### 3.3.2 Dimensionamiento de los Tubos para los Circuitos Derivados

Se encuentran tabulados en la tabla de conductores de circuitos derivados.

### 3.3.3 Dimensionamiento de las Cajas

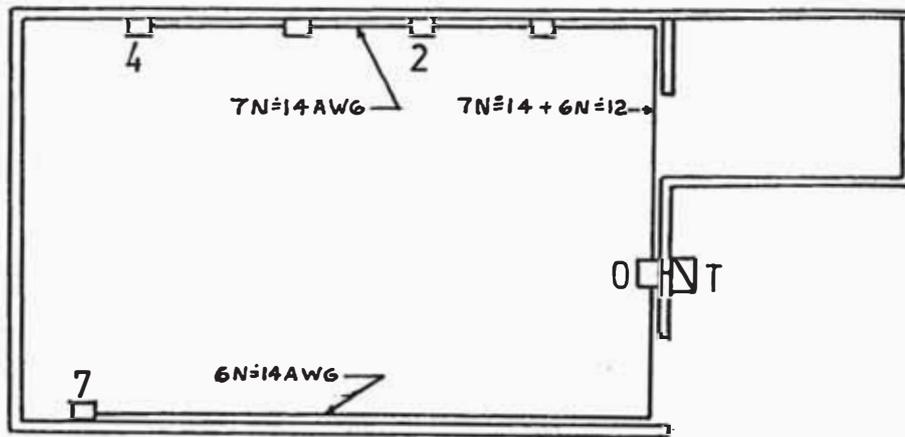
Dimensionados de la misma manera que en la sección Maestranza

Caja N°	Dimensiones			Observación
	L (pulg)	A (pulg)	P (pulg)	
1	20	12	8	
2		4	3	
3	10	6	4	
4	8	4	3	
5	4	4	2 1/4	
6	4	4	2 1/4	
7	6	4	2 1/4	
8	4	4	2 1/4	

F.- Sección Laboratorio

3.3.1 Dimensionamiento de los Tubos PRincipales

Diagrama de Ubicación



De acuerdo a las normas de diseño tenemos:

Nº	Tramo	Nº Conductores	Tubo PVC-SAP
1	2-0	6Nº 12AWG + 7Nº 14AWG	∅ 1"
2	2-4	7Nº 14AWG	∅ 3/4
3	7-0	6Nº 14AWG	∅ 3/4
4	0-T	13Nº 14AWG + 6Nº 12AWG	∅ 1 1/4

3.3.2 Dimensionamiento de los Tubos para los circuitos Derivados

Se encuentran tabulados en las tablas de conductores de circuitos derivados.

3.3.3 Dimensionamiento de las Cajas

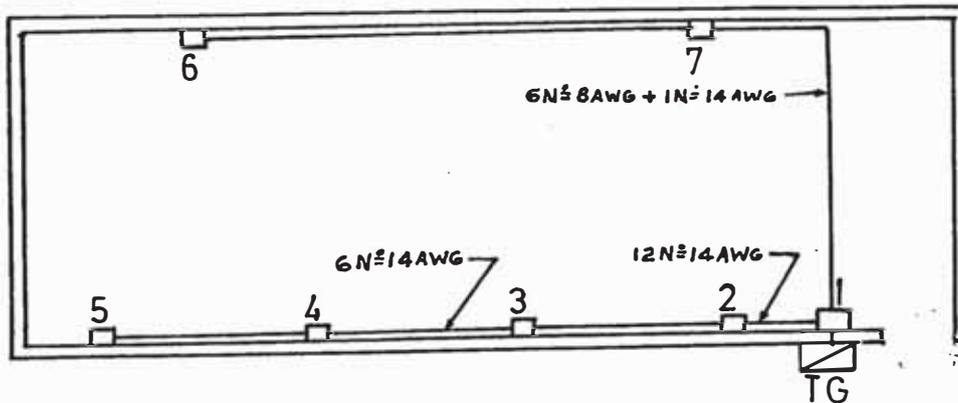
Se efectuaron siguiendo las pautas del ejemplo anterior (sección maestranza)

Caja N°	Dimensiones (pulg)			Observación
	L	A	P	
1	12	8	4	
2	8	6	3	
3	8	6	3	
4	6	4	2	
5	4	4	2 1/4	
6	8	6	3	

G.- Sección Refinería

3.3.1 Dimensionamiento de los Tubos Principales

Diagrama de Ubicación



De acuerdo a los cálculos efectuados tenemos:

N°	Tramo	N°Conductores	Tubo PVC-SAP
1	7 - 1	6N°8AWG + 1N°14AWG	∅ 1
2	5 - 4	6N°14AWG	∅ 3/4
3	3 - 1	12N°14AWG	∅ 1
4	1 - TG	19N°14AWG + 6N°8AWG	∅ 1 1/2

### 3.3.2 Dimensionamiento de los Tubos para los Circuitos Derivados

Se encuentran tabulados en la tabla de conductores de Circuitos Derivados

### 3.3.3 Dimensionamiento de las Cajas

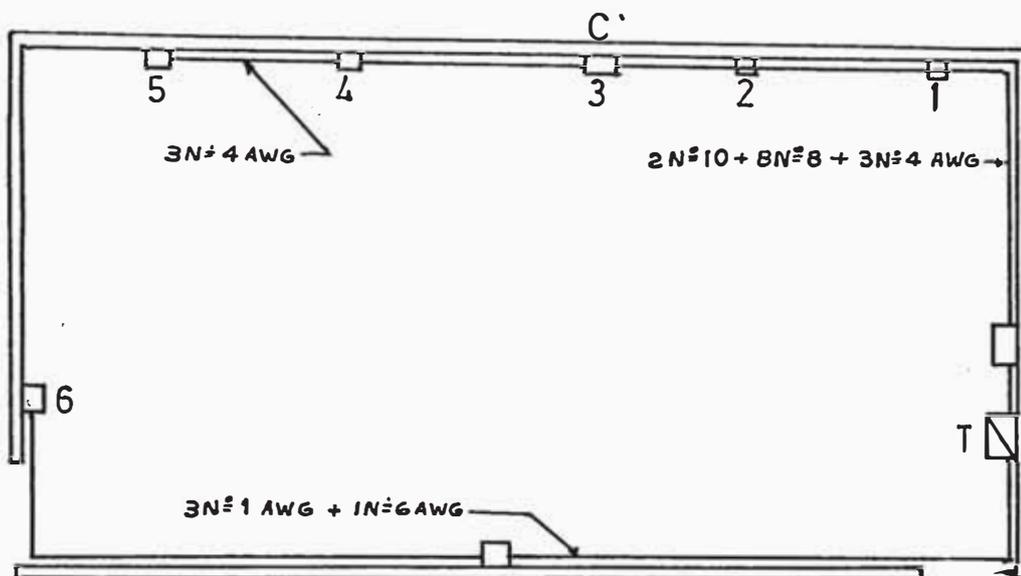
Se dimensionaron siguiendo los mismos pasos de los cálculos anteriores

Caja N°	Dimensiones (pulg)			Observación
	L	A	P	
1	12	8	4	
2	8	6	3	
3	8	4	3	
4	4	4	2 1/4	Cuadrado
5	4	4	2 1/4	Cuadrado
6	4	4	2 1/4	Cuadrado
	8	6	3	

### H.- Sección Fundición

#### 3.3.1 Dimensionamiento de los Tubos Principales

Diagrama de Ubicación



De acuerdo a los Cálculos efectuados tenemos:

N°	Tramo	N°conductores	Tubo PVC-SAP
1	C - T	2N°10AWG + 8N°8AWG + 3N°4AWG	∅ 2
2	C - 4	3N°8AWG + 1N°10AWG	∅ 1
3	C - 5	3N°4AWG + 1N°6AWG	∅ 1 1/4
4	T - 6	3N°1AWG + 1N°6AWG	∅ 1 1/2

3.3.2 Dimensionamiento de los Tubos para los Circuitos Derivados

Se encuentran tabulados en la tabla de conductores de circuitos derivados.

### 3.3.3 Dimensionamiento de las Cajas

Se dimensionaron siguiendo los mismo pasos de los cálculos anteriores

Caja N°	Dimensiones(pulg)			Observación
	L	A	P	
1	16	12	5	
2	12	8	4	
3	20	12	6	

## CAPITULO 4

### DISEÑO DE LA ILUMINACION INTERIOR DE LAS SECCIONES

Los trabajos que se realizan son de joyería, labores que requieren mucha agudeza visual, siendo la iluminación muy importante por el tipo de trabajo que se efectúan. En muchos casos es necesario la doble iluminación (la general y la localizada), pero para efectos de cálculos vamos a tener en cuenta solo la iluminación general.

#### 4.1 Diseño de la Iluminación de la Sección Fundición:

##### 4.1.1 Dimensiones del área a iluminar.-

Largo = 8.25 m

Ancho = 6.00 m

Altura = 4.00 m y 5 m

Area = S (m<sup>2</sup>)

$$S = 8.25 \times 6 = 49.5 \text{ m}^2$$

##### 4.1.2 Nivel de iluminación: 500 LUX

##### 4.1.3 Tipo de iluminación: General y Directa

Se utilizarán lámparas fluorescentes de 40 watts.

##### 4.1.4 Luminaria y Lámparas.- Las luminarias irán suspendidas del techo con cadena y en otros casos adozados al techo según sea la altura de montaje, y de acuerdo a los requerimientos de la iluminación en dicha zona.

Las lámparas tendrán las características siguientes:

- Luz Blanca Normal (luz del día)
- Arranque con pre-calentamiento.-
- Tipo de Luminaria: TL-40W (tipo industrial)

- Tipo de Lámpara: Tubular-Fluorescente de 40W-220Vol - 60 Hz
- Flujo Luminoso ( $\phi$ ): 2,800 Lúmenes por lámpara
- Factor de Potencia: Bajo (0.62)

4.1.5 Factores de Reflexión( $\rho$ ).- Los factores de reflexión varían según el color del techo y la pared, para nuestro caso el techo está pintado de blanco y la pared plomo. De las tablas de reflexión tenemos:

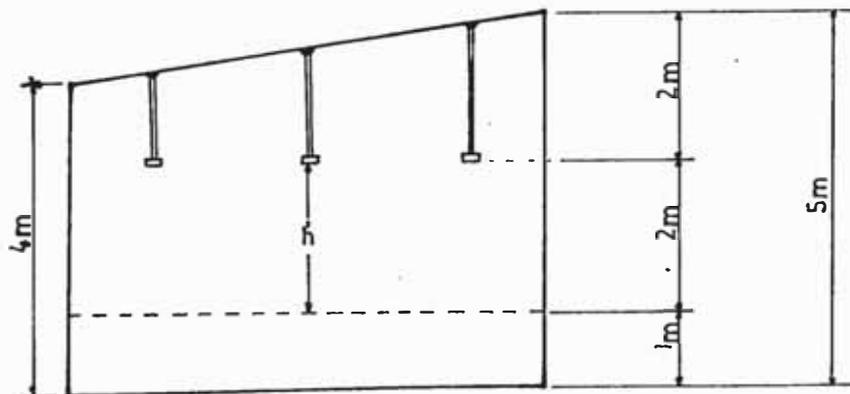
De la Tabla N° 1 (Apéndice)			
Lugar	Techo	Pared	Piso
Color	Blanco	Plomo	Rojiso
Reflexión	0.75	0.5	0.10

4.1.6 Selección del factor de utilización ( $f_u$ )

Este factor nos va a determinar el flujo útil inicial de la Iluminación en la zona:

$$f_u = \frac{\phi_u}{\phi_l} = \frac{\text{Flujo útil (total) inicial}}{\text{Flujo lámpara}}$$

a) Cálculo de la relación de cavidad del ambiente R.C.R.



$$R.C.R. = \frac{5h' (A + 1)}{A \times L} = \frac{5 \times 2 \times (6 + 8.25)}{6 \times 8.25} = 2.625$$

$h'$  = distancia de la luminaria a nivel de trabajo

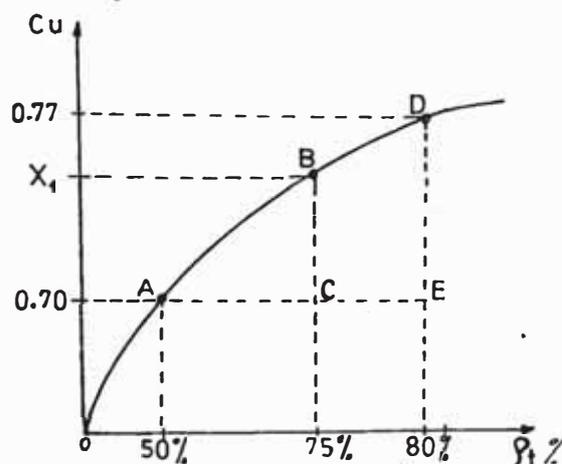
R.C.R. = 2.625.

Con este valor se va a la tabla y N° 2 y sino coincide se interpola

De la Tabla N° 2			
REFLECTANCIA			
TECHO	80%	75%	50%
PARED	50%	50%	50%
R.C.R.	COEFICIENTE DE UTILIZACION CU		
2	0.77	$X_1$	0.7
2.625		Cu=?	
3	0.68	$X_2$	0.61

Interpolando para 75% de reflexión en el techo entre RCR = 2 y RCR = 3

Como  $\rho_p$  es constante para todos vamos a interpretar teniendo en cuenta solo el  $\rho_t$



para RCR = 2

del  $\triangle ABC \approx ADE$

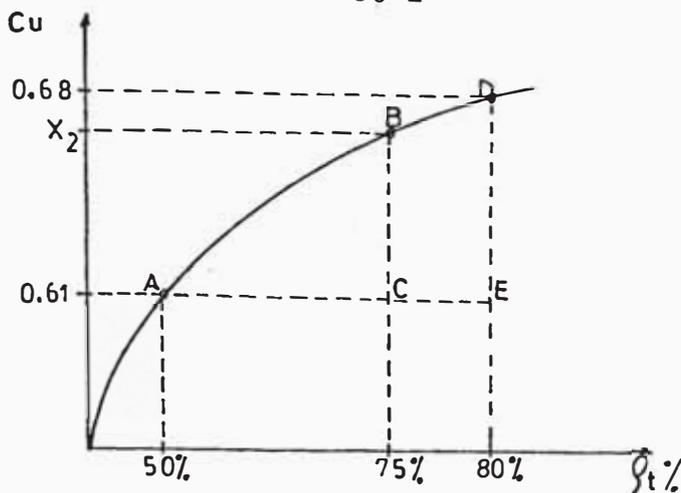
$$\frac{AC}{AE} = \frac{CB}{ED}$$

$$\frac{25}{30} = \frac{X - 0.7}{0.77 - 0.70}$$

$$X_1 = 0.7583$$

para R.C.R. = 3

el  $\triangle ABC \approx ADE$



$$\frac{AC}{AE} = \frac{CB}{ED}$$

$$\frac{25}{30} = \frac{X - 0.61}{0.68 - 0.61}$$

$$X_2 = 0.6683$$

Interpolación de R.C.R. = 2.625 con  $\rho_t = 75\%$  y  $\rho_p = 50\%$  para definir el Cu

R.C.R = 2.000

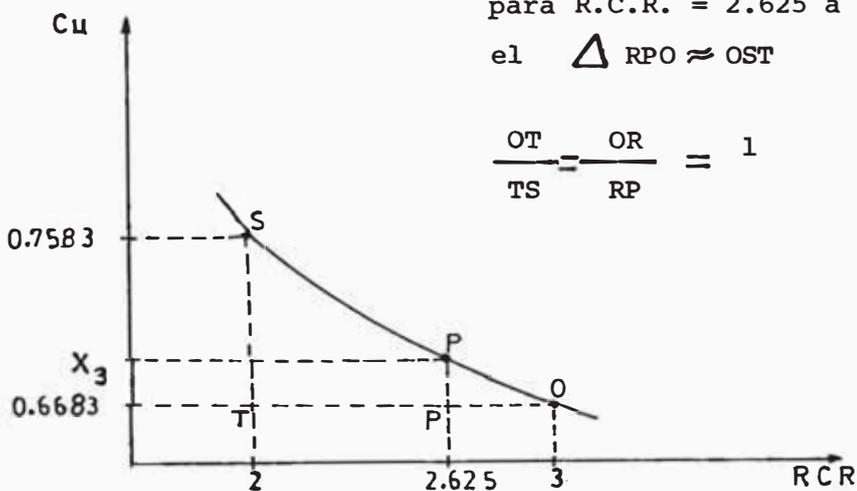
Cu =  $X_1$  = 0.7583

R.C.R = 3.000

Cu =  $X_2$  = 0.6683

R.C.R = 2.625

Cu =  $X_3$  = ?



para R.C.R. = 2.625 a 75% de  $\rho_t$   
el  $\triangle RPO \approx OST$

$$\frac{OT}{TS} = \frac{OR}{RP} = 1$$

Reemplazando valores en 1:

$$\frac{1}{0.7583 - 0.6683} = \frac{3 - 2.625}{X_3 - 0.6683}$$

$$X_3 = 0.70205$$

$\therefore$  Cu = 0.70205 Para:  $\rho_t = 75\%$  50% =  $\rho_p$

RCR = 2.625

4.1.7 Cálculo del Factor de Pérdida ( $F_p$ )

- a) Factor de pérdida por tensión (5%) \_\_\_\_\_ 90%
- b) Factor por pérdida por defecto en el balasto \_\_\_\_\_ 95%
- c) Factor por pérdida por paredes sucias \_\_\_\_\_ 90%
- d) Factor por pérdida por suciedad del ambiente \_\_\_\_\_ 96%
- e) Factor por pérdida por depreciación de la lámpara \_\_\_\_\_ 95%
- f) Factor por pérdida por suciedad en la luminaria \_\_\_\_\_ 85%

Valores tomados de manuales IES y Westinghouse

$$F_p = f_a \times f_b \times f_c \times f_d \times f_e \times f_f$$

$$F_p = 0.9 \times 0.95 \times 0.90 \times 0.96 \times 0.95 \times 0.85 = 0.5965$$

$$F_p = 0.5965$$

En el factor de pérdida está incluido el factor de mantenimiento y algunas otras pérdidas fortuítas. Los porcentajes que se estan tomando está de acuerdo a las condiciones de trabajo de la lámpara.

4.1.8 Cálculo del Número de Luminaria ( $N^{\circ} L$ )

$$N^{\circ} \text{ Luminaria} = \frac{E \times S}{(2 \times \phi_L) \text{ Cu} \times F_p}$$

Se usarán luminarias 2 x 40W por ser de mayor eficiencia luminosa y el costo es competitivo con otros equipos de igual eficiencia luminosa y la más adecuada para el tipo de trabajo

$$\phi_L = \text{Flujo de lámpara} = 2,800 \text{ Lúmenes}$$

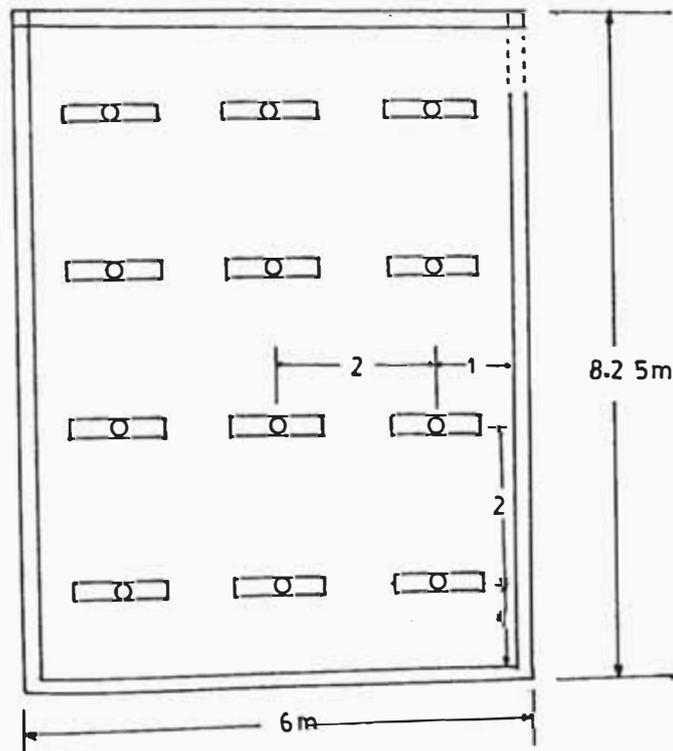
Reemplazando valores

$$N^{\circ} L = \frac{500 \text{ (lux)} \times 49.5 \text{ (m}^2\text{)}}{(2 \times 2800) L \times 0.70205 \times 0.5965} = 10.55$$

N<sup>o</sup> Luminaria = 12

Como el N<sup>o</sup> es decimal, se tomará el entero superior para tener una mejor distribución en el área rectangular a iluminar.

#### 4.1.9 Distribución de las Luminarias:



#### 4.1.10 Cálculo de la Iluminación Media (Em)

$$E_m = \frac{2 \phi_1 \times C_u \times F_p \times N^{\circ} L}{S}$$

$$E_m = \frac{2 \times 2,800 \times 0.7025 \times 0.5965 \times 12}{49.5} = \frac{28141.53}{49.5} = 5685 \text{ lux}$$

$$E_m = 568.50 \text{ (lux)}$$

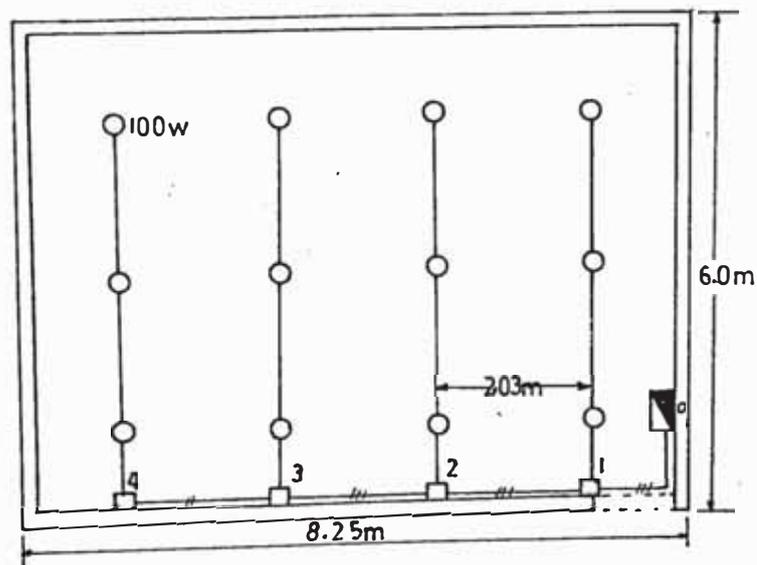
4.1.11 Cálculo de la Potencia a Suministrar:

- a) Consumo de la lámpara de 40 vatios  
Consumo por luminaria =  $2 \times 40 = 80$  vatios  
Consumo total =  $(P_l) \times N \sim \text{luminaria} = 12 \times 80 = 960$  vatios
- b) Potencia que consume el balasto de cada lámpara ( $P_b$ )  
= 9.5 watts  
Consumo por Luminaria =  $2 \times 9.5 = 19$  vatios  
Consumo total  $P_{tb} = 19 \times 12 = 228$  vatios
- c) Potencia total: Lámpara + balasto  
 $P_t = 960 + 228 = 1188$  vatios

El factor de potencia es aproximadamente de  $\cos\theta = 0.62$ , el cual será corregida con bancos de condensadores

4.2 Cálculo de los Conductores:

Esquema de Emplazamiento:



4.2.1 Cálculo del Conductor Principal:

A) Cálculo de la corriente.-

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}V \cos\theta} = \frac{1100 \text{ watt}}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.67 \text{ Vol}} = 4.32 \text{ amperios}$$

Por ser una línea de alimentación de iluminación que va a trabajar continua (15 horas) vamos a diseñar el conductor con una capacidad 25% más de lo nominal.

$$I_D = 1.25 I_n = 1.25 \times 4.32 = 5.4 \text{ amperio}$$

B) Elección del Conductor por Capacidad Térmica.-

De las tablas:

Para  $I = 5.4 \text{ A}$  Conductor N°14 Tw-Awg  
Sección:  $2.08 \text{ mm}^2$  sólido

C) Elección del Conductor por Caída de Tensión.-

$$\Delta V = \frac{3(\rho L) \times I_D}{A} = \frac{3 \times 0.01872 \times L \times 5.4}{2.08 \text{ mm}^2}$$

La longitud L del circuito se va a calcular de la siguiente manera:

a) Cálculo de la longitud media del circuito (L)

$$L = \frac{\sum_{i=1}^n L_i \times I_i}{I_j} \quad , \quad N = 4$$

$$L = \frac{3.0 \times 3A + 5.03 \times 2A + 7.06 \times 3A + 0.09 \times 3A}{11A}$$

$$L = \frac{9.0 \times A + 10.06A + 21.18A + 27.27}{11A} = 6.414$$

$$L = 6.4 \text{ mts}$$

Habiendo encontrado la longitud promedio del circuito vamos a calcular la caída de tensión reemplazando en la fórmula

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \times 0.01872 \times 6.4 \times 5.4}{2.08} = 0.53 \text{ voltios}$$

$$\Delta V = 0.53 \text{ voltios} \quad 1\% = 2.2 \text{ vol.}$$

De acuerdo a las normas establecidas por el código eléctrico, el conductor calibre N°14 TW-AWG cumple con los requisitos: Capacidad Térmica y Caida de Tensión

. . . el conductor a usar será  
alambre N° 14TW - AWG

Los demás circuitos derivados se va tomar el mismo calibre por considerarse el mínimo dentro de plantas industriales

El cálculo por caída de tensión se ha efectuado sin tener en cuenta la reactancia por considerarse una carga muy pequeña, cuya influencia no es predominante en la selección, para cargas mayores, sí está considerado la reactancia cuyos valores se encuentran tabulados en las tablas (ver anexos) para diferentes calibres, de acuerdo a la fórmula.

Para cargas simétricas tanto en su distribución física como en potencia la longitud media se tomó entre el punto de referencia y el centro entre la carga inicial y final.

El circuito de guardia es una línea totalmente independiente cuyo control se encuentra en la llave general protegido por un fusible en uno de las líneas.

El cálculo de la iluminación y los conductores de alimentación para las demás secciones, se encuentran tabuladas en los cuadros adjuntos.

ILUMINACION MEDIA Y POTENCIA DE CONSUMO DE LOS AMBIENTES

Nº	SECCION	L (m)	A (m)	ht (m)	hm (m)	$\rho_p$	$\rho_t$	$\rho_p'$	R.C.C.	Cu
1	Vigilancia	3.75	3.75	0.8	2.5	0.5	0.75	0.1	4.53	0.5498
2	Baño de Vigilancia	1.88	1.88	0.8	2.5			0.1	9.04	0.3248
3	Sala de Recepción	4.13	3.38	0.8	2.5	0.5	0.75	0.1	4.57	0.5467
4	Recepción	3.75	3.75	0.8	2.5	0.5	0.75	0.1	4.53	0.5498
5	Fundición	8.25	6.00	0.8	3.0	0.5	0.75	0.1	2.625	0.7020
6	Oficina Refinería	4.13	2.63	0.8	2.5	0.5	0.75	0.1	5.28	0.4993
7	Refinería	16.75	4.13	0.8	2.5	0.5	0.75	0.1	2.56	0.7079
8	Baño Refinería	1.88	1.88	1.8	2.5	0.5	0.75	0.1	9.44	0.3128
9	Oficina Laboratorio	3.53	1.88	0.8	2.50	0.5	0.75	0.1	6.92	0.4173
10	Laboratorio	7.50	4.23	0.8	2.5	0.5	0.75	0.1	3.14	0.6574
11	Zona de Recuperación	11.25	7.50	0.8	3.00	0.5	0.75	0.1	2.44	0.7187
12	Planta de Soldado	26.4	8.0	0.8	2.00	0.5	0.75	0.1	2.35	0.7268
13	Baño de Mujeres	8.25	3.13	1.4	0.5	0.5	0.75	0.1	3.08	0.6621
14	Baño de Hombres	8.25	3.13	1.4	2.5	0.5	0.75	0.1	3.08	0.6621
15	Area de Cómputo	2.65	2.15	0.8	2.00	0.5	0.75	0.1	5.05	0.5357
16	Oficina de Gerencia	2.65	2.15	0.80	2.00	0.5	0.75	0.1	5.08	0.5357

ILUMINACION MEDIA Y POTENCIA DE CONSUMO DE LOS AMBIENTES

N°	SECCION	L (m)	A (m)	ht (m)	hm (m)	$\rho_p$	$\rho_t$	$\rho_p'$	R.C.R.	Cu
17	Oficina - Secretarias	5.25	2.65	0.8	2.20	0.5	0.75	0.1	3.97	0.5933
18	Oficina Gerencia	3.38	2.65	0.8	2.20	0.5	0.75	0.1	4.71	0.5358
19	Of. Gerencia Operac.	3.75	2.63	0.8	2.20	0.5	0.75	0.1	4.60	0.5443
20	Centro de Cómputo	4.88	2.63	0.8	2.20	0.5	0.75	0.1	3.98	0.5932
21	Planta de Máquinas	20.63	15.35	1.00	2.5	0.5	0.75	0.1	0.95	0.865
22	Planta de Máquina I	26.25	12.75	1.00	2.50	0.5	0.75	0.1	0.87	0.865
23	Oficina RR. II.	5.25	3.00	0.80	2.20	0.5	0.75	0.1	3.66	0.6172
24	Baño RR. II.	2.63	0.75	1.40	2.20	0.5	0.75	0.1	6.85	0.4208
25	Oficina Compras	4.13	3.38	0.80	2.2	0.5	0.75	0.1	3.76	0.6095
26	Vestidor Hombres	5.25	3.00	1.40	2.2	0.5	0.75	0.1	3.66	0.6172
27	Vestidor Mujeres	9.75	2.15	1.40	2.2	0.5	0.75	0.1	2.27	0.7340
28	Talleres Maestranza	15.38	6.75	1.00	2.80	0.5	0.75	0.1	1.93	0.7657
29	Almacén Joyería	21.75	6.75	0.60	3.00	0.5	0.75	0.1	2.08	0.7511
30	Sección ANDAC 1	8	9.75	1.0	3.00	6.5	0.75	0.1	2.44	0.7187
31	Sección ANDAC 2	29.5	9.75	1.40	3.75	0.5	0.75	0.1	1.63	0.7977

ILUMINACION MEDIA Y POTENCIA DE CONSUMO DE LOS AMBIENTES

N°	SECCION	Cu	Fp	$\phi_L$ (Lumina)	Em (Lux)	N° Lámp. (Lum)	N° de (Lum.)	Em' (Lux)	P <sub>L</sub> (Lum. W)	PT (Kw)
1	Vigilancia	0.5498	0.600	2800	200	2	2	262.7	100	0.200
2	Baño de Vigilancia	0.3248	0.5965	2800	100	1	1	153.3	50	0.05
3	Sala de Recepción	0.5467	0.600	2800	200	2	2	263.1	100	0.200
4	Recepción	0.5498	0.600	2800	200	2	2	262.7	100	0.200
5	Fundición	0.7020	0.596	2800	350	2	12	376.4	100	1.200
6	Oficina Refinería	0.4993	0.600	2800	300	2	2	308.9	100	0.200
7	Refinería	0.7079	0.596	2800	350	2	10	341.53	100	1.00
8	Baño Refinería	0.3128	0.596	2800	100	1	1	147.6	50	0.05
9	Oficina LAB	0.4173	0.600	2800	400	2	2	422.8	100	0.200
10	Laboratorio	0.6574	0.600	2800	400	2	6	428.3	100	0.600
11	Zona de Recuperación	0.7187	0.596	2800	400	2	16	454.3	100	1.600
12	Planta de Soldado	0.7268	0.596	2800	600	2	54	620.2	100	5.400
13	Baño de Mujeres	0.6621	0.596	2800	100	1	3	128.1	50	0.150
14	Baño de Hombres	0.6621	0.596	2800	100	1	3	128.3	50	0.150
15	Area de Cómputo	0.5357	0.600	2800	300	2	1	317.4	100	0.100
16	Oficina de Gerencia	0.5357	0.600	2800	300	2	1	31.74	100	0.100

ILUMINACION MEDIA Y POTENCIA DE CONSUMO DE LOS AMBIENTES

N°	SECCION	Cu	Fp	$\phi_L$ (Lumina)	Em (Lux)	N° Lámp. (Lum)	N° de (Lum.)	Em' (Lux)	$P_L$ (Lum. W)	PT (Kw)
17	Oficina - Secretarias	0.5933	0.600	2800	300	2	3	406.6	100	0.30
18	Oficina Gerencia	0.5358	0.600	2800	300	2	2	399.3	100	0.200
19	Of. Gerencia Operac.	0.5443	0.600	2800	300	2	2	370.86	100	0.200
20	Centro de Cómputo	0.5932	0.600	2800	400	2	3	465	100	0.300
21	Planta de Máquinas	0.865	0.596	2800	600	2	64	582.3	100	6.400
22	Planta de Máquina 1	0.865	0.596	2800	600	2	70	603.8	100	7.000
23	Oficina RR. II.	0.6172	0.600	2800	300	2	3	392.5	100	0.300
24	Baño RR. II.	0.4208	0.596	2800	100	1	1	358.4	50	0.05
25	Oficina Compras	0.6095	0.600	2800	300	2	2	293.4	100	0.200
26	Vestidor Hombres	0.6172	0.596	2800	100	1	2	130.8	50	0.100
27	Vestidor Mujeres	0.7340	0.596	2800	100	1	3	165.2	50	0.150
28	Talleres Maestranza	0.7657	0.596	2800	500	2	21	516.9	100	2.100
29	Almacén Joyería	0.7511	0.596	2800	200	2	18	307.35	100	1.800
30	Sección ANDAC 1	0.7187	0.620	3100	200	Foco	10	177.09	160	1.600
31	Sección ANDAC 2	0.7977	0.596	2800	300	2	30	277.6	100	3.00

1.	L	=	Largo
2.	A	-	Ancho
3.	ht	-	Altura de Nivel de Trabajo
4.	hn	-	Altura de Montaje
5.	$\rho_p$	-	Coefficiente de Reflexión de la Pared
6.	$\rho_t$	=	Coefficiente de Reflexión del Techo
7.	$\rho_p'$	-	Coefficiente de Reflexión del Piso
8.	R.C.R.	-	Relación de Cavidad
9.	Cu	=	Coefficiente de Utilización
10.	Fp.	-	Factor de Pérdida
11.	$\phi_L$	-	Flujo de la Lámpara
12.	Em	-	Nivel de Iluminación
13.	N $\times$ L	-	Número de Lámparas
14.	Em'	=	Nivel de Iluminación Real Medio
15.	PL	-	Potencia de la Luminaria
16.	PT	-	Potencia Total

CALIBRE DE LOS CONDUCTORES DE ALIMENTACION

SECCION	CIRCUITO	POTENCIA (Kw)	COSØ	I <sub>n</sub> Amp	I <sub>D</sub> Amp	L mt	ΔV Vol	CONDUCTORES - TW		TUBO PVC-SAP Ø <sub>n</sub>	
								mm <sup>2</sup>	AWG N°		
Fundición	N° 1	1.20	0.62	5.9	7.35	8	0.95	2.1	N° 14	3	1/2
	N° 1	1.000	0.62	4.24	5.3	10	0.496	2.1	N° 14	3	1/2
	N° 1	0.600	0.62	4.39	5.49	8	0.77	2.1	N° 14	2	1/2
	N° 1	1.600	0.62	6.79	8.48	12	0.96	2.1	N° 14	3	1/2
Joyería	N° 1	5.400	0.62	22.92	28.65	15	1.004	8.4	N° 8	3	3/4
	N° 1-1	2.400	0.62	10.18	12.73	15	1.134	3.3	N° 12	3	1/2
	N° 1-2	600	0.62	4.39	5.49	15	0.76	2.1	N° 14	3	1/2
	N° 1-3	2.400	0.62	10.18	12.73	15	1.13	3.3	N° 12	3	3/4
Máquina N° 1	N° 1	6.400	0.62	27.16	33.95	12	0.93	8.4	N° 8	3	3/4
	N° 1-1	2.100	0.62	8.91	11.14	16	0.62	3.3	N° 12	3	1/2
	N° 1-2	2.100	0.62	8.91	11.14	16	0.62	3.3	N° 12	3	1/2
	N° 1-3	2.200	0.62	9.33	11.67	20	0.77	3.3	N° 12	3	1/2
Máquina N° 2	N° 1	7.000	0.62	29.71	37.13	35	1.116	13.3	N° 6	3	1
	N° 1-1	1.200	0.62	5.09	7.6	20	1.05	3.3	N° 12	2	1/2
	N° 1-2	2.000	0.62	8.48	10.61	20	0.73	3.3	N° 12	3	1/2
	N° 1-3	2.000	0.62	8.48	10.61	20	0.73	3.3	N° 12	3	1/2
	N° 1-4	1.800	0.62	7.6	9.55	20	0.73	3.3	N° 12	3	1/2

CALIBRE DE LOS CONDUCTORES DE ALIMENTACION

SECCION	CIRCUITO	POTENCIA (Kw)	COSØ	I <sub>n</sub> Amp	I <sub>D</sub> Amp	L mt	V Vol	CONDUCTORES - TW		TUBO PVC-SAP Øn	
								mm <sup>2</sup>	AWG N°		
Maestranza	N° 1	2.100	0.62	8.91	11.14	20	0.76	3.3	N° 12	3	1/2
Almacén	N° 1	1.800	0.62	7.64	9.55	35	1.97	3.3	N° 12	3	1/2
Comedor	N° 1	1.200	0.62	5.9	7.35	20		3.3	N° 12	3	1/2
Vigilancia	N° 1	700	0.62	5.13	6.41	5	0.483	2.1	N° 12	2	1
Oficina N° 1	N° 1	2.500	0.62	10.61	13.26	6	1.2	2.1	N° 14	3	1/2
Oficina N° 2	N° 1	1.800	0.62	7.64	9.55	6	0.824	2.1	N° 14	3	1/2

## CAPITULO 5

### DISEÑO DE LAS LINEAS DE DISTRIBUCION GENERAL

#### 5.1 Cálculo de los Alimentadores a Cada Sección

De acuerdo a la máxima demanda calculada, las longitudes del circuito y las condiciones del diseño tenemos:

$$a) \quad \Delta V = \sqrt{3} L (R \cos\theta + X \operatorname{Sen}\theta) I_d$$

donde: R = Resistencia del Circuito tabulada en tabla N°

X = Reactancia del Circuito tabulada en tabla N°

I<sub>d</sub> = Corriente de diseño

Cosθ = F.D.P

L = Longitud

b) La capacidad térmica del conductor es asumido de las tablas del C.E.P

$$\text{Para las máquinas } I_n = \frac{PE}{\cos\theta \sqrt{3} V}$$

Los tubos también serán dimensionados de acuerdo al N° de conductores que lleva y según las normas del CEP (40% del área útil para los conductores). VER TABLA ADJUNTA

Calibre de los Alimentadores DE LAS SECCIONES

Máx.

Sección	Circ.	Deman. KW	In	Id	L	ΔV	Conductor			Tubo PVC φn	Observ.	R	X
							AWG	mm <sup>2</sup>	NC				
Fundición	III	38.9	124.8	160	28	2.19	2/0	67.4	4	3 1/2	3/0 TW	0.269	0.1147
Refinería	II-1	18.1	59.1	74.4	6	0.58	4	21.15	4	1 1/4		0.849	0.317
Laboratorio	II-2	8.46	27.86	34.7	12	0.99	8	8.4	4	1		2.16	0.140
Recuperación	II-3	7.37	24.24	30.3	14	0.87	8	8.4	3	1		2.16	0.140
Máquinas 1	II-1	55.84	183.6	229.6	5	1.35	4/0	107.2	4	3		0.169	0.3397
Máquinas 2	II-2	37.50	123.3	154.1	10	0.72	2/0	67.4	3	2		0.269	0.1147
Joyería	II-4	25.2	82.8	103.4	4	0.29	2	33.63	3	1 1/2		0.549	0.126
Maestranza	II-3	17.45	57.42	71.7	12	1.2	2	33.63	4	1 1/2		0.545	0.126
Hornos	V	38.5	123.1	158.4	35	2.21	2/0	674.4	4	3		0.269	0.1147
Manuales													
Hornos	IV	210	581	727	19	1.45	500	254	7	5		0.071	0.1041
Temple													

Oficinas y Servicios:

Sección	Circ.	Deman. KW	In	Id	L	Conductor			Tubo φn	Observ.	R	X
						AWG	mm <sup>2</sup>	NC				
Oficinas 4	II-5	2	6.5	8.22	12	14	2.1	3	3/4		0.925	0.143
Almacén	I-7	6	19.7	24.6	25	10		3	3/4		1.47	0.41
Vigilan.	I-6	4	13.0	16.4	15	12		3	3/4		1.025	0.142
Oficina 2	II-4	9	29.6	37.0	5	8	8.4	3	3/4		2.16	0.140

Nota.- In, Id en amperios, X y R en Ω/km, V en voltios, L en metros.

5.2 Cálculo de la Líneas Principales

Para la distribución del Sistema Eléctrico se ha considerado la ubicación FÍSICA la potencia instalada y la confiabilidad del Sistema.

Para cubrir éstas condiciones se ha visto necesario la distribución de la carga en cinco líneas Principales, que llamaremos troncales, del cual se derivaron circuitos principales a las secciones.

5.2.1 Cálculo de la Línea, Troncal N° 1.- Compuesto por (7) circuitos, (4) de producción y (3) de servicios la máxima demanda de cada uno de ellos es como sigue:

Sección	Circ.	Deman. KW	Demanda Total KW
Refinería	I-1	18.1	FS = 0.6 MD = D x Fs MD = 71.13 x 0.6 MD = 42.69 KW
Laboratorio	I-2	8.46	
Recuperación	I-3	7.37	
Oficinas N°1	I-5	2	
Taller Comedor	I-7	6	
Almacén			
Vigilancia	I-6	4	
Joyería	I-4	25.2	
	Σ	71.13	

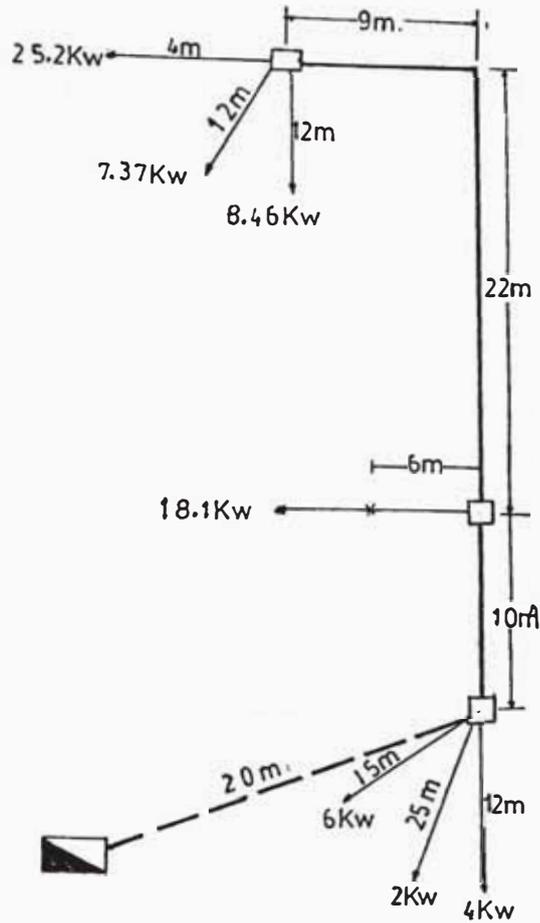
Fs = Asumido (de dato experimental)

Nota.- El factor de potencia se asumirá con un valor de 0.8, para todas las líneas principales.

Fs = Factor de Simultaneidad

Los conductores que van por el piso irán en ductos de PVC a 60 cm debajo del nivel del piso.

Esquema de Emplazamiento de la Troncal



A) Cálculo de la longitud equivalente del circuito (L)

$$L = \frac{\sum_{i=1}^n P_i L_i}{P_i}$$

P = Potencia en Kw en cada punto

L = Longitud desde el punto base a la carga (en metros)

$$L = \frac{(6 + 2 + 4) \times 20 + 18.1 \times 30 + (25.2 + 7.37 + 8.46) \times 51}{6 + 2 + 4 + 18.1 + 25.2 + 7.37 + 8.46}$$

$$L = \frac{2,875.50 \text{ Kw.m}}{71.13 \text{ Kw}}$$

L = 40.42 m

B) Cálculo de la Corriente de diseño (Id)

$$I_n = \frac{MD}{\sqrt{3} V \cos\theta} = \frac{42,690}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.8} = 140.42 \text{ Amperios}$$

$$I_d = 1.25 I_n = 140.42 \times 1.25 = 175.42 \text{ Amperios}$$

C) Cálculo del Conductor de la Troncal

a) Por Capacidad Térmica:

Temp: 30°C

Id = 175.5 tabla AWG-3/0 THW

Sección: S = 85.02mm<sup>2</sup>

b) Por Caída de Tensión AV

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

R y X son datos calculados y tabulados en las tablas ver anexos

$$\Delta V = \sqrt{3} \times 40m (0.213 \times 10^{-3} \frac{\Omega}{m} \times 0.8 + 0.1123 \times 0.6) 175.5 \text{ Amp}$$

$$\Delta V = 2.914 \text{ Voltios}$$

$$\% \Delta V = 1.32\%$$

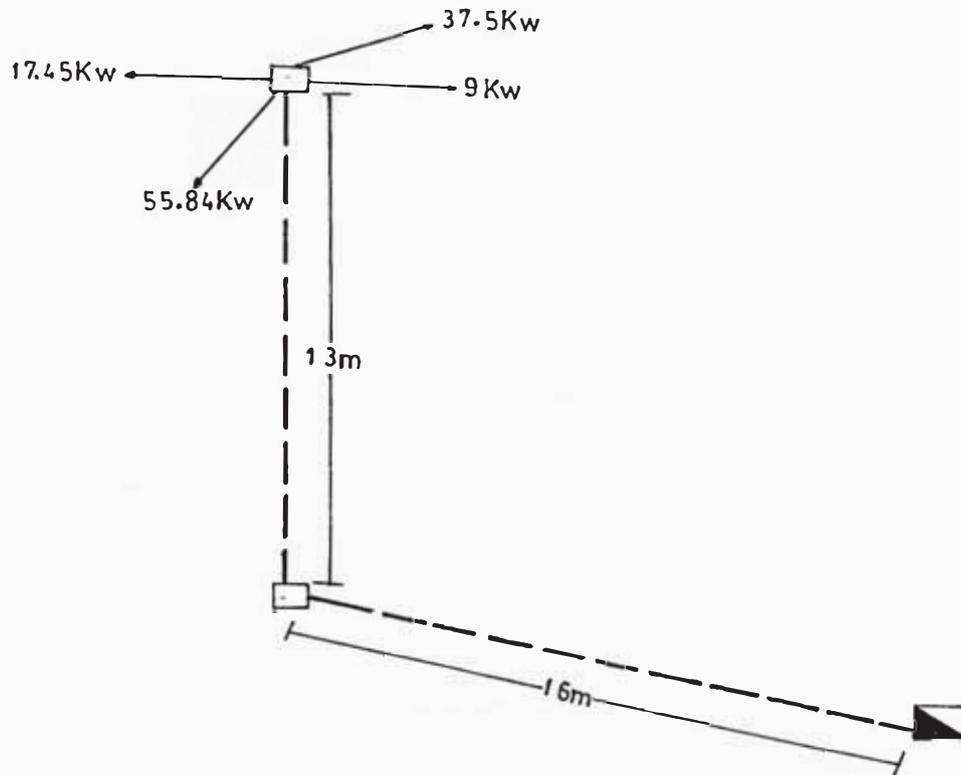
Alimentador: 3/0 AWG - THW

$$S = 85.02 \text{ mm}^2$$

5.2.2 Troncal N° II.- Compuesto por cuatro circuitos, tres de producción y uno de servicios (oficinas). La máxima demanda de cada circuito es como sigue:

N°	Sección	Circuito	Demanda	Demanda Total (KW)
			KW	
1	Máquinas 1	N° II-1	55.84	Fs = 0.6 MD = D x Fs MD = 119.79KW x 0.6 MD = 71.87KW
2	Máquinas 2	N° II-2	37.5	
3	Maestranza	N° II-3	17.45	
4	Oficina 2	N° II-4	9.0	
			119.79	

Esquema de Emplazamiento de la Troncal II



A) Cálculo de la Corriente de Diseño ( $I_d$ )

$$I_n = \frac{MD}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\theta} = \frac{71,870}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.8} = 236.41 \text{ Amp.}$$

$$I_d = 1.25 \times I_n = 1.25 \times 236.41 = 295.51 \text{ Amp.}$$

B) Cálculo del Conductor:

a) Capacidad Térmica

Temp: 30°C

$I_d = 295.51 \text{ Amp}$  Tabla  $\rightarrow$  350 MCM-AWG-THW

$S = 177.4 \text{ mm}^2$

$F_c = 1$

$F_c = \text{factor de corrección}$

b) Caída de Tensión

$$\Delta V = 3\%$$

$$\Delta V = \sqrt{3} L (R \cos \theta + X \operatorname{Sen} \theta) I_d$$

$$\Delta V = \sqrt{3} \times 29m(0.1024 \times 10^{-3} \times 0.8 + 0.1067 \times 0.6 \times 10^{-3}) \times 295.51 \text{Amp}$$

$$\Delta V = 2.16 \text{ Voltios}$$

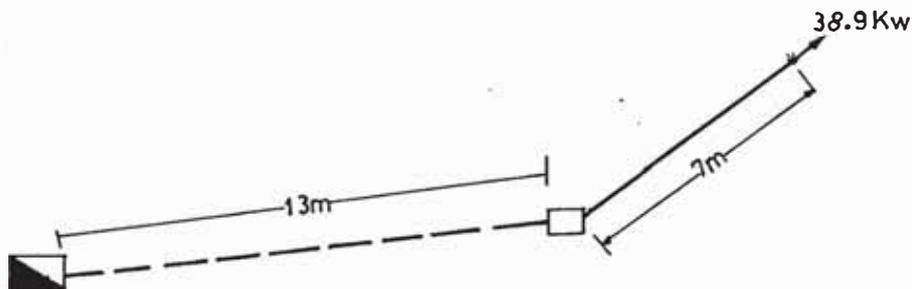
$$\% V = 0.983 \%$$

Alimentación: 350 MCM - AWG - THW

$$S = 177.4 \text{ mm}^2$$

5.2.3. Troncal N° III.- Troncal exclusiva para la sección Fundición, por ser una sección crítica que requiere una máxima confiabilidad en su Sistema Eléctrico.

Esquema de Emplazamiento



El cálculo del conductor se efectuó en el cuadro anterior (alimentadores de cada sección) y corresponde al calibre:

N° 2/0 AWG THW

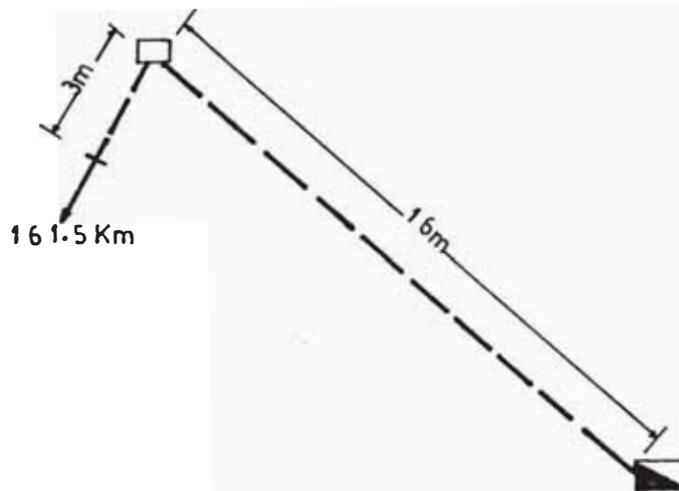
$$S = 67.4 \text{ mm}^2$$

El conductor a colocar es el 3/0 AWG - THW para prevenir incrementos de carga debido a la modernización de la planta que ya se ha proyectado en esta sección.

5.2.4 Troncal IV.- Troncal exclusiva para una máquina de temple automático de proceso continuo, cuya potencia es de 200Kw de los cuales 190 KW es carga resistiva y 20KW carga inductiva. El sistema mecánico empezará a funcionar cuando los hornos hayan llegado a su temperatura de trabajo, por lo tanto, la demanda de los KW resistivos bajará de tal manera, que parte de esa carga la tomará el sistema mecánico.

Para efectos de cálculo solo se tomará en cuenta la carga resistiva como máxima demanda en un 85% (161.5 Kw)

Esquema de Emplazamiento



A) Cálculo de la Corriente de Diseño ( $I_d$ )

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \cos\theta} = \frac{161,500}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.9} = 472.22 \text{ Amp}$$

$$I_d = 1 \times I_n = 1 \times 472.22 \text{ Amp} = 472.22 \text{ Amp}$$

B) Cálculo del Conductor

a) Por Capacidad Térmica.- Como el amperaje que circula por el circuito es alto vamos a considerar dos alternativas:

1.- Considerando una terma:

$$F_c = 1.0 \quad \text{temp} = 30^\circ\text{C} = 0.01818$$

$$I = 472.22 \text{ Amp} \quad \text{Tabla} \quad 1250 \text{ MCM} - \text{AWG}$$

2.- Considerando dos termas.- Para este caso la corriente por cada terma será la mitad (236.1) pero se incluirá un factor de corrección por agrupamiento de conductor el cual hará disminuir la capacidad del conductor:

$$F_c = 0.8 \quad \text{Temp} \quad 30^\circ\text{C}$$

$$I_d = 236 \text{ amp}$$

$$I_f = \frac{236}{0.8} = 295.0 \text{ Amp}$$

$I_f$  = corriente Ficticia

AWG	3 Conductor en tubo		Sección $\text{mm}^2$	6 Conductor en Tubo	
	TW	THW		TW	THW
500	320	380	254	256	304
600	355	420	304	284	336
700	385	460	380	308	368
1250	520	625	580	416	500

$$I_d = 295 \quad \text{tabla} \rightarrow 500 \text{ MCM} - \text{AWG} - \text{TW}$$

$$S = 254 \text{ mm}^2$$

De las dos alternativas escogemos la segunda debido a:

- 1) Mayor maniobrabilidad del conductor
  - 2) Mayor capacidad térmica  $\text{amp}/\text{mm}^2$
  - 3) menor caída de tensión por efectos de la reactancia
  - 4) Costo menor
- b) Por caída de tensión  $\Delta V \approx 3\%$

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

$$\Delta V = \sqrt{3} \times 19 (0.0717 \times 10^{-3} \times 0.8 + 0.1041 \times 10^{-3} \times 0.6) \times 236$$

$$\Delta V \approx 1.08 \text{ Vol}$$

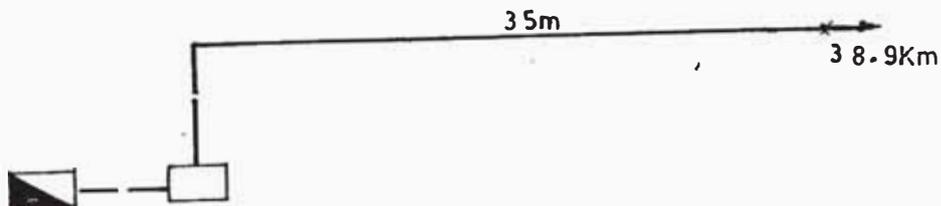
$$\Delta V \approx 0.49 \%$$

Alimentación dos ternas de 500MCM-AWG - THW

$$S = 254 \text{ mm}^2$$

5.2.5 Troncal N° V.- Línea exclusiva para la sección de hornos manuales de temple.

Diagrama de Emplazamiento



A) Cálculo de la corriente de diseño

$$I_n = \frac{P}{3 V \cos 0} = \frac{38,900}{3 \times 220 \times 0.8} = 127.96 \text{ Amp}$$
$$I_d = 1.25 I_n = 1.25 \times 127.96 = 159.95 \text{ Amp.}$$

B) Cálculo del Conductor

a) Por capacidad térmica Temp 30°C

$I_d$  159.9 amp  $\rightarrow$  tabla  $\rightarrow$  2/0 AWG - THW

b) Por caída de tensión  $\Delta V = 3\%$

$$\Delta V = L \sqrt{3} (R \cos 0 + X \sin 0) I_d$$

$$\Delta V = \sqrt{3} \times 35 (0.269 \times 10^{-3} \times 0.8 + 0.1147 \times 10^{-3} \times 0.6) 159.9$$

$$\Delta V = 2.74 \text{ Vol}$$

$$\Delta V = 1.2\%$$

Alimentación: 2/0 AWG - THW

5.2.6 Dimensionamiento de los Tubos (PVC-SAP)

A) Número de Conductores por Tubo

Troncal I : 3 cond N $\approx$  3/0 + N $\approx$  2 AWG - THW

Troncal II : 3 cond N $\approx$  350MCM + 1/0 AWG - THW

Troncal III: 3 cond N $\approx$  2/0 + N $\approx$  4 AWG - THW

Troncal IV : 6 cond N $\approx$  500 MCM + 3/0 AWG - THW

Troncal V : 3 cond N $\approx$  2/0 + N $\approx$  4 AWG - THW

B) Cálculo de la sección total de los conductores en cada troncal (A)

$$A_I = 3 \times 199.55 + 88.58 = 687.23 \text{ mm}^2$$

$$A_{II} = 3 \times 369.83 + 142.29 = 1,251.78 \text{ mm}^2$$

$$A_{III} = 3 \times 168.1 + 64.75 = 569.05 \text{ mm}^2$$

$$A_{IV} = 6 \times 493.23 + 199.55 = 3,158.93 \text{ mm}^2$$

$$A_V = 3 \times 168.1 + 64.75 = 569.05 \text{ mm}^2$$

$$A_{AT} = 687.23 + 1251.78 + 569.05 + 3158.93 + 569.05$$

$$= 6,236.04 \text{ mm}^2$$

C) Cálculo del Diámetro interno del tubo  $D_I$

$$D_{II} = \sqrt{\frac{1251.78}{\pi \cdot 0.1}} = 63.12 \text{ mm} \rightarrow \text{Tabla N}^\circ 4 \quad \phi_n = 3''$$

$$D_{III} = \sqrt{\frac{569.05}{\pi \cdot 0.1}} = 42.55 \text{ mm} \rightarrow \text{Tabla N}^\circ 4 \quad \phi_n = 2''$$

$$D_{IV} = \sqrt{\frac{3158.93}{\pi \cdot 0.1}} = 100.27 \text{ mm} \rightarrow \text{Tabla N}^\circ 4 \quad \phi_n = 5''$$

$$D_V = \sqrt{\frac{569.05}{\pi \cdot 0.1}} = 42.55 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Tabla N}^\circ 4 \quad \phi_n = 2''$$

$$D_{AT} = \sqrt{\frac{6236.04}{\pi \cdot 0.1}} = 140.88 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Tabla N}^\circ 4 \quad \phi_n = 6''$$

Para proyectar nuestra carga futura vamos a tomar:

Troncal	I	II	III	IV	V	AT
$\phi_n$ Tubo	3	4	3	5	3	Canal

Resumen:

Troncal	Dem. (Kw)	Id (Amp)	$\Omega$ / Km R	$\Omega$ / Km X	L (mts)	$\Delta V$ Vol	AWG MCM	$\text{mm}^2$ S	Tubo PVC $\phi$
T-I	42.69	175.52	0.213	0.1123	40.4	2.94	3/0	85.02	3"
T-II	71.87	295.51	0.1024	0.1067	29	2.94	350	177.4	4"
T-III	38.9	160	0.269	0.1147	6	0.58	32/0	67.4	3"
T-IV	161.5	554.6	0.0717	0.1041	19	1.08	500	254	5"
T-V	38.9	159.9	0.269	0.1147	35	2.74	2/0	67.4	3"

5.3 Cálculo de la Línea de Acometida al Tablero de Distribución Principal

A) Cálculo de la Demanda Total de la Planta.-

El factor de simultaneidad solo va ser aplicado a las troncales I, II, III, V, la troncal IV, se tomará como una carga constante, debido al tiempo que demoran los hornos en llegar a su temperatura de trabajo:

Troncal	Demanda KW	Conductor AWG	Observación
I	42.69	3/0 THW	$M_{D1} = 0.7 \times 192.36$ $M_{D1} = 134.65 \text{ KW}$ $M_D = 134.65 + 190$ $M_D = 324.65 \text{ KW}$
II	71.87	350 MCM	
III	38.9	2/0 THW	
V	38.9	2/0 THW	
	$\Sigma 192.36$		
IV	190	500 MCM	

El factor de simultaneidad  $F_s = 0.7$  asumido de acuerdo a valores reales tomado en la misma planta Resera de la carga para una posible sección de tubos: 40KW

$$M_D = 324.65 + 40 = 364.65 \text{ KW}$$

$$M_D = 365 \text{ KW}$$

B) Cálculo de la corriente de Diseño (Id)

$$I_n = \frac{365.000}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.8 \text{vol}} = 1,198 \text{ Amperios}$$

$$I_d = 1.25 I_n = 1.25 \times 1,198.76 = 1,498 \text{ amperios}$$

C) Selección del Conductor:

1) Por capacidad Térmica

Usaremos conductor tipo NYY de 1000 voltios.

De acuerdo a la corriente de diseño tenemos:

tres ternos de 600 MCM

2) Por capacidad de tensión

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

$$\Delta V = \sqrt{3} \times 10m (0.0717 \times 10^{-3} \times 0.8 \Omega/m + 0.1041 \times 10^{-3} \times 0.6) \Omega \times \frac{(1,498) \text{ amp}}{3}$$

$$\Delta V = 1,036 \text{ Vol}$$

Alimentación (3) ternos tipo NYY - 600 MCM

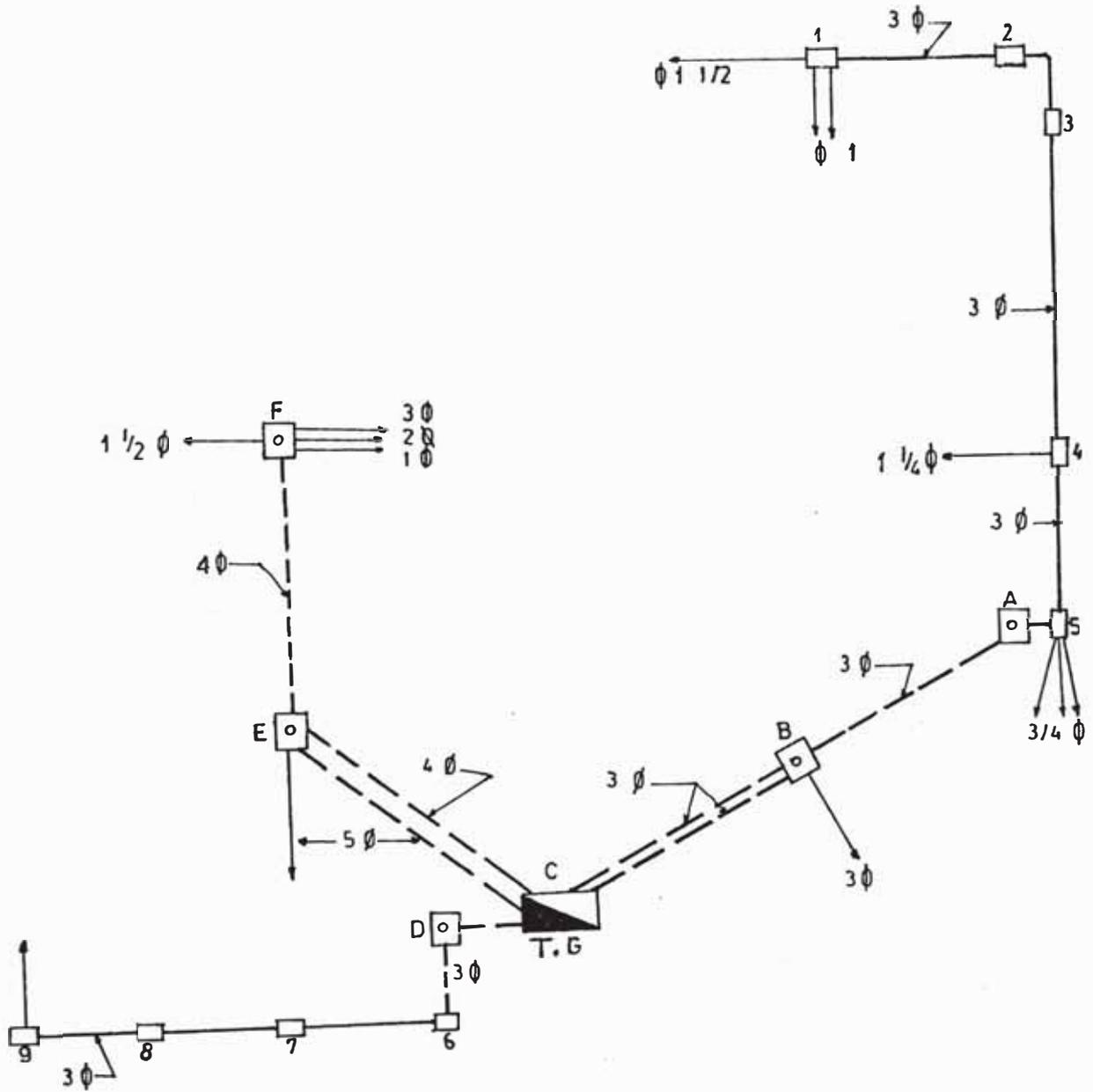
5.4 Dimensionamiento de los Buzones y Cajas.-

El dimensionamiento de las cajas se efectuará de acuerdo a las normas de C.E.P., al igual que los buzones.

Los buzones se dimensionarán teniendo en cuenta la maniobrabilidad del cable dentro de el.

Entre buzon y buzon existirá una pendiente del tubo de .5% con el fin de evitar posibles aniegos dentro del tubo.

Diagrama de Ubicación  
CAJAS Y BUZONES

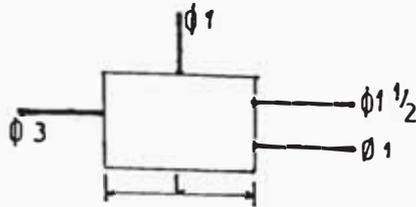


CAJAS: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9  
BUZONES: A, B, C, D, E y F

5.4.1 Dimensionamiento de las Cajas: (Pulg)

Material: Fierro galvanizado 1"/16 con tapa

Caja N° 1



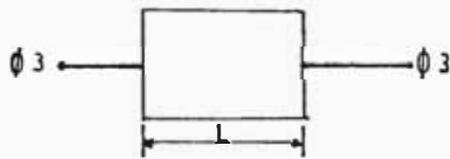
$$L \geq 8 \times 3 = 24''$$

$$A \geq 6 \times 3 = 18$$

$$p \geq 2 \times 3 = 6$$

$$L = 24, A = 18, p = 8$$

Caja N° 2



$$L \geq 8 \times 3 = 24$$

$$A \geq 2 \times 3 = 6$$

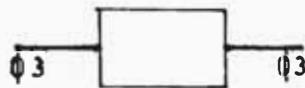
$$p \geq 2 \times 3 = 6$$

$$L = 24, A = 10, p = 8$$

Caja N° 3, N° 4, N° 5, N° 6, N° 7, N° 8, idem a N° 2

5.4.2 Dimensionamiento de los Buzones

Buzon A:



$$L \geq 8 \times 3 = 24$$

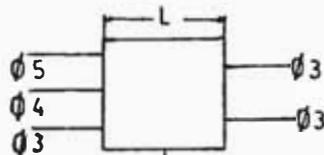
$$A \geq 6 \times 3 = 18$$

Asumimos: L = 26", A = 18", p = 26

Dimensiones internas

Buzon A, Buzon B, Buzon D idem

Buzon C:

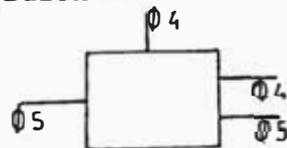


$$L \geq 8 \times 5 = 40$$

$$A \geq 6 \times 5 = 30$$

$$L = 48, A = 32, p = 26$$

Buzon E:



$$A \geq 6 \times 5 = 30$$

$$L \geq 6 \times 5 + 5 = 35$$

$$L \geq 35, A = 30, p = 26$$

Buzon F:

IDEN a E

5.5 Accesorios de fijación de tubos y cajas.-

Los tubos visibles se fijarán con abrazadera de dos orejas colocadas uno en cada extremo de las cajas y luego cada dos metros.

Para evitar que el cable se arañe se colocarán chupones de PVC en los extremos.

Las cajas serán fijadas con cuatro autorroscantes, estos se apoyarán en tarugos de plástico.

Los buzones se construirán de concreto armados con tapa hermética del mismo material y colocado al nivel del piso.

## 5.6 Determinación de la Protección de la Carga

La protección de los circuitos eléctricos, se efectúan para descentralizar las averías mediante dispositivos eléctricos, seleccionados de acuerdo a la carga que va a proteger teniendo en cuenta la sensibilidad y el tiempo de reacción ante un cambio del valor de la variable a controlar (corriente).

Los tipos de protección que se van a utilizar dentro de la instalación tenemos:

- Protección contra sobre carga
- Protección contra corto-circuito
- Protección contra sub-tensión (solo para disyuntor-principal)

Cargas Resistivas.- Las cargas resistivas que generalmente son hornos de fundición y de tratamientos térmicos, están protegidos con llaves seccionador fusible, dimensionados a 125% de la corriente nominal de la carga. Estas cargas solo tendrán protección contra corto circuito. Los tipos de fusibles utilizados son del tipo ticino tapón o cuchilla NH.

Cargas Inductivas.- Conforman todas las demás máquinas, los cuales son accionados por motores AC y DC. Según el trabajo que realizan, las protecciones a considerarse son, contra sobre carga y corto circuito.

Protección contra sobre carga.- Se efectuará mediante relé térmico colocado en el contactor, regulado al 1.15% del valor nominal de la corriente.

Los relés utilizados son AGUT y telemecanique del tipo diferencial compensados, que actúan a partir de valores comprendidos entre 105% y 120% de la intensidad de reglaje.

Protección contra corto circuito.- Esta protección es a base de fusibles de tipo NH y tapón dimensionados de acuerdo a los valores de corriente de la carga según el CEP.

Protección de los circuitos principales.- Estas líneas alimentan a las secciones (fuerza y alumbrado) y están protegidos con interruptores fusibles que actúan bajo carga (marca STROMBERG).

Los fusibles están sobredimensionados en 50% y son del tipo OFAA ó NH con alta capacidad de ruptura.

Protección de los circuitos derivados.- La protección de las cargas son determinados en base a corto circuito y capacidad térmica, regulados de acuerdo al valor nominal. Existe una fórmula empírica que nos liga el diámetro del hilo fusible con la corriente de fusión:

$$I_f = Kd^{3/2}$$

$I_f$  = Corriente de fusión en amperios

$K$  = Const. del material

$d$  = Diámetro del conducto fusible mm

Material	K
Cobre	80
Fierro	25
Aluminio	60
Plomo	11
Plata	40

### 5.7 Consideraciones para el cálculo de la corriente de corto circuito

Los elementos de protección operan para aislar las partes que presentan fallas dentro de un circuito. Estos elementos (fusibles e interruptores) deben seleccionarse para soportar e interrumpir corrientes de falla (de corto circuito).

La corriente de falla es limitado por las impedancias de los equipos y redes del sistema, desde la fuente de energía eléctrica hasta el punto donde se produce la falla.

5.7.1 Fuentes de suministro de la corriente de C.C.- La fuente de suministro de la corriente de corto circuito son las máquinas rotativas sincrónicas y de inducción los cuales operan como generadores, motores y condensadores sincrónicos.

Generadores.- Estas máquinas suministran la corriente de C.C. variable en el tiempo debido al cambio de su reactancia por efecto del flujo de las corrientes de falla, el cual origina tres tipos de reactancia:

- 1)  $X''_d$  = Reactancia sub-transitoria, durante el 1er. ciclo después de iniciada la falla (0.1 seg)
- 2)  $X'_d$  = Reactancia transitoria, aparece después del 2do. ciclo hasta el 8vo. ciclo (0.5seg-2seg)
- 3)  $X_d$  - Reactancia sincrónica, cuando ha llegado a la condición de C.C. sostenida.

La reactancia sincrónica se emplea con poca frecuencia para calcular la corriente de falla porque los aparatos generalmente actúan antes que llegue a este valor y su valor nos arroja valores de corto circuito menores a la real (en el inst. del corto).

Motores Sincronos.- Estas máquinas contribuirán al incremento de la corriente de C.C. comportándose como generadores debido a la tensión interna que se mantiene por la inercia del motor que se mantiene.

Las reactancias que se presentan son del mismo tipo que en los generadores pero los valores son diferentes en comparación con los generadores.

Motores de Inducción.- La contribución del incremento de la corriente de C.C. sólo se produce en el estado sub-transitorio porque el flujo magnético decae al retirarse la tensión cuando se produce la falla. La reactancia será aproximadamente igual a la reactancia del motor con rotor bloqueado o sea la contribución de la corriente a la falla será aproximadamente igual a la corriente de arranque a plena carga.

Condensadores.- La corriente de descarga de un condensador al punto de falla es de alta frecuencia, con una constante de tiempo de solo uno o dos ciclos razón por la cual esta corriente es despreciable.

Para el cálculo de la corriente de falla vamos a considerar la condición de corto circuito trifásico por ser un tipo de falla que da la máxima corriente de C.C. en los sistemas.

5.8 Cálculo de la corriente de corto circuito en diferentes puntos del sistema.-

Las corrientes de corto circuito dependen principalmente de la reactancia del sistema de la fuente de energía, hasta el punto de falla. Estas corrientes provienen de dos fuentes básicas: Máquinas rotativas sincros y de inducción, operando como generador motor o condensador asincrono.

Las reactancias van a ser expresadas en cantidades por unidad, en una base de KVA escogido. De esta manera se combinará directamente sin necesidad de tomar en cuenta las relaciones de transformación.

Relaciones a Considerar

$$\text{a) Reactancia por unidad (pu)} = \frac{\text{X (ohmios) KVA(base)}}{1000 \times \text{KV}^2}$$

(en base KVA escogido)

Donde: X = reactancia de un solo conductor (línea neutro) en ohmio

KVA = Base en KVA trifásico

KV = Voltaje de línea a línea

Nota.- Relación valida para calcular reactancias en barras, cables, líneas e interruptores

$$\text{b) Reactancia por Unidad} = \frac{\text{X (pu)}}{\text{KVA(base)}} \times \frac{\text{KVA(de la máquina)}}{\text{KVA(base)}}$$

(en base KVA)

Donde: Xpu = Reactancia en por unidad de la máquina

KVA = Potencia en KVA de la máquina

Nota.- Relación válida para generadores transformadores, motores, condensadores sincros.

$$c.) \quad KVA_{cc} = \frac{KVA(\text{base})}{X(\text{pu})} \quad \text{ó} \quad KVA_{cc} = I_{cc} \times V_L \times \sqrt{3}$$

$$I_{cc} = \frac{KVA(\text{base})}{X(\text{pu}) \times 3 \text{ KV}} \quad \text{ó} \quad I_{cc} = \frac{V_L}{\sqrt{3} Z}$$

Donde:

- $KVA_{cc}$  = Potencia de corto circuito en un punto
- $I_{cc}$  = Corriente de corto circuito simétrico
- $Kv$  = Tensión de línea en kilovoltios
- $X(\text{pu})$  = Reactancia en por unidad del sistema en ese punto

$$d.) \quad X_E = X_{(\text{pu})} \frac{KVA(\text{base})}{KVA_{cCE}} \quad \text{Donde } X(\text{pu}) = 1.0$$

- $X_E$  = Reactancia del sistema de la empresa de servicio en pu en base KVA escogida
- $X(\text{pu})$  = Reactancia en por unidad del sistema
- $KVA_{cCE}$  = Potencia de corto circuito del sistema (capacidad)

$KVA$  = Potencia base escogido

$$e.) \quad Z = \sqrt{R^2 + X^2} \quad Z = \text{Impedancia}$$

$$f.) \quad X_{eq} = \frac{(KV)^2}{MVA \text{ Pu}} \quad X_{eq} = \text{Reactancia del sistema}$$

$$g.) \quad X_T = \frac{E (KV)^2}{MVA} \quad \begin{array}{l} X_T = \text{Reactancia del Transformador} \\ E = \text{Tensión de corto circuito} \end{array}$$

DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA

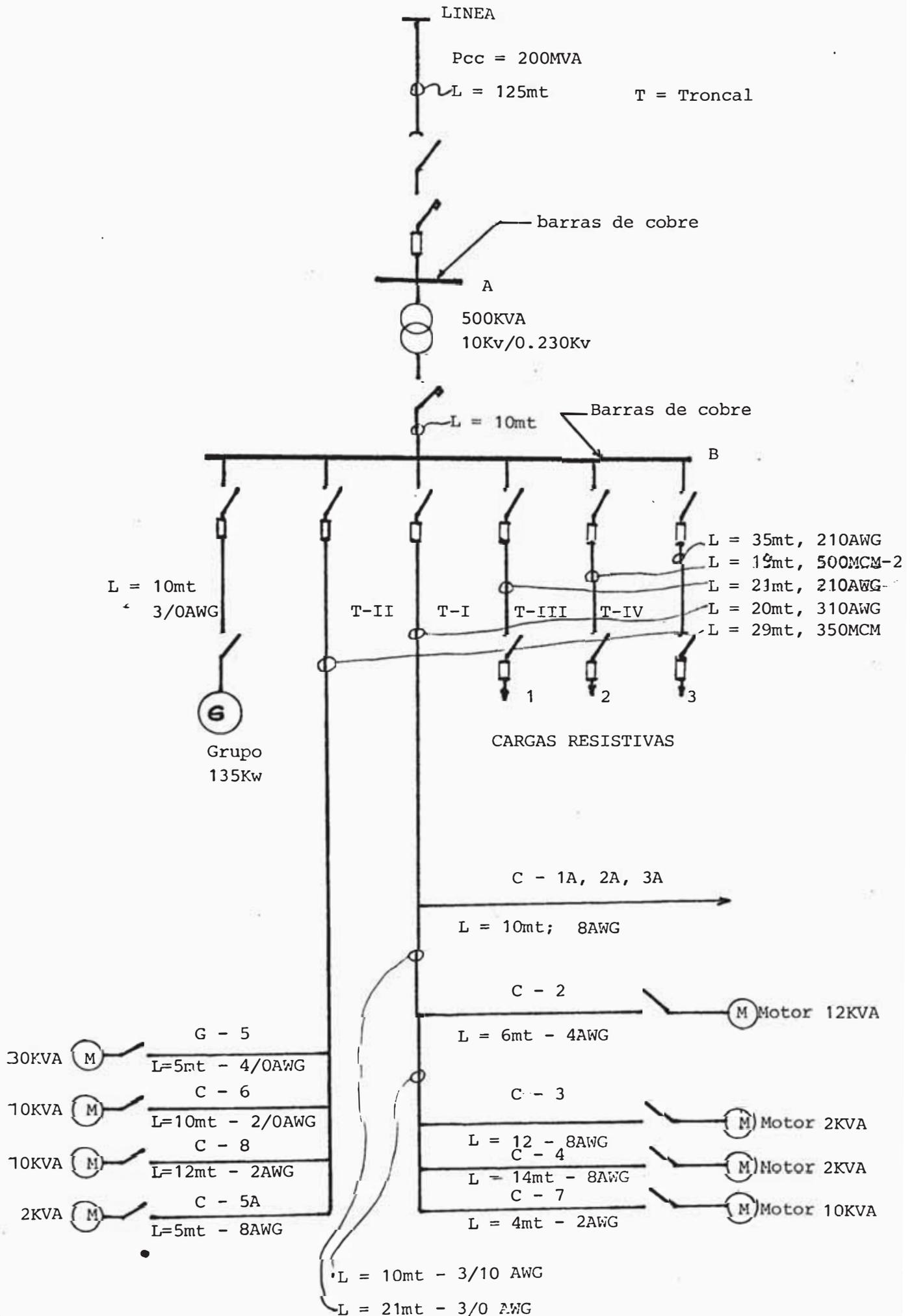


DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA

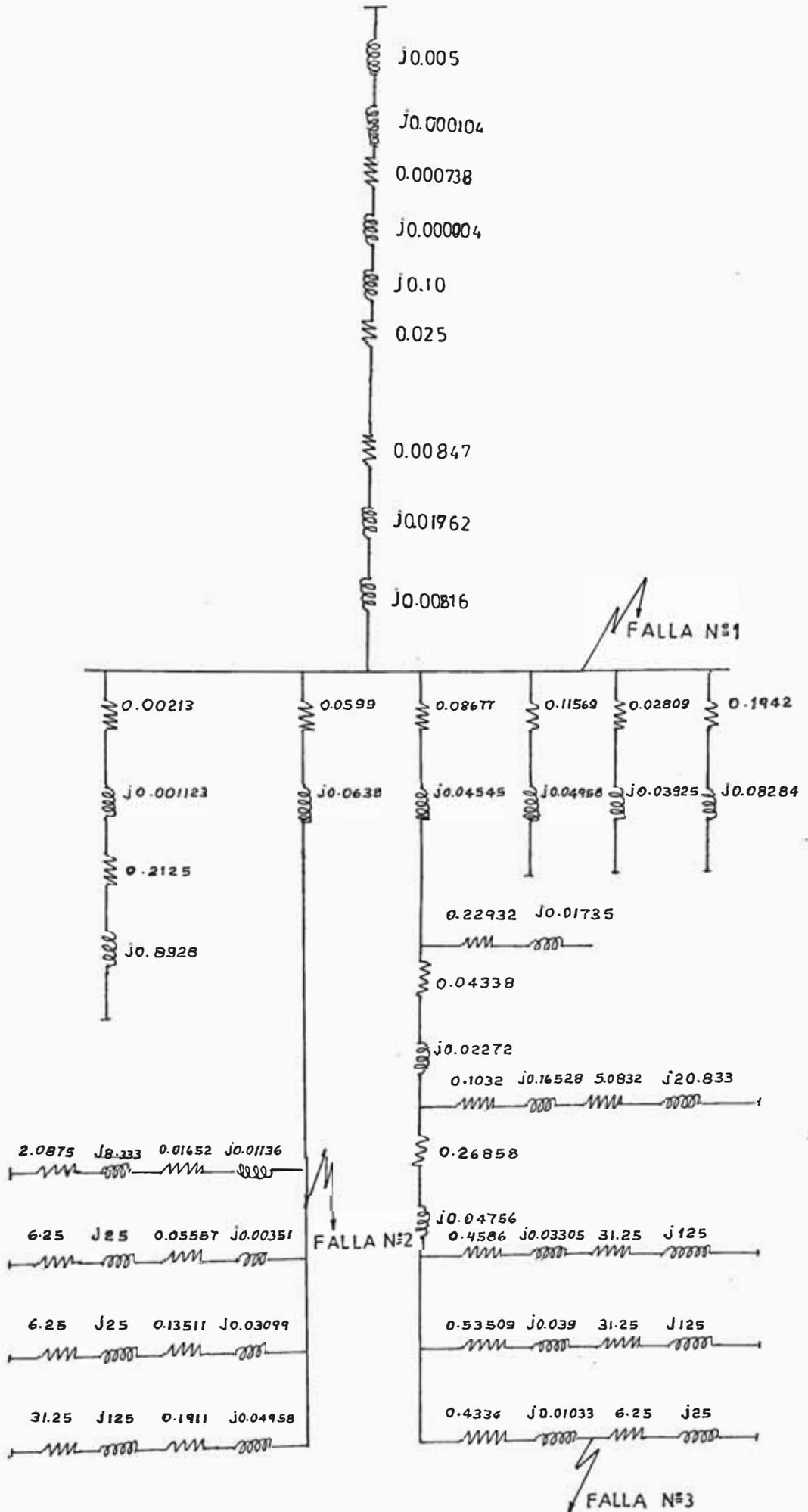


DIAGRAMA UNIFILAR REDUCIDA

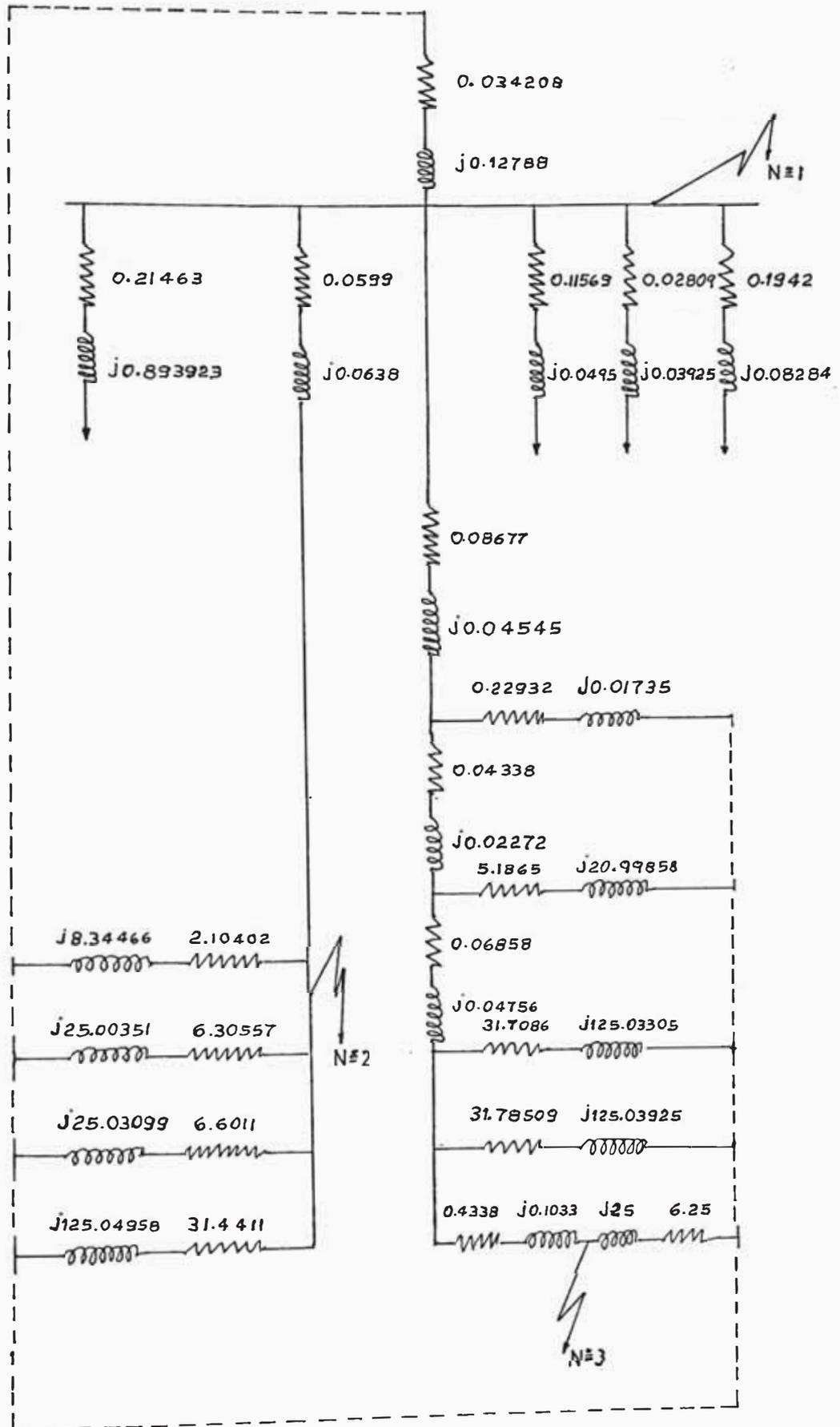


Fig. N# 1

Con estas relaciones y con los diagramas unifilares y reactancias de las cargas vamos a determinar las corrientes de corto circuito

Determinación de los Valores de la Reactancia de las Líneas y Máquinas

1.- Reactancia de la línea de 10KV, calculada en el capítulo de la Sub-Estación

$$X_1 = 0.01047 \Omega \quad R = 0.0738 \Omega$$

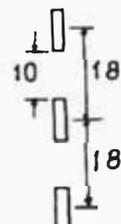
2.- Reactancia de las barras de alta (de forma tubular)

$$D_m = \sqrt{40 \times 40 \times 80} = 50.39 \text{ cm} \quad X = 1102 \times 10^{-4} \Omega/\text{Km}$$
$$L = 4 \text{ mt.} \quad X = 0.0004 \Omega$$

3.- Reactancia del Transformador de 500KVA 10KV/220Vol datos de placa:  $X \% = 5\% = 0.05 \text{ pu}$

$$R = 0.0125 \text{ pu}$$

4.- Reactancia de barras de distribución (220Vol)


$$d_m = \sqrt[3]{18 \times 18 \times 36} = 22.68 \text{ cm}$$

del gráfico 4.3d

$$X = 60 \times 10^{-6} \frac{\Omega}{\text{pie}} \times 6.56 \text{ pie}$$
$$\therefore X = 0.000393 \Omega$$
$$L = 2 \text{ m} = 6.56 \text{ pie}$$

5.- Reactancia de la Línea Troncal I (tabulados en tabla de acuerdo a calibre en  $\Omega/\text{Km}$ )

Tramo 1	$X = 0.1123 \frac{\Omega}{\text{Km}} \times 0.020$	$= 0.0022 \Omega$	$R = 0.213 \frac{\Omega}{\text{Km}} \times 0.020 \text{ Km} = 0.0042 \Omega$
Tramo 2	$X = 0.1123 \frac{\Omega}{\text{Km}} \times 10 \times 10^{-3}$	$= 0.0011 \Omega$	$R = 0.213 \frac{\Omega}{\text{Km}} \times 0.010 \text{ Km} = 0.00213 \Omega$
Tramo 3	$X = 0.1123 \frac{\Omega}{\text{Km}} \times 21 \times 10^{-3}$	$= 0.0023 \Omega$	$R = 0.213 \frac{\Omega}{\text{Km}} \times 0.020 \text{ Km} = 0.00426 \Omega$
Tramo C-2	$X = 0.1317 \frac{\Omega}{\text{Km}} \times 6 \times 10^{-3}$	$= 0.0008 \Omega$	$R = 0.849 \frac{\Omega}{\text{Km}} \times 0.006 \text{ Km} = 0.005 \Omega$
Tramo C-3	$X = 0.140 \frac{\Omega}{\text{Km}} \times 12 \times 10^{-3}$	$= 0.0016 \Omega$	$R = 1.85 \frac{\Omega}{\text{Km}} \times 0.012 \text{ Km} = 0.0222 \Omega$
Tramo C-4	$X = 0.140 \frac{\Omega}{\text{Km}} \times 14 \times 10^{-3}$	$= 0.0019 \Omega$	$R = 1.85 \frac{\Omega}{\text{Km}} \times 0.014 \text{ Km} = 0.0259 \Omega$
Tramo C-7	$X = 0.126 \frac{\Omega}{\text{Km}} \times 4 \times 10^{-3}$	$= 0.0005 \Omega$	$R = 0.545 \frac{\Omega}{\text{Km}} \times 0.004 \text{ Km} = 0.0021 \Omega$
Tramo C-1A, 2A, 3A	$X = 0.140 \frac{\Omega}{\text{Km}} \times 6 \times 10^{-3}$	$= 0.00084 \Omega$	$R = 1.85 \frac{\Omega}{\text{Km}} \times 0.006 \text{ Km} = 0.0111 \Omega$

6.- Reactancia de la Línea Troncal II

Tramo 1	$X = 0.1066 \frac{\Omega}{\text{Km}} \times 29 \times 10^{-3}$	$= 0.00309 \Omega$	$R = 0.1024 \frac{\Omega}{\text{Km}} \times 0.024 \text{ Km} = 0.0029 \Omega$
Tramo C-5	$X = 0.1102 \frac{\Omega}{\text{Km}} \times 0.005 \text{ Km}$	$= 0.00055 \Omega$	$R = 0.169 \frac{\Omega}{\text{Km}} \times 0.005 \text{ Km} = 0.00084 \Omega$
Tramo C-6	$X = 0.1147 \frac{\Omega}{\text{Km}} \times 0.010 \text{ Km}$	$= 0.00114 \Omega$	$R = 0.269 \frac{\Omega}{\text{Km}} \times 0.010 \text{ Km} = 0.00269 \Omega$
Tramo C-8	$X = 0.126 \frac{\Omega}{\text{Km}} \times 0.012 \text{ Km}$	$= 0.0015 \Omega$	$R = 0.545 \frac{\Omega}{\text{Km}} \times 0.012 \text{ Km} = 0.00654 \Omega$
Tramo C-5A	$X = 0.140 \frac{\Omega}{\text{Km}} \times 0.005 \text{ Km}$	$= 0.0007 \Omega$	$R = 1.85 \frac{\Omega}{\text{Km}} \times 0.005 \text{ Km} = 0.00925 \Omega$

7.- Reactancia de la Línea Troncal III

$$X = 0.114 \frac{\Omega}{\text{km}} \times 0.021 \text{ km} = 0.0024 \Omega \quad R = 0.269 \frac{\Omega}{\text{km}} \times 0.021 \text{ km} = 0.0056 \Omega$$

8.- Reactancia de la línea troncal IV

$$X = 0.1041 \frac{\Omega}{\text{km}} \times 0.019 \text{ km} = 0.0019 \Omega \quad R = 0.071 \frac{\Omega}{\text{km}} \times 0.019 \text{ km} = 0.00136 \Omega$$

9.- Reactancia de la línea troncal V

$$X = 0.1147 \frac{\Omega}{\text{km}} \times 0.035 \text{ km} = 0.00401 \Omega \quad R = 0.269 \frac{\Omega}{\text{km}} \times 0.035 \text{ km} = 0.0094 \Omega$$

10. Reactancia de los motores

De la tabla: 4.2  $X = 0.25 \text{ pu}$

$$R = 0.062 \text{ pu}$$

11. Reactancia del grupo 135Kw

De la tabla N° 4.1  $X = 0.15 \text{ pu}$

$$R = 0.037$$

Línea del generador

$$X = 0.1123 \frac{\Omega}{\text{km}} \times 0.010 \text{ km} = 0.001123 \Omega$$

$$R = 0.213 \frac{\Omega}{\text{km}} \times 1.010 \text{ km} = 0.00213 \Omega$$

12. Reactancia línea de transformador a tablero distribución (2 x 800 MCM)

$$X = 0.095 \frac{\Omega}{\text{km}} \times 0.01 \text{ km} = 0.00095 \Omega \quad R = 0.044 \frac{\Omega}{\text{km}} \times 0.01 \text{ km} = 0.00044 \Omega$$

Cálculo de la Reactancia por Unidad en base KVA

KVA base = 1000KVA

$$\text{En } 10,000 \text{ voltios: } X(\text{pu}) = \frac{X(\Omega) \times \text{KVA}(\text{base})}{1000 \text{ KV}^2}$$

$$X(\text{pu}) = \frac{X(\Omega) \times 1,000 \text{ KVA}(\text{base})}{1000 \times (10.0)^2} = X(\Omega) \times (0.01)$$

En 220 voltios:

$$X(\text{pu}) = \frac{X(\Omega) \times 1,000 \text{ KVA}(\text{base})}{1000 \times (0.22)^2} = X(\Omega) \times (20.66)$$

1. Reactancia de la línea de 10Kv

$$X = 0.001047\Omega \times 0.01 = 0.000104$$

$$R = 0.0738 \Omega \times 0.01 = 0.000738$$

2. Reactancia de la barra alta

$$X = 0.0004 \Omega \times 0.01 = 0.000004$$

3. Reactancia del transformador

$$X = \frac{0.05 \times 1000\text{KVA}}{500\text{KVA}} = 0.110$$

$$R = \frac{0.0125 \times 1000\text{KVA}}{5000\text{KVA}} = 0.025$$

4. Reactancia de barras 220Vol

$$X = 0.000395 \times 20.66 = 0.00816$$

7. Reactancia de la troncal III (220vol)

$$X = 0.0021\Omega \times 20.66 = 0.06383$$

$$R = 0.0056\Omega \times 20.66 = 0.115669$$

8. Reactancia de la troncal IV

$$X = 0.0019\Omega \times 20.66 = 0.03925$$

$$R = 0.00136\Omega \times 20.66 = 0.02809$$

9. Reactancia de la troncal V

$$X = 0.00401\Omega \times 20.66 = 0.08284$$

$$R = 0.0094\Omega \times 20.66 = 0.1942$$

10. Reactancia de los motores (220vol)

$$\begin{array}{l} \text{Motor: 30KVA} \quad 0.25 \times 1000\text{KVA} \\ X = \frac{\quad}{30\text{KVA}} = 8.3333 \quad R = 2.0825 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Motor: 12KVA} \quad 0.25 \times 1000\text{KVA} \\ X = \frac{\quad}{12\text{KVA}} = 20.8333 \quad R = 5.08325 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Motor: 10KVA} \quad 0.25 \times 1000\text{KVA} \\ X = \frac{\quad}{10\text{KVA}} = 25.0000 \quad R = 6.250 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Motor: 2KVA} \quad 0.25 \times 1000\text{KVA} \\ X = \frac{\quad}{2\text{KVA}} = 125.00 \quad R = 31.25 \end{array}$$

11. Reactancia del Grupo 135KW o 168KVA

$$X = \frac{0.15 \times 1000\text{KVA}}{168\text{KVA}} = 0.89285$$

$$R = 0.2125$$

12. Reactancia línea transformado al tablero distribución

$$X = 0.00095\Omega \times 20.66 = 0.01762$$

$$R = 0.00041\Omega \times 20.66 = 0.00847$$

13. Reactancia del Sistema.- La reactancia del sistema por unidad sobre la base de su propia capacidad de corto circuito en KVA es 1.0 =  $X_{pu} = 1.0$

Reactancia en base KVA

$$1.0 \times 1000\text{KVA}$$

$$X_{pu} = \frac{\quad}{200,000\text{KVA}(\text{pu})} = 0.005$$

Cálculo de la Impedancia del Sistema al producirse la falla N<sup>o</sup> 1

Del diagrama de impedancia reducida tenemos:

- Los circuitos en paralelo van a ser reducido a uno
- Los circuitos que no contribuyen a la corriente de corto serán eliminados
- El circuito del grupo no intervendrá por estar desconectado del sistema.

del circuito fig N°1 : (diagrama de impedancia reducida)

Troncal II

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{2.10402 + j8.34466} + \frac{1}{2.305577 + j25.000351} + \frac{1}{6.6011 + j25.03099} + \frac{1}{31.4411 + j125.04958}$$

$$Z = 5.08802 \angle 86.82 = 0.282247 + j5.08018$$

Troncal I

$$\frac{1}{Z'} = \frac{1}{6.6838 + j25.1033} + \frac{1}{31.78509 + j125.039251} + \frac{1}{31.7086 + j125.03305}$$

$$Z' = 18.5199 \angle 75.23 = 4.72145 + j17.90746j$$

$$Z'' = 0.06858 + j0.04756 + 4.72145 + j17.90796 = 4.79 + j17.95552$$

$$Z'' = 18.58345 \angle 75.06$$

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{18.58345 + j75.06} + \frac{1}{5.1865 + j20.9950j}$$

$$Z = 9.87839 \angle 75.38 = 2.493377 + j9.558538j$$

del circuito fig N°2 tenemos:

Troncal II:

$$Z = (0.0599 + 0.282247) + j(0.0638 + 5.08018) = 5.63219 \quad j83.68$$

Troncal I:

$$Z = 2.62352 + j9.6262 = 9.97735 \quad / 74.25$$

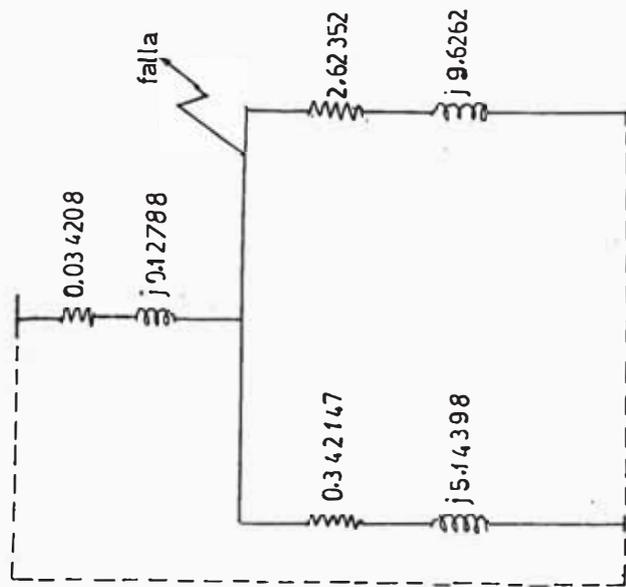
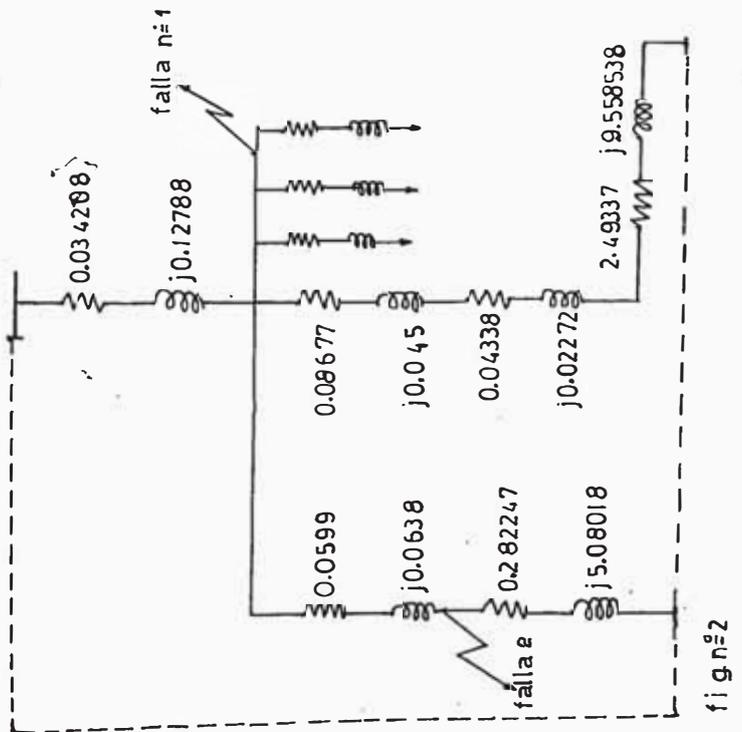


fig. N°3

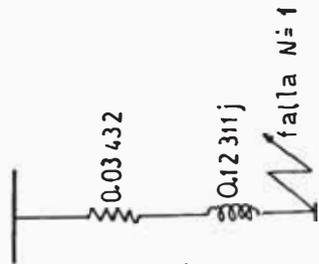
de la fig. N°3

$$Z_f = \frac{1}{\frac{1}{0.03432} + \frac{1}{\frac{1}{0.12311j} + \frac{1}{9.9735 - j74.75}} + \frac{1}{5.63219 - j83.68}}$$

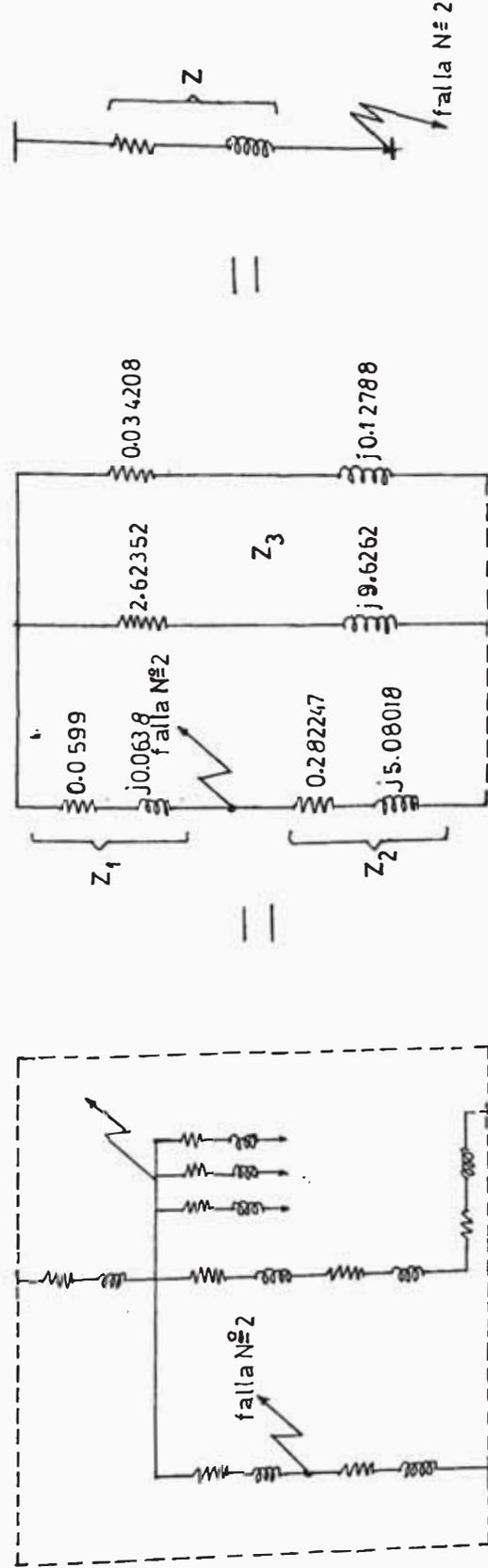
$$Z_F = 0.127814 \angle 74.42^\circ = 0.03432 + j0.12311$$

$Z_F$  = Impedancia de falla N° 1

fig. N°4



Determinación de la Impedancia para la falla N° 2 de figura N°2 tenemos:



$$Z = (Z_3 + Z_1) \parallel Z_2$$

$$Z_3 = \frac{9.9735 \angle 74.35 \times 0.13234 \angle 75.02}{9.7535 \angle 74.75 + 0.13234 \angle 75.02} = 0.132288 \angle 75.02$$

$$Z_1 = 0.0599 + j0.0638$$

$$Z_1 = 0.08751 \angle 46.8058$$

$$Z_2 = 0.282247 + j5.08018$$

$$Z_2 = 5.088015 \angle -1.51$$

$$Z = \left( 0.132288 \angle 75.02 + 0.08751 \angle 46.80 \right) \parallel 5.088015 \angle -1.51$$

$$Z = 0.17741 \angle 60.46$$

Determinación de la impedancia para falla N° 3

De Fig N°1 y N° 3

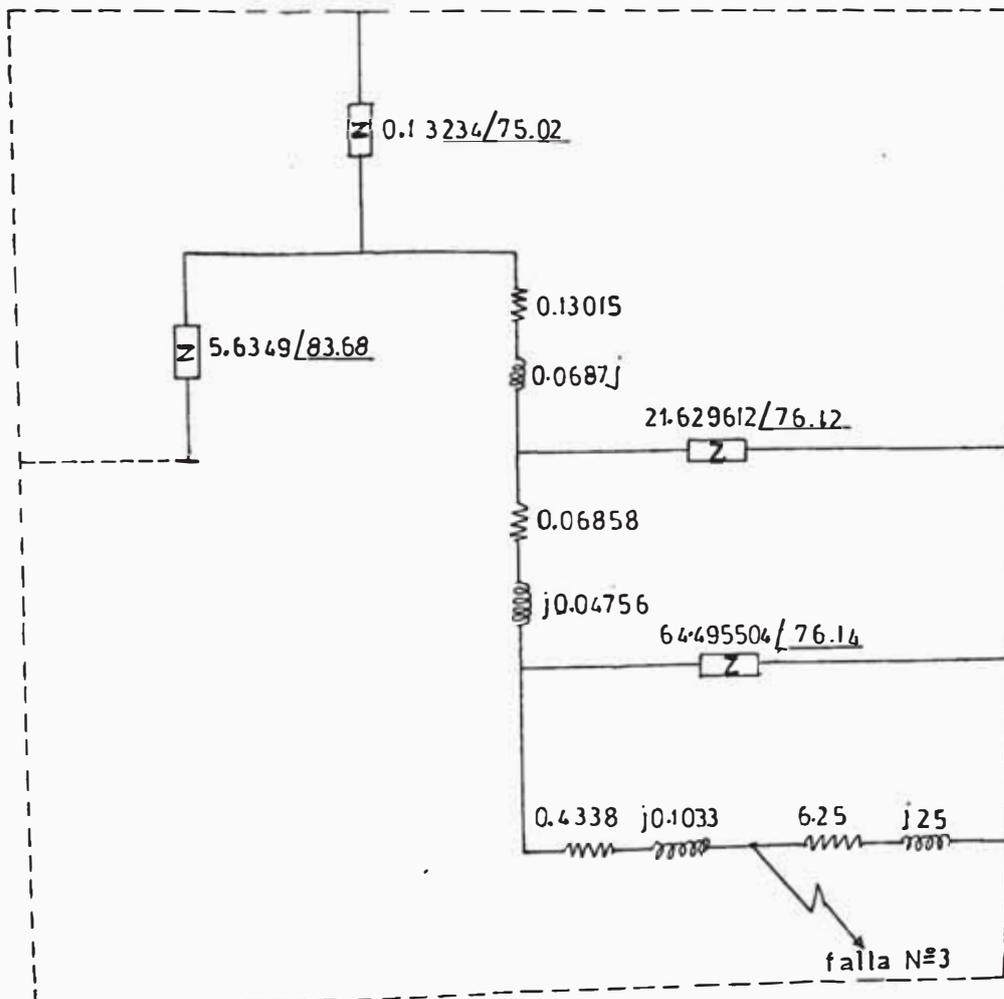


fig. N°5

$$Z' = 0.262998 \angle 50.03 + 0.06858 + 0.04756j = 0.344205 \angle 46.36$$

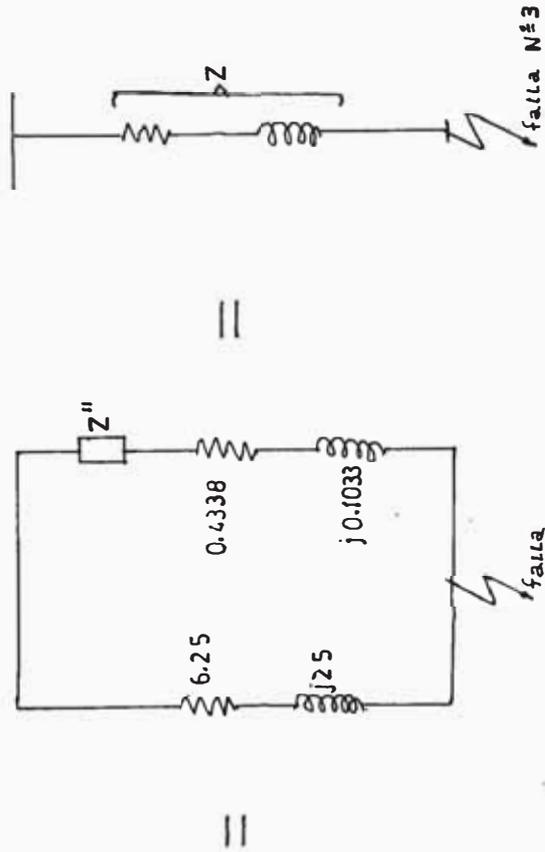
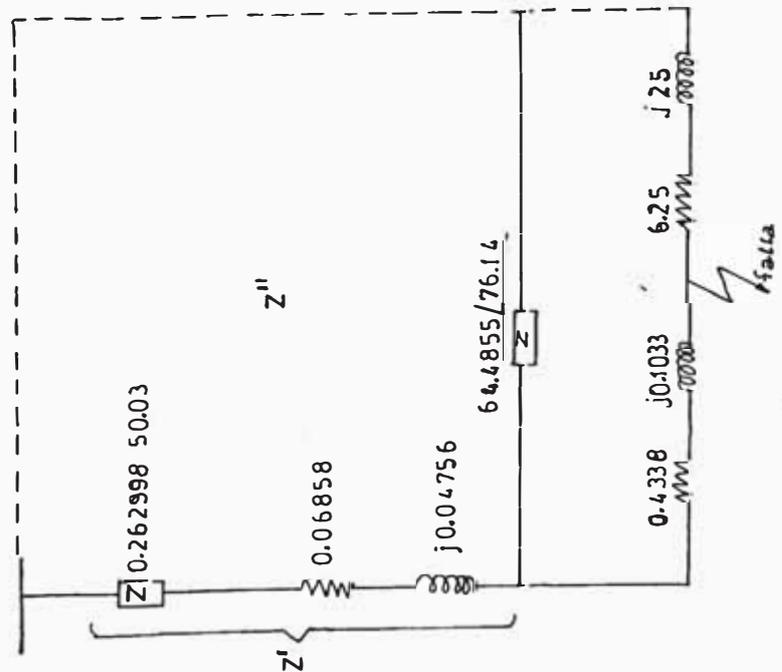
$$Z'' = 0.344205 \angle 46.36 // 64.4955 \angle 76.14 = 0.34269 \angle 46.52$$

$$Z''' = 0.34269 \angle 46.52 + 0.4338 + j0.1033$$

$$Z = Z''' // (6.25 + 25j)$$

$$Z = 0.74186 \angle 76.48 //$$

SIMPLIFICANDO circuito fig N°5 :



Cálculo de la corriente de Falla Simétrica ( $I_s$ )

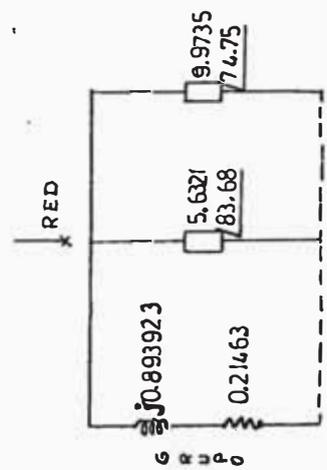
$$I_{s1} = \frac{1,000 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \times 0.220 \text{ KV} \times 0.12781} = 20,557.31 \text{ Amp.}$$

$$I_{s2} = \frac{1,000 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \times 0.22 \text{ KV} \times 0.17741} = 14,792.3 \text{ Amp.}$$

$$I_{s3} = \frac{1,000 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \times 0.22 \text{ KV} \times 0.7418} = 3,541.67 \text{ Amp.}$$

Determinación de la impedancia para la falla N° 1, considerando el sistema con el grupo (sin la red)

De la figura N° 3



$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{5.63219 \angle 83.68} + \frac{1}{9.9735 \angle 74.75} + \frac{1}{0.21463 + j0.893923}$$

$$Z = 0.7354$$

$$I_{s6} = \frac{1,000\text{KVA}}{\sqrt{3} \times 0.22\text{KV} \times 0.7354} = 3,572.7908 \text{ Amp.}$$

Cálculos de la corriente de falla asimétrica

$$I_{AS1} = 20,557.31 \times 1.6 = 32,891.68 \text{ Amp.} = 32.89\text{KA}$$

$$I_{AS2} = 14,792.3 \times 1.6 = 23,667.80 \text{ Amp.} = 23.66 \text{ KA}$$

$$I_{AS3} = 3,541.67 \times 1.6 = 5,666.67 \text{ Amp.} = 5.67\text{KA}$$

$$I_{AS6} = 3,572.79 \times 1.6 = 5,716.46 \text{ Amp.} = 5.71\text{KA}$$

Cálculo de la Potencia de Corto Circuito Asimétrico KVA

$$KVA_{AS} = 3 V_L \times I_{AS}$$

$$KVA_{AS1} = 3 \times 220 \times 32.89 = 12.53\text{KVA}_S$$

$$KVA_{AS2} = 3 \times 220 \times 23.66 = 8.99 \text{ KVA}_S$$

$$KVA_{AS3} = 3 \times 220 \times 5.67 = 2.16\text{KVA}_S$$

$$KVA_{AS6} = 3 \times 220 \times 5.71 = 2.17\text{KVA}_S$$

De los cálculos efectuados tenemos:

1.- Para las llaves del tablero de distribución:

$$P_{CC} = 13.00 \text{ KVA} \quad I_{CC} = 33\text{KA} , \quad 220\text{Vol}, \quad 60\text{Hz}$$

2.- Para las llaves principales en cada sección

$$P_{cc} = 9 \text{ KVA} \quad I_{cc} = 24 \text{ KA} , \quad 220\text{Vol}, \quad 60\text{Hz}$$

3.- Para las llaves e interruptores de los equipos

$$P_{cc} = 3 \text{ KVA} \quad I_{cc} = 6 \text{ KA} , \quad 220\text{Vol}, \quad 60\text{Hz}$$

## CAPITULO 6

### DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE CONTROL

Los sistemas de control son muy importantes sean estos sofisticados o sencillos, siempre estan cumpliendo funciones especificas, con el objeto de mejorar el sistema de trabajo y garantizar el servicio.

#### 6.1 Diseño del Control de las Puertas de Recepción.-

El acceso a la planta para los visitantes y personal administrativo es por la entrada principal; junto a él se encuentra la oficina de vigilancia y la sala de recepción. Por medidas de seguridad la comunicación entre éstos dos ambientes y el interior de la planta es restringida, no existiendo simultaneidad de comunicación entre ellos.

##### A) Condiciones de Trabajo para el Diseño:

El sistema está diseñado bajo las condiciones siguientes:

- 1) Fuente de Energía, corriente alterna
- 2) Tensión: 220vol
- 3) Enclavamientos eléctricos y mecánicos
- 4) El accionamiento de la puerta al abrir es manual (después de dar la señal de mando) y el cierre es mecánico, accionando mediante un brazo hidráulico (cierra puerta)
- 5) Los enclavamientos mecánicos se efectúan mediante interruptores de posición (finales de carrera) colocados en lugares estrategicos accionados por la puerta
- 6) Las puertas contarán con chapas eléctricas accionadas directamente del tablero

- 7) Los enclavamientos eléctricos se efectúan mediante contactores auxiliares (relés)
- 8) La acción de cada condición nos indicará el tablero de mando mediante luces de señalización
- 9) La alarma del sistema actuará si la acción no deseada (puerta-abierta) es más de 10seg. y si persiste (5seg.) la alarma se duplicará en intensidad (otra alarma)
- 10) El sistema controlará a tres puertas y una alarma
- 11) La acción sobre una puerta impedirá automáticamente sobre los otros dos.
- 12) En caso de emergencia las tres puertas se abrirán simultáneamente con acción de la alarma.
- 13) La alarma será actuada de varios puntos de la planta y en cualquier momento, siendo desconectado solo con el corte de energía (interruptor con llave).
- 14) El sistema está gobernado por un tablero de mando ubicado en la oficina de vigilancia.
- 15) Al corte total de la energía, las tres puertas funcionarán mecánicamente actuando con su respectiva llave.

B) Descripción del Sistema:

El sistema está diseñado para dar una mayor seguridad en el control del personal que ingresa a la planta. Básicamente es el mando de las tres puertas y una alarma en caso de emergencia. la puerta N° 1 es la puerta de entrada de la calle a la sala de recepción; la puerta N° 2 es la puerta de entrada de la sala de recepción a las oficinas y planta previo control intermedio entre oficinas y plantas. La puerta N° 3 comunica la oficina de vigilancia y sala de recepción. La comunicación de entrada de ambas puertas (N° 1 y N° 2) es con la vigilancia, mediante intercomunicadores ubicados junto a cada puerta.

La persona que desee ingresar se identifica por el intercomunicador (al mismo tiempo es observado desde un torreón por un vigilante quién también escuche la conversación). Vigilancia efectúa las comunicaciones internas (telefónicamente) de ser aceptada la entrada, se acciona sobre el control para abrir la puerta; el visitante pasa a la sala de recepción y en el se identifica con sus documentos mediante una rejilla y lunas polarizadas antibalas; terminada esta acción se abre la segunda puerta y pasará a la sala de espera donde es atendido por la persona que busca. El control a la salida es igual que el control a la entrada; si la persona que va a salir o va a entrar está con objetos, éstos son revisados por el vigilante en la sala de recepción siendo decomisados los objetos que no tienen orden de pasar. Durante estas acciones la puerta no debe permanecer abierta mas de 10 seg. de lo contrario el sistema estaría accionando una alarma de pre-aviso que durará 5 seg., si la acción persiste entraría en acción una segunda alarma de mayor intensidad cuya señal estaría indicando problemas en la vigilancia. Cuando una puerta está abierta (sea la 1ra. 2da. ó 3ra.) las otras dos quedarán bloqueadas mediante enclavamientos eléctricos y mecánicos impidiendo la acción sobre ellos (no se abren), osea que es necesario que se cierre la puerta que está abierta para abrir la otra. En caso de emergencia las tres puertas pueden ser accionadas simultáneamente en este caso la alarma también es conectada directamente debido a esta acción. La alarma también puede ser actuado de otros puntos de la planta, sin ninguna restricción.

Quando se producen acciones de emergencia el rearme del circuito se efectúa con el interruptor principal (abrir y cerrar) del tablero de mando.

ELEMENTOS QUE INTERVIENEN EN EL SISTEMA DE CONTROL

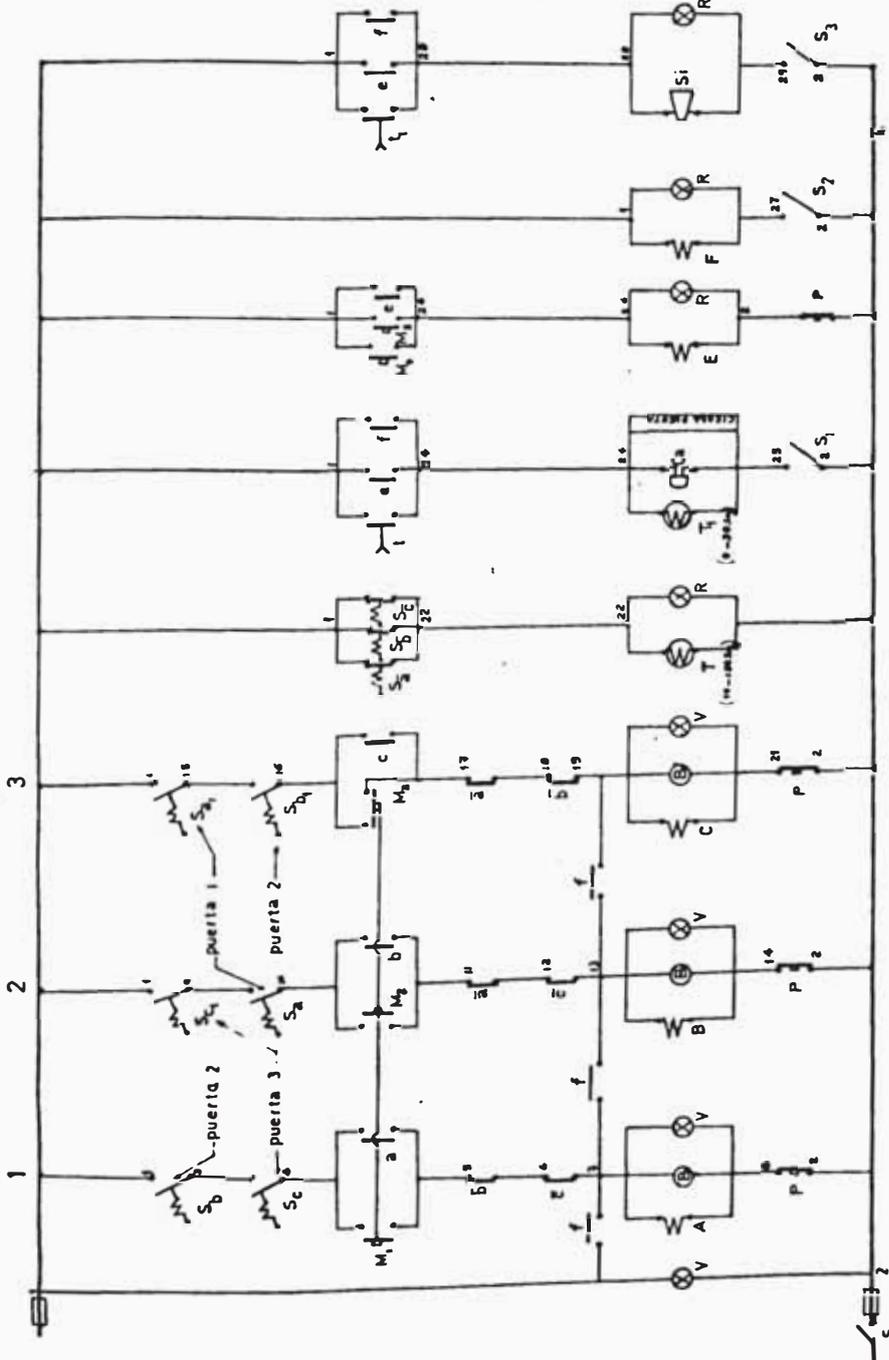
NOMENCLATURA.	Ubicación	Nombre	Función	Especificaciones
A	Tablero de Mando	Contactor Auxiliar	Enclavamiento eléctrico para la puerta N° 2 y N° 3 con N° 1	Telemecanique: 220Vol 60Hz CA2-DN122M
B	Tablero de Mando	Contactor Auxiliar	Enclavamiento eléctrico para la puerta N° 1 y N° 3 con N° 2	IDEM
C	Tablero de Mando	Contactor Auxiliar	Enclavamiento eléctrico para la puerta N° 1 y N° 2 con N° 3	IDEM
T <sub>1</sub>	Tablero de Mando	Temporizador	Temporiza el tiempo de apertura de la puerta	Telemecanique: 220Vol 60Hz LA2-D22
T	Tablero de Mando	Temporizador	Temporiza el tiempo de apertura de la puerta y actúa la alarma	Telemecanique: 220Vol-60Hz LA2-D24
E	Tablero de Mando	Contactor Auxiliar	Actúa la alarma	Telemecanique: 220-60Hz CA2-DN122M

NOMENCLATURA	Ubicación	Nombre	Función	Especificaciones
F	Tablero de Mando	Contactor Auxiliar	Abre las puertas en forma simultanea en emergencia	IDEM
V ó R	Tablero de Mando	Luz señalización	Aviso luminoso	Telemecanique: XB2-BV73 220Vol
Ca.	Sala Recepción	Timbre	Señal de tiempo de apertura de la puerta	Ticino: 220Vol - 60Hz
Si	Torreon	Sirena	Alarma de emergencia	Bocina: 220Vol, 300mts de radio
S	Tablero de Mando	Interruptor de manija	Interruptor de energía del tablero	IDEM
S <sub>1</sub>	Tablero de Mando	Interruptor de manija	Llave de alimentación del temporizador	IDEM
S <sub>2</sub>	Tablero de Mando	Interruptor de manija	Llave de alimentación del sistema de emergencia	IDEM
S <sub>3</sub>	Tablero de Mando	Interruptor de manija	Llave de alimentación del sistema de emergencia al abrir	IDEM

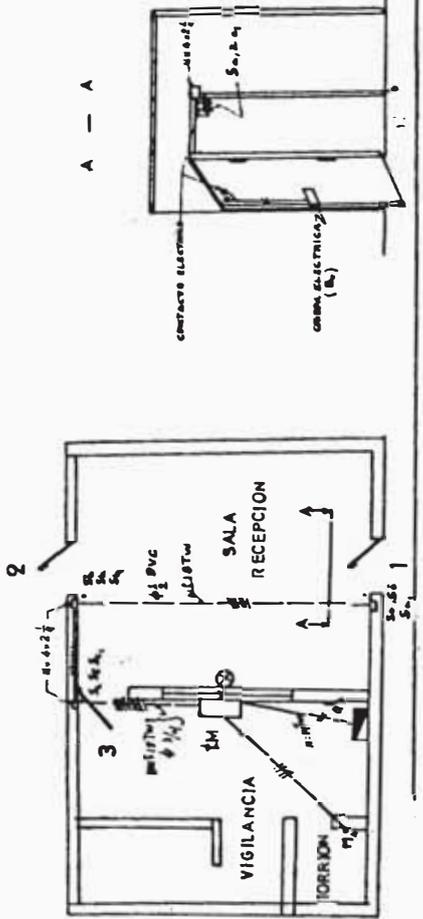
NOMENCLATURA	Ubicación	Nombre	Función	Especificaciones
S <sub>4</sub>	Tablero de mando	Interruptor de manija	Alimentación de la sirena	IDEM
S <sub>A</sub>	Puerta de la calle	Interruptor final de	Enclavamiento mecánico puerta N° 2 y N° 3	Telemechanique: XCK-J10511
S <sub>B</sub>	Puerta de Planta	IDEM	Enclavamiento mecánico puerta N° 1 y N° 3	IDEM
S <sub>C</sub>	Puerta Vigilancia	IDEM	Enclavamiento mecánico puerta=N°	IDEM
M	Tablero	Fusible	Corto circuito	Telemechanique: DF2 - EA10
P	Tablero de mando	Pulsador de marcha	Para abrir las puertas	220Vol-60Hz
	Tablero general	Pulsador de parada	Para desenchavar electricamente	220Vol - 60Hz

P U E R T A E M E R G E N C I A I I M E R A L A R M A

NOTA  
 1 Q = TELEMECANIQUE  
 2 T M = TABLERO DE MANDO



	F U S I B L E B O T E L L A 1 0 A	T M
	T A B L E R O D E M A N D O	-
	C H A P A E L E C T R I C A 2 2 0 V 6 0 H Z	T M
	F O C O D E S E N A L I Z A C I O N 2 2 0 V 6 0 H Z	T. Q
	B O C I N A 3 0 0 m B A L C A N C E 2 2 0 V 6 0 H Z	T O R R I O N
	T I M B R E D I C I N O 2 2 0 V 6 0 H Z	S A L A
	C O N T A C T O R A U X I L I A R 2 N A + 2 N C 2 2 0 V 6 0 H Z T Q	T M
	T E M P O R I Z A D O R 2 2 0 V 6 0 H Z T Q	T M
	I N T E R R U P T O R D E P O S I C I O N 2 7 0 V 6 0 H Z T. Q	P U E R T A
	I N T E R R U P T O R T I P O M A N I J A 2 2 0 V 6 0 H Z T. Q	T M
	P U L S A D O R D E P A R A D A 2 2 0 V 6 0 H Z T. Q	T M
	P U L S A D O R D E M A R C H A 2 2 0 V 6 0 H Z T. Q	T M
	D E S C R I P C I O N	T U B I C A



DE	S. A
PLANO	DESCRIPCION ESCALA
EC-16	CIRCUITO ELECTRICO DEL CONTROL PUERTA - RECEPCION 1:175
FECHA	DIBUJADO POR V. B.
-76	H. B. G.
	FIRMA
	H. B. G.

## 6.2 Control de las Puertas de Entrada y Salida de Carros.-

Debido a las necesidades que se producen en el abastecimiento de insumos, renovación de máquinas y demás actividades mayores, se buscan sistemas operativos que no deben interferirse entre ellos, cuando estas se producen simultáneamente. Generalmente la actividad industrial es muy compleja y para cumplir con todas se requieren diferentes canales de acceso dependiendo de la actividad que se realiza.

Para descentralizar el flujo de entrada y salida a la planta, el acceso de materiales se efectuará por la parte posterior, en ella existe el mismo sistema de control de la puerta principal, pero como las puertas son de mayor tamaño (5 x 4 mt) están accionadas por un sistema de arrastre (cadeña, piñón, resorte y motorreductor), exceptuándose la puerta de seguridad (vigilancia) que no necesita sistema de arrastre por ser muy pequeña.

### A) Condiciones de Trabajo para el Diseño:

Debido a la presencia de un sistema de arrastre, el control se incrementará para los motores que impulsan la fuerza de arrastre a las puertas:

1. Fuente Energía: Corriente AC - 220 Vol
2. Enclavamiento mecánico y eléctrico
3. El accionamiento de las puertas (2) al abrir y cerrar es mediante sistema de arrastre, accionado por motor-reductor
4. La puerta de seguridad de vigilancia se abre y se cierra manualmente una vez actuado el mando eléctrico
5. La velocidad de arrastre de la puerta es de 0.5 m/seg.

6. Los enclavamientos mecánicos se efectúan mediante interruptores de posición (finales de carrera) por acción de las puertas, estos interruptores están colocados en puntos estratégicos (extremo superior de la puerta) a 6 mt. NPT
7. Las puertas están dotadas de chapas eléctricas especiales (preparadas para este tipo de trabajo), electroimán con brazos mecánicos accionado por el campo magnético.
8. Los enclavamientos eléctricos se efectúan mediante contactores auxiliares
9. Todas las acciones nos indica el tablero mediante luces de señalización
10. El sistema de alarma N° 1 actuará si la acción no deseada (puerta abierta) es más de 3 minutos y si persiste (30 seg) se duplicará la alarma y la puerta se cerrará automáticamente. Este control puede ser anulado si el operario así lo desea.
11. El control es para las tres puertas y una alarma
12. La acción de una puerta impedirá automáticamente acciones sobre los otros dos
13. En caso de emergencia las tres puertas se abrirán simultáneamente con acción de la alarma
14. La alarma puede ser actuada en cualquier momento sin restricción alguna
15. El rearme del circuito después de una reacción de emergencia se efectuará con el interruptor principal del tablero (abrir y cerrar)
16. El sistema estará gobernado desde un tablero de mando ubicado en la oficina de vigilancia.

B) Manual de Funcionamiento de las Puertas de Salida y Control de Carros:

Puerta N° 1.- Esta puerta se abrirá y se cerrará en forma automática, mediante pulsadores de mando ( $M_1 M_2$ ). El tiempo de apertura de la puerta será controlado por un temporizador ( $T_1$ ) el cual al cabo de un tiempo mandará cerrar la puerta y podrá parar solo manteniendo presionado el botón de parada ( $P_1$ ) o accionado el interruptor de parada  $S_{10}$  del temporizador y pulsando el botón de parada  $P_1$  ( en este caso es definitivo)

Condiciones de la Apertura.- La puerta no se abrirá si está abierta la puerta N° 2 (enclavamiento mecánico  $S_2$  y eléctrico C) o si está abierta la puerta N° 3 (enclavamiento  $S_3$  y eléctrico E) sino se cumple estas dos condiciones la puerta se abrirá presionando el botón de marcha  $M_1$ .

Puerta N° 2.- Esta puerta tiene el mismo funcionamiento que la puerta N° 1, no se abrirá si estuviera abierta la puerta N° 3 (enclavamiento mecánico  $S_3$  y eléctrico E) o si está abierta la puerta N° 1 (enclavamiento mecánico  $S_6$  y eléctrico A)

Puerta N° 3.- Esta no se abrirá si está abierta la puerta N° 2 (enclavamiento mecánico  $S_9$  y eléctrico C), o si está abierta la puerta N° 1 (enclavamiento mecánico  $S_6$  y eléctrico A)

Control de Emergencia.- En caso de emergencia las tres puertas podrán ser abiertas en forma simultánea accionando el interruptor  $S_{12}$  de igual manera se podrá cerrar simultáneamente, accionando el interruptor  $S_{13}$  y se parará con finales de carrera  $S_{15}$  y  $S_{16}$ .

Control del Tiempo de Apertura.- El temporizador contará el tiempo desde el momento en que se abre la puerta, esto mediante un interruptor de posición que estará colocado en el extremo derecho de cada puerta ( $S_6$   $S_2$ ), ver esquema.

Estos interruptores cerrarán el circuito en el momento que la puerta deja libre al interruptor (cuando se abre).

Los temporizadores quedarán fuera de funcionamiento con solo accionar el interruptor  $S_{10}$  si no se desea que la apertura sea controlada.

El funcionamiento del temporizador nos indicará una lámpara piloto éste al cumplirse el tiempo establecido actuará y mandará cerrar la puerta y accionará un timbre  $X_1$ .

Alarma del Sistema.- La alarma actuará en forma directa accionando un pulsador ( $M_5$  o  $M_6$ ), colocado en el torreón y en la caseta de vigilancia o en forma automática al momento que actúe el control de emergencia.

Esta alarma podrá ser silenciada en forma momentánea con el botón de parada ( $P_3$  ó  $P_4$ ). Si fué accionado con el control de emergencia o en forma total si fué accionado con el botón de marcha. ( $M_5$  ó  $M_6$ ). También se podrá bloquear la alarma con el interruptor  $S_{14}$ .

Seguro de las Puertas.- El seguro de las puertas estará compuesto por chapas eléctricas construídas con electroimanes ( $F_1$  y  $F_2$ ) colocados en la parte lateral de las puertas y actuarán levantando el seguro de la puerta, ésta a su vez actuará sobre un interruptor  $S_0$  que mandará actuar el contactor del motor (para abrir la puerta).

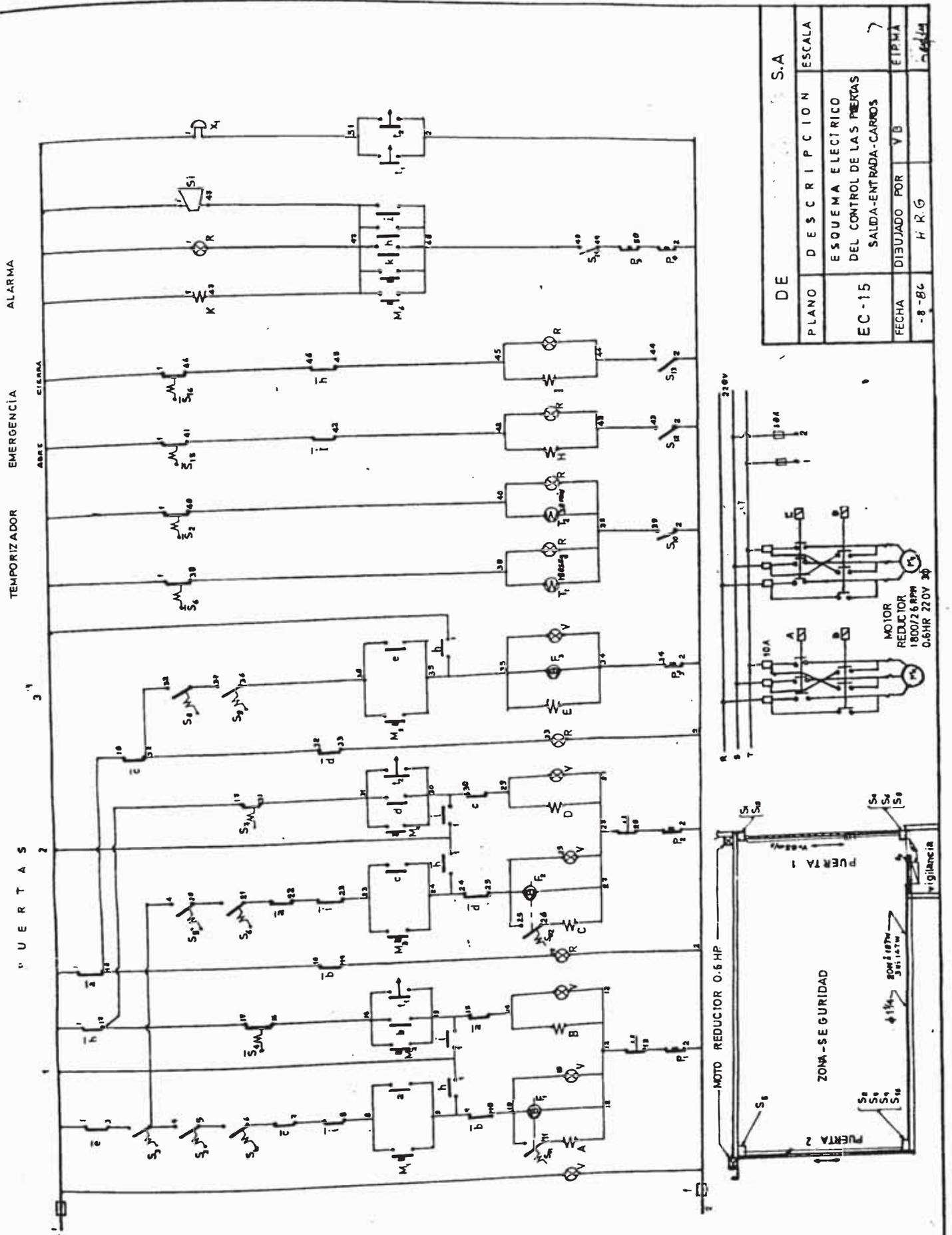
ELEMENTOS QUE INTERVIENEN EN EL SISTEMA DE CONTROL

<u>Nomenclatura</u>	<u>Nombre</u>	<u>Ubicación</u>	<u>Función</u>	<u>Especificación</u>
A	Contactador	T.M	Alimentación motor abre puerta N° 1	IHP, 220Vol, Telemecanique
B	Contactador	T.M	Alimentación motor cierra puerta N° 1	LCI-0093M, AC3, 60Hz IDEM
C	Contactador	T.M	Alimentación motor abre puerta N° 2	IDEM
D	Contactador	T.M	Alimentación motor cierra puerta N° 2	IDEM
E	Contacto Auxiliar	T.M	Hace el enclavamiento eléctrico a P2 y P3	Meca:Telemecanique Cod: Ca2 - DN122M
H	Contacto Auxiliar	T.M	Mando abrir las puertas en emergencia	IDEM
I	Contacto Auxiliar	T.M	Cierra las puertas en emergencia	IDEM
K	Contacto Auxiliar	T.M	Alarma	IDEM

<u>Nomenclatura</u>	<u>Nombre</u>	<u>Ubicación</u>	<u>Función</u>	<u>Especificación</u>
S	Interruptor de Posición	Puerta N° 1	Señal de Funcionamiento	Telemecanique: XCK-J10511
S <sub>1</sub>	IDEM	Lado Izquierdo Puerta N° 1	Control final de carrera Puerta N° 1	IDEM
S <sub>2</sub>	IDEM	Lado derecho Puerta N° 2	Enclavamiento Mecánico de la puerta N° 2 con P1	IDEM
S <sub>3</sub>	IDEM	Lado derecho Puerta N° 3	Enclavamiento Mecánico de la puerta N° 3 con P2 y P1	IDEM
S <sub>4</sub>	IDEM	Lado derecho Puerta N° 1	Final de carrera de la puerta N° 1 al cerrar	IDEM
S <sub>5</sub>	IDEM	Lado izquierdo Puerta N° 2	Final de carrera de la puerta N° 2 (al abrir)	IDEM
S <sub>6</sub>	IDEM	Lado derecho Puerta N° 1	Enclavamiento mecánico de puerta N°1 con la N°2	IDEM
S <sub>7</sub>	IDEM	Lado derecho Puerta N° 2	Final de la carrera de la puerta N° 2 (al cerrar)	IDEM
S <sub>8</sub>	IDEM	Lado derecho Puerta N° 1	Enclavamiento mecánico de puerta N°1 con P3	IDEM
S <sub>9</sub>	IDEM	Lado derecho Puerta N° 2	Enclavamiento mecánico de puerta N°2 con P3	IDEM

<u>Nomenclatura</u>	<u>Nombre</u>	<u>Ubicación</u>	<u>Función</u>	<u>Especificación</u>
S <sub>10</sub>	IDEM	T.M	Control del temporizador	IDEM
S <sub>11</sub>	Interruptor de manija	T.M	Control del Sistema de emergencia	Telemecanique: XB2-BJ21
S <sub>12</sub>	IDEM	T.M.	Control de las puertas al abrir	IDEM
S <sub>13</sub>	IDEM	T.M.	Control de las puertas al cerrar	IDEM
S <sub>14</sub>	IDEM	T.M.	Llave de control de la alarma	IDEM
S <sub>15</sub>	Interruptor de posición	Lado izquierdo	Final de carrera de las puertas (al abrir)	Telemecanique: XCK-J10511
S <sub>16</sub>	IDEM	Puerta N° 1 Lado derecho puerta N° 2	Final de carrera de las puertas (al cerrar)	IDEM
S <sub>17</sub>	Interruptor de manija	T.M	Llave de control de la campanilla	Telemecanique: XB2-BJ21
f	Fusible 10A	T.M	Para corto circuito	Telemecanique: DF2-EA10
Si	Bocina	Torreón	Alarma	220Vol radio de acción 300 mts
X <sub>1</sub>	Campanilla	Parte externa de vigilancia	Pre-alarma	Ticino 220Vol

<u>Nomenclatura</u>	<u>Nombre</u>	<u>Ubicación</u>	<u>Función</u>	<u>Especificación</u>
F <sub>1</sub>	Chapa Eléctrica	Puerta N° 1	Asegura la puerta N° 1	Fabricación Interna Electroimán de 1Kg Fucria 220Vol
F <sub>2</sub>	Chapa Eléctrica	Puerta N° 2	Asegura la puerta N° 2	IDEM
T <sub>1</sub>	Temporizador (TIMER)	T.M	Temporiza el tiempo de pre-aviso	Telemecanique: LA <sub>2</sub> - D <sub>24</sub> 10 - 180 Seg.
F <sub>3</sub>	Chapa Eléctrica	Puerta N° 3	Asegura la puerta N° 3	Fabricación interna Electroimán 1K-F, 220Vol.
T <sub>2</sub>	Temporizador (TIMER)	T.M	Temporiza el tiempo para la alarma	National: MLP-220Vol 0 - 30'
V	Luz señalización verde	T.M	Señal de acción	Telemecanique: XB2-BV73 220Vol.
R	Luz señalización rojo	T.M	Señal de Parada	Telemecanique: XB2-BV74 220Vol.
P	Pulsador de parada	T.M	Señal de Parada	Telemecanique: Xb2-BA42
M	Pulsador de marcha	T.M/Torreon	Señal de marcha	Telemecanique: XB2-BA31



DE		S.A	
PLANO	DESCRIPCION	ESCALA	
EC-15	ESQUEMA ELECTICO DEL CONTROL DE LAS PUERTAS SALIDA-ENTRADA-CARRIOS		7
FECHA	DIBUJADO POR	V B	ETPJA
-8-86	H R G		20/14

## CAPITULO 7

### DISEÑO DE LA SUB-ESTACION DEL TABLERO DE DISTRIBUCION Y PUESTA A TIERRA

#### 7.1 Diseño de la Sub-Estación

##### 7.1.1 Cálculos Eléctricos: En 10Kv

###### Datos:

Longitud de la Línea desde S.E.(Electrolima) a S.E.  
Particular 1.125Km

Potencia eléctrica: 350Kw; temp. diseño 25°C

Tensión : 10Kv; temp. ambiente 20°C

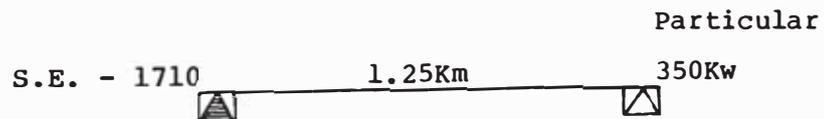
Factor potencia : 0.8 ; temp. máximo conduct. 75°C

###### a) Cálculo de la Corriente Nominal (In)

$$I_n = \frac{Kw \times 1000}{1.73 \times V \times \cos\phi} = \frac{350 \times 1000}{1.73 \times 10^4 \times 0.8} = 25.28 \text{ Amp.}$$

$$I_n = 25.28 \text{ Amp}$$

###### b) Cálculo del cable subterráneo



###### b.1 Valor de la corriente aparente (I<sub>a</sub>)

$$I_a = \frac{I_n}{K}$$

K = factor de corrección

$$K = K_1 K_2 K_3 K_4 K_5$$

Factor de corrección por temperatura: (K<sub>1</sub>)

$$K_1 = \sqrt{\frac{T_c - T_{ad}}{T_c - T_{ad}}} = \sqrt{\frac{75-20}{75-23}} = 1.048$$

Factor de corrección, por resistividad térmica del terreno = ( $K_2$ )

$$K_2 = 1.0 \text{ arena compacta seca}$$

Factor de corrección por aproximidad de otros cables tendidos bajo suelo = ( $K_3$ )

$$K_3 = 1.0 \text{ (no existe otros cables)}$$

Factor de corrección relativo a la profundidad del tendido del cable = ( $K_4$ )

$$K_4 = 0.95 \text{ profundidad 1.2m}$$

Factor de corrección relativo al tendido en ducto ( $K_5$ )

$$K_5 = 1.0 \text{ (Libre solo en los cruzados de pista)}$$

$$K = K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 = 1.048 \times 1 \times 1 \times 0.95 \times 1$$

$$K = 0.995$$

$$I_a = \frac{I_n}{K} = \frac{25.28}{0.995} = 25.40 \text{ Amp}$$

## b.2 Selección del calibre del conductor

Según tabla de corriente eléctrica para cable NKY de 10Kv y previniendo futuros incrementos de carga escogemos el cable de las siguientes características:

- Material conductor: cobre electrolítico blando
- Material aislante y cubierto: papel impregnado con compuestos no migrante, forro de plomo y cubierta exterior de PVC
- Sección:  $35 \text{ mm}^2$
- Forma del conductor: S.M
- N° de hilos por conductor: 18
- Espesor de aislamiento: 2.8 mm
- Espesor de capa de plomo: 1.5 mm
- Espesor de cubierta PVC: 2.1 mm
- Diámetro total exterior del conductor: 36.9 mm
- Capacidad de corriente: 158.0 Amp
- Tensión de servicio: 10Kv
- Tensión máxima de diseño: 25Kv

### b.3 Cálculo de la caída de tensión

$$\Delta V = 1.73 I_n \times L (R \cos\theta + X_L \text{ sen}\theta)$$

Dando:

$I_n$  = Corriente nominal de la carga = 25.28 amp

$L$  = Longitud del cable

$R$  = Resistencia unitaria del conductor

$\text{Cos}\theta$  = Factor de potencia de la carga

Cálculo de R a 50°C

$$R_{20^\circ\text{C}} = \frac{\rho K_1 K_2 K_3}{S}$$

$$R_{50^\circ\text{C}} = R_{20^\circ\text{C}} (1 + \alpha T)$$

Donde:

$K_1$  = Factor dependiente del diámetro de los hilos del alma = 1.03

$K_2$  = Factor que depende del cableado del alma = 1.00

$K_3$  = Factor que depende de la reunión de los conductores = 1.02

$\alpha$  = Coeficiente de temperatura = 0.00393 a 20°C

$\rho$  = Resistividad del cable =  $\frac{17.6 \Omega \times \text{mm}^2}{\text{Km}}$ ,

a 20°C

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

$$R_{20^\circ\text{C}} = \frac{17.6 \times 1.03 \times 1.00 \times 1.02}{35} = 0.528 \frac{\Omega}{\text{Km}}$$

$$R_{50^\circ\text{C}} = 0.528 \left[ 1 + 0.00393 (55-20) \right]$$

$$R_{50^\circ\text{C}} = 0.6009 (\Omega/\text{Km})$$

CALCULO de  $X_L$  :  $X_L = 2 \pi F L$

$$L = 3.28 (0.1404 \lg \frac{S}{r} + K) 10^{-3} \text{ H/Km}$$

L = Inductancia en Henrios/Km

S = Distancia interaxial entre conductores

$$= 9.47\text{mm}$$

r = Radio del conductor = 3.33 mm

K = Constante: depende del N° de hilos del conductor desnudo = 0.0169 (18 hilos)

$$L = 3.28 \left[ 0.1404 \lg \frac{9.47}{3.33} + 0.0169 \right] 10^3 \text{ H/Km}$$

$$L = 0.26446 \times 10^{-3} \text{ H/Km}$$

$$X_L = 2 \pi f L = 377 \times 0.26446 \times 10^{-3} \Omega/\text{Km}$$

$$X_L = 0.0997 \Omega/\text{Km}$$

CALCULO DE  $\Delta V$  en %

$$\Delta V = 1.73 \text{ In } L (R \cos \theta + X_L \text{ Sen} \theta)$$

$$\Delta V = 1.73 \times 25.28 \times 0.125 (0.60096 \times 0.80 + 0.0997 \times 0.6)$$

$$\Delta V = 2.955 \text{ vol}$$

$$\% \Delta V = \frac{2.955 \times 100}{10,000} = 0.0295\%$$

b.4 Pérdida de potencia  $\Delta P$  en %

$$\Delta P = 3 R \text{ In}^2 = 3 \times 0.6009 \times (25.28)^2$$

$$\Delta P = 1,152.06 \text{ watts}$$

$$\% \Delta P = \frac{1,152.06 \times 100}{350 \times 10^3} = 0.329\%$$

De los cálculos efectuados podemos ver, que las pérdidas de tensión y potencia en la línea de 10Kv son mínimas, siendo por lo tanto las especificaciones de los materiales correctos.

c) Cálculo de Barras en 10KV

c.1 Cálculo por capacidad térmica

Determinación de la intensidad máxima de corriente que soporta (Im)

$$I_m = 27 p^{0.43} \sqrt{S} \sqrt{\frac{(T-t)^{5/4}}{[1 + \alpha(T-t)] \rho}}$$

Siendo:

P = Perímetro de la barra en cm

S = Sección de la barra en cm<sup>2</sup>

T = Temperatura máxima a soportar

$\alpha$  = Coeficiente de temperatura

$\rho$  = Resistividad eléctrica

Seleccionaremos una barra con las características siguientes:

- Sección: circular

- Material: cobre electrolítico

- Diámetro: 12 mm

$$\alpha = 0.00393 \text{ 1/}^\circ\text{C} \quad P = \pi d = \pi \times 1.2 = 3.7699 \text{ cm}$$

$$\rho = \frac{1.76 \mu\Omega \text{ mm}^2}{\text{cm}} \quad S = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \times (1.2)^2}{4}$$

$$T = 25^\circ\text{C}$$

$$S = 1.131 \text{ cm}^2$$

$$T = 75^\circ\text{C}$$

Reemplazando datos:

$$I_m = 27 (3.7699)^{0.43} \sqrt{1.131 \times (75 - 25)^{5/4}} \sqrt{[1 + 0.00393(75 - 25)] 1.76}$$

$$I_m = 403.7 \text{ amp}$$

$$I_m > I_n$$

La barra circular ha sido elegido debido a su fácil instalación, fácil acoplamiento para los contactos y menores efectos mecánicos.

### c.2 Cálculo de los Esfuerzos Electrodinámicos

Potencia de corto circuito: 200MVA (dato de Electrolima)

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{200}{\sqrt{3} \times 10} = 11.56 \text{ KA}$$

#### c.2.1 Determinación de la Corriente Máxima de corto circuito de choque (I<sub>ccch</sub>)

$$I_{ccch} = 2.5 \times I_{cc}$$

$$\text{Donde: } 2.5 = \gamma \sqrt{2} \quad , \quad \gamma = 1.8$$

$$I_{ccch} = 2.5 \times 11.5 = 28.9 \text{ KA}$$

#### c.2.2 Cálculo - Esfuerzo por unidad de longitud (P)

$$P = \frac{2.04 \cdot I_{ccch}^2}{d} \quad \left( \text{Kg/m} \right)$$

d = distancia separación entre barras

$$= 40 \text{ cm}$$

$$P = \frac{2.04 \cdot 28.9^2}{0.40} = 42.59 \text{ Kg/m}$$

#### c.2.3 Fuerza ejercida sobre la barra (P)

$$P = P \times L \quad L = \text{longitud de las barras entre aisladores}$$

$$L = 7.5 \text{ cm}$$

$$P = 42.59 \times 0.75 = 31.94 \text{ Kg}$$

Fuerza de diseño P'

$$P' = KP \quad K = \text{factor de seguridad}$$

$$K = 2$$

$$P' = 2 \times 31.94 = 63.88 \text{Kg}$$

La fuerza P' será soportado por aisladores; para nuestro caso se empleará aisladores de 400Kg de esfuerzo

c.2.4 Momento flector producido por P (M<sub>p</sub>)

$$M_p = \frac{P \times L}{16} = \frac{34.07 \times 80}{16} = 149.71 \text{ Kg-cm}$$

c.2.5 Momento necesario (W<sub>n</sub>)

$$W_n = \frac{M_p}{K} \quad \text{esfuerzo del cobre } 1200 \text{ Kg/cm}^2 = K$$

$$W_n = \frac{149.71 \text{ Kg} \times \text{cm}}{1200 \text{ K/cm}^2} = 0.124 \text{ cm}^3$$

c.2.6 Momento resistente (W<sub>R</sub>)

$$W_R = \frac{\pi d^3}{32} = \frac{\pi \times (1.2)^3}{32} = 0.1696 \text{ cm}^3$$

$$W_R > W_n$$

De los cálculos efectuados vemos que las barras podrán soportar los esfuerzos electrodinámicos producidos por la corriente

c.3 Cálculo por resonancia:

Cálculo de la frecuencia (F)

$$F = \frac{112}{W L^4} \sqrt{E \times J}$$

Donde:

E = Módulo de elasticidad (del cobre)  
=  $1.25 \times 10^6$  kg

J = Momento de inercia de la sección sobre un eje del conductor perpendicular al plano de oscilación

$$J = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{\pi \times 1.2^4}{64} = 0.1017 \text{ cm}^4$$

W = Peso de la barra kg/cm =  $9.85 \times 10^{-3}$  Kg/cm

L = Longitud libre de la barra en cm L = 75cm

Reemplazando valores:

$$F = 112 \sqrt{\frac{1.25 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^3 \times 0.1017 \text{ cm}^4}{9.85 \times 10^{-3} \text{ Kg/cm} \times (75 \text{ cm})^4}} = 71.53 \text{ Hz}$$

$$F = 71.53 \text{ Hz}$$

La oscilación mecánica no debe hallarse alrededor del 10% de la frecuencia de la red (60 Hz) o sea debe ser mayor de 66Hz o menor de 54 Hz

Del cálculo vemos que frecuencia de resonancia es  $71.53 \text{ Hz} > 66 \text{ Hz}$  por lo tanto el dimensionamiento es correcto

7.1.2 Cálculo de las Dimensiones del Ducto de Ventilación en la Cabina de la S.E.

Para mayor seguridad vamos a asumir las peores condiciones que se puede presentar como es, la ventilación con aire seco a temperatura de 35°C

a) Cálculo del aire seco:

$$G = \frac{342 P}{T} \text{ Kg/m}^3 \quad \text{ó} \quad G_h = \frac{342 P}{T} - \frac{0.176 \phi h_1}{T} \text{ Kg/m}^3$$

Donde:

G = aire seco en Kg/m<sup>3</sup>

G<sub>h</sub> = aire humedo en Kg/m<sup>3</sup>

P = Presión del aire en atmósfera

T = Temperatura absoluta en K

$\phi$  = Grado de Humedad

h<sub>1</sub> = tensión parcial del vapor de agua en atmósfera

Datos adicionales del aire:

Calor específico del aire seco:  $0.238 \text{ K caloría}$   
Kg°C

osea que para elevar la temperatura de 1 Kg 1°C se necesita 0.238 K cal.

Para transportar 1K calorías con un incremento de 1°C se necesita X Kg de aire seco

$$X = \frac{1}{0.238 (t_1 - t)} = 4.2 \text{ Kg}; \quad t_2 - t_1 = 1$$

$T_1$  = Temperatura de salida del aire de la cabina

$T$  = Temperatura de entrada de aire a la cabina

Cálculo del volumen de aire para transportar 1K caloria a una diferencia de temperatura de  $(t_1 - t)$

$$V = \frac{1}{0.238 (t_1 - t)} \times \frac{T}{342 P} \quad (m^3)$$

Kw x h = 866 K calorías

b) Cálculo del Flujo de Aire Necesario por KW-h( $\dot{V}$ )

$$\dot{V} = \frac{1}{0.238 (t_1 - t) \frac{K \text{ cal}}{Kg}} \times \frac{T}{342 P} \left( \frac{m^3}{Kg} \right) \frac{860 K \text{ cal}}{(Kw-h)}$$

$$\dot{V} = 10.6393 \frac{t}{(t_1 - t) P} \text{ Kw-h} \quad m^3$$

Reemplazando valores:  $t_1 = 50^\circ C = 323 \text{ K}$   
 $t = 35^\circ C = 308 \text{ K}$   
 $P = 1 \text{ atmósfera}$

$$\dot{V} = \frac{10.6339 \times 308}{(323 - 308) \times 1} = 218.46 \text{ m}^3/\text{Kw-h}$$

c) Cálculo de la Energía Disipada en la Cabina:

Dos transformadores de 500 KVA c/u (con proyección)

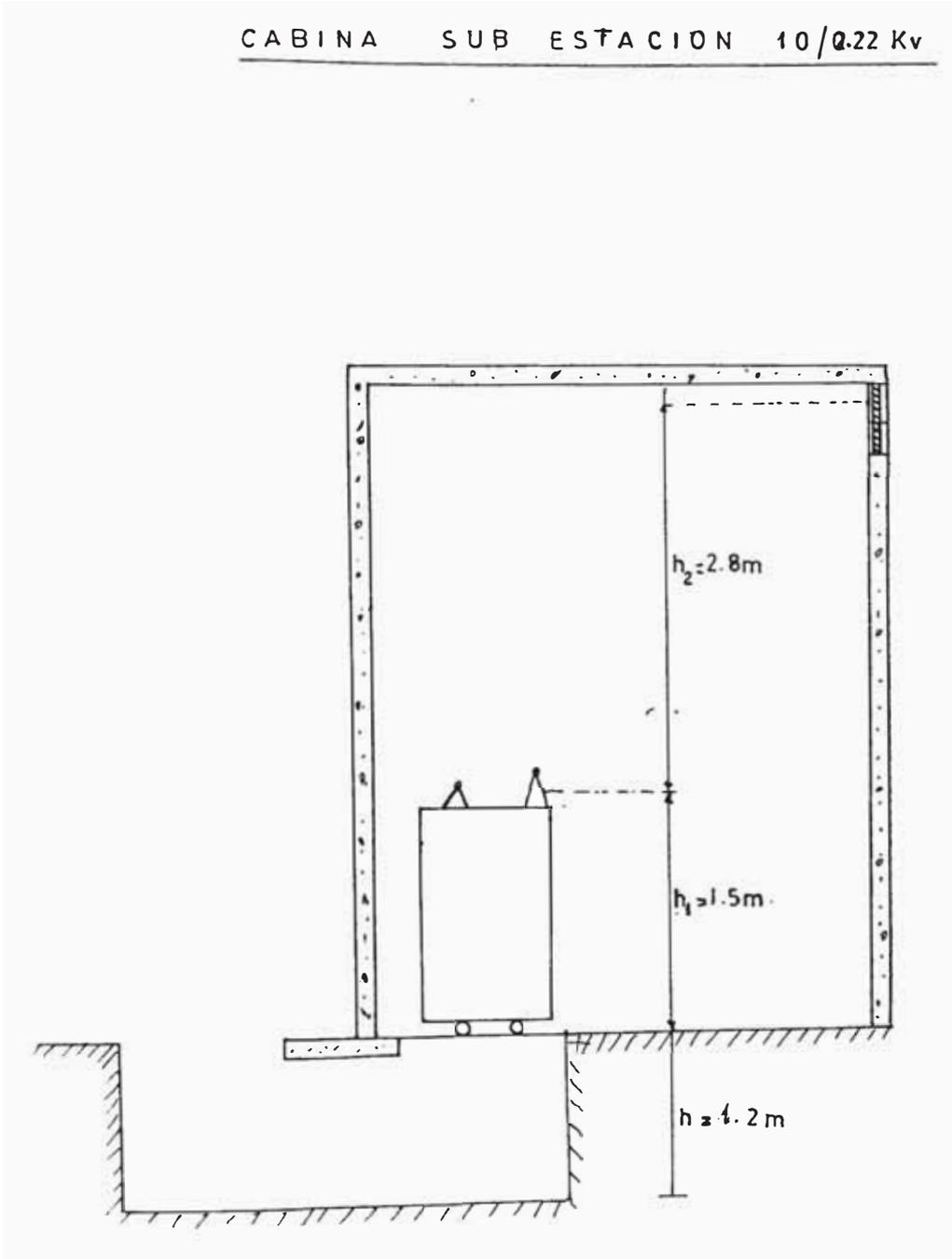
Pérdida en el cobre 7,000 W c/u = 1.5%

Pérdida en el fierro 1500 W c/u = 0.3%

Pérdidas Totales: 7,000 x 2 + 1500 x 2 = 17,000

watts

CABINA SUB ESTACION 10/0.22 Kv



d) Cálculo del Flujo de Aire a la Entrada ( $\dot{V}_e$ ):

$$\dot{V}_e = Kw \text{ (disipada)} \times V \text{ (flujo necesario)}$$

$$\dot{V}_e = 17Kw \times 218.46 \frac{m^3}{Kw-h} = 3,713.82 \text{ m}^3/h$$

$$\dot{V}_e = 1.03 \text{ m}^3/\text{seg}$$

e) Cálculo de la Fuerza Ascensorial del Aire:

La fuerza ascensorial se obtendrá sumando las fuerzas ascensoriales parciales de la altura de la cabina.

Podemos asumir que la temperatura se eleva durante el recorrido del transformador (h) tomando como temperatura media la semi suma de la temperatura menor y la mayor.

Temperatura media ( $t_m$ ).-

$$t_m = \frac{T_1 + t_2}{2} = \frac{35 + 50}{2} = 42.5^\circ C$$

$$P_o = \frac{h}{1 + \alpha t} - \frac{h}{1 + \alpha t_1}$$

donde:

$P_o$  = Fuerza ascensorial del aire

$h$  = Altura parcial de la columna de aire (del transformador)

$t_1$  = Temperatura del aire interior en  $^\circ C$

$t_2$  = Temperatura del aire exterior en  $^\circ C$

$\alpha$  = Coeficiente de temperatura  $\frac{1}{273} = 0.00366T^{-1}$

Calculando:  $T_1 = 42.3^\circ\text{C}$

$$Po_1 = \frac{1.5}{(1 + 0.00366 \times 35)} - \frac{1.5}{(1 + 0.00366 \times 42.5)} = 0.0315$$

$$Po_2 = \frac{2.8}{(1 + 0.00366 \times 35.0)} - \frac{2.8}{(1 + 0.00366 \times 50)} = 0.115\text{m}$$

$$Pt = Po_1 + Po_2 = 0.03151 + 0.115 = 0.1450 \text{ mt}$$

La fuerza ascensorial del aire vale 0.1450 mt de columna de aire

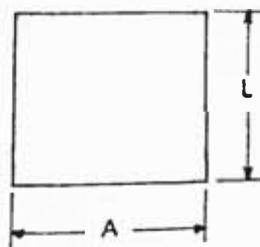
La fuerza ascensorial que adquiere el aire por el calentamiento debe ser mayor que la resistencia que oponen todos los canales de flujo de aire

La resistencia que debe vencer la fuerza ascensorial del aire son:

- 1) Frotamiento contra las paredes
- 2) Pérdidas por cambios bruscos
- 3) Altura dinámica (fuerza necesaria para la circulación)
- 4) Altura para vencer la presión eventual de vientos exteriores

f) Dimensionamiento del Canal de Entrada

El área del canal debe ser de tal manera que el flujo de aire al pasar por ella no tenga muchas pérdidas



$$L = 1.2\text{m} \quad A = 1.1\text{m}$$

$$S = 1.2 \times 1.1 = 1.32\text{m}^2$$

f.1 Velocidad del aire a la Entrada del Canal (V)

$$V = \frac{\text{Flujo } (\dot{V}_e)}{\text{área (A)}} = \frac{1.03 \text{ (m}^3/\text{s)}}{1.32 \text{ m}^2} = 0.78 \text{ m/seg}$$

f.2 Cálculo de la pérdida (Po')

Por Bernolli

$$Po'' = h_o + h_w = \frac{V_a^2}{2g} + h_w$$

Donde:

Po' = Presión del aire la entrada del sistema de canales en el aire

Va = Velocidad del aire a la entrada del sistema

hw = Pérdidas totales de presión

ho = Altura dinámica

hw = hr + h0      hr = pérdida por fricción

h0 = pérdida por cambio de dirección y sección

$$hr = h_o \times \frac{\phi UL}{A}$$

$$\text{Si } R = \frac{\phi UL}{A}$$

$$hr = h_o R$$

Donde:

$\phi$  = Coeficiente de fricción entre las paredes y el aire

L = Longitud del canal

U = Perímetro de la sección canal

A = Area del canal

R = Resistencia del canal

$$h_w = h_o R + h\phi$$

$$\text{de } Po'' = h_o + hR + h_o\phi = h_o (1 + R + \phi)$$

Si tomamos en cuenta la temperatura

$$h_o = \frac{v^2}{2g(1 + \alpha T)}$$

$$P_o'' = \frac{v^2}{2g(1 + \alpha t)} (1 + R + \beta)$$

El canal de entrada está cubierto con una malla de 15mm de ancho e hilos de 1.2mm de diámetro  $\beta = 1$  :

f.2.1 Pérdida de Presión a la entrada ( $h_a$ )

$$h_a = \frac{v^2}{2g(1 + \alpha t)} (1 + R + \beta)$$

$$R = 0$$

$$V = 0.72 \text{ m/s}$$

$$h_a = \frac{(0.72)^2}{2 \times 9.81 (1 + 0.00366 \times 35)} (1 + 1)$$

$$h_a = 0.0549 = 0.055 \text{ mt.}$$

f.2.2 Pérdidas por Resistencia en el canal ( $h_b$ )

Sección del canal:  $A = 1.1 \times 1 = 1.10 \text{ m}^2$   
(asumido)

$$V = \frac{V_e}{A} = \frac{1.03 \text{ m}^2/\text{s}}{1.1 \text{ m}^2} = 0.937 \text{ m/s}$$

$$\text{Longitud del canal} = L = 5.5 \text{ m}$$

$$\text{Perímetro del canal} = P = 4.2 \text{ m}$$

$$\frac{P}{A} = \frac{4.2}{1.1} = 3.81$$

Del gráfico:

(Public. Ing. Aguiler)

$$\frac{R}{L} = 0.024$$

L

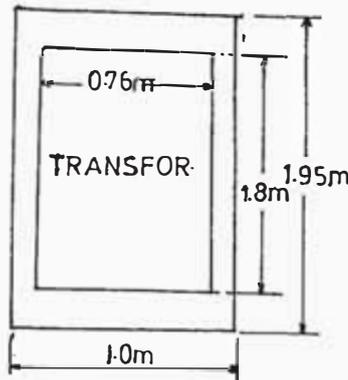
$$R = 0.024 \times 5.5$$

$$R = 0.132 \text{ mt.}$$

$$h_b = \frac{(0.937)^2}{2 \times 9.81(1 + 0.00366 \times 35)}(1 + 0.132)$$

$$h_b = 0.0449 \text{ mts}$$

Cálculo de la Pérdida en el codo recto (hc)



$$A_t = 1.95 \times 1 = 1.95 \text{ m}^2$$

$$A_T = 1.80 \times 0.76 = 1.36 \text{ m}^2$$

$$A_L = 0.59 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{LIBRE TOTAL}} = 2A_t = 1.18 \text{ m}^2$$

Velocidad de ascenso en cono (V)

$$V = \frac{1.03 \text{ m}^3/\text{s}}{1.18} = 0.873 \text{ m/s}$$

$$h_c = \frac{v^2}{2g(1 + t)} = \frac{0.873^2}{2 \times 9.81(1 + 0.00366 \times 42)} = 0.030 \text{ m}$$

Pérdidas a la salida del aire (hd)

El aire sale por cuatro ventanas de dimensiones

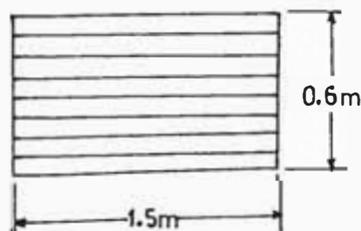
$$\text{Dimensión L} = 1.5 \text{ mt}$$

$$A = 0.6 \text{ mt}$$

$$\text{Area} = 0.9 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{total}} = 0.9 \times 4 = 3.6 \text{ m}^2$$

$$\text{Area Real} = 0.65 \times 3.6 = 2.34 \text{ m}^2$$



VELOCIDAD DE SALIDA (V)

$$V = \frac{\dot{V}_s}{AR} = \frac{1.08}{2.34} = 0.4651 \text{ m/s}$$

$$hd = \frac{0.4615^2}{2 \times 9.81 \times (1 + 0.00366 \times 50)} (1 + 0.5)$$

$$hd = 0.0137 \text{ mt}$$

$$h \text{ total} = ha + hb + hc + hd = 0.1435 \text{ mt}$$

Estas pérdidas deben ser compensada por la fuerza ascensorial del aire

$$F_{ascensorial} = 0.1450 > 0.1435$$

7.2 Diseño del Tablero, Distribución en 220 Voltios (Potencia 500KVA)

a) Cálculo de la corriente Nominal (In)

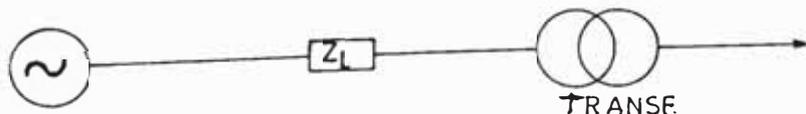
$$I_n = \frac{KVA}{3 \times 220} = \frac{500}{380} = 1,315.78 \text{ Amp}$$

$$Z_t = \frac{E_c \times E^2}{100 \times N} = \frac{4.5 \times (10 \times 10^3)^2}{100 \times 500 \times 10^3} = 9 \Omega$$

$$Z_L = \frac{V}{\sqrt{3} \times I_{cc}} = \frac{10,000}{\sqrt{3} \times 11,560} = 0.4994 \Omega$$

$$Z_T = Z_T + Z_L = 9 + 0.499 = 9.499 \Omega$$

b) Corriente de corto circuito lado alta transformado



$$I_{cc10kv} = \frac{10,000}{3 \times 9.494} = 607.80 \text{ AMP}$$

$$I_{cc10kv} = \frac{10,000}{3 \times 9.0} = 641.50 \text{ AMP}$$

c) Corriente de corto circuito lado baja transformado

$$I_{cc} = \frac{607.8 \times 10,000}{220} = 27,627.22 \text{ Amp.}$$

$$I_{cc} = \frac{641.5 \times 10,000}{220} = 29,159.1 \text{ Amp}$$

Nota.- La potencia en alta se calcula para 1000KVA para un posible incremento de carga en el futuro; esta carga está reservado para 500KVA

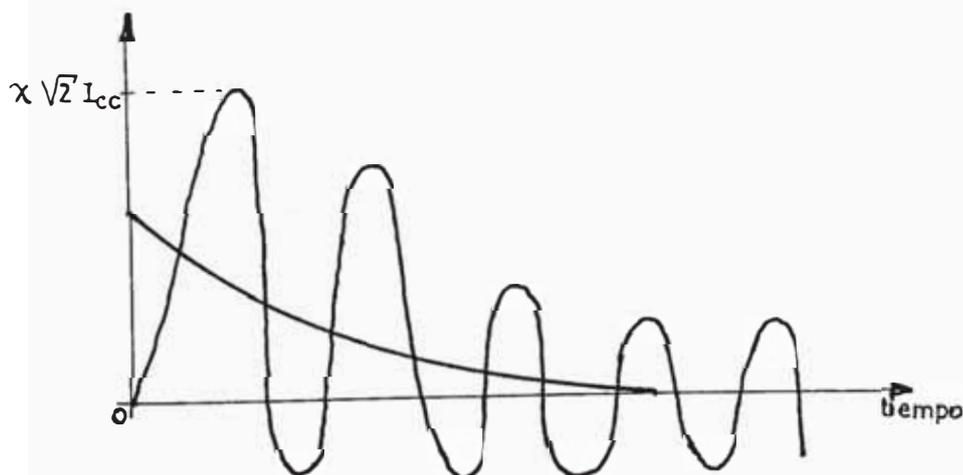
Todos los cálculos de baja se están efectuando para una capacidad de 500KVA

La instalación futura de un 2do. transformador de 500KVA será independiente del primero, con una conexión puente para casos de emergencia, (mantenimiento o falla de uno), esto previo control de la carga

Esta disposición nos bajará la potencia de corto circuito con una desventaja en el factor de simultaneidad.

d) Diseño de las Barras del Tablero:

Cálculo de los efectos de corto circuito



Efectos mecánicos:

$$I_{ch} = \sqrt{2} \gamma I_{cc}$$

$$\gamma = 1.8 \quad \text{Valor máximo } R/X \approx 0$$

1) Cálculo de la corriente de choque (I<sub>ch</sub>)

$$I_{ch} = \sqrt{2} \times 1.8 \times 27.62 = 70.30 \text{ KA}$$

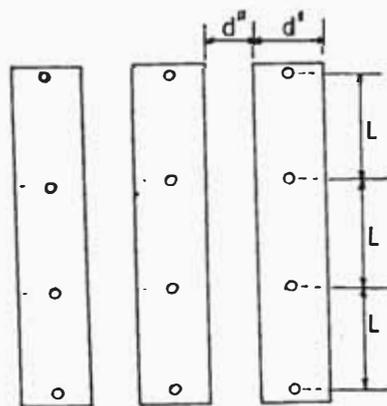
2) Cálculo de la Fuerza de atracción y repulsión, por efecto de la corriente máxima (I<sub>ch</sub>) (P)

$$P = \frac{2.04 L \times I_{ch}^2 \times 10^{-8}}{d} \text{ (Kg)}$$

Para 1 metro de barra y I<sub>ch</sub> en KA tenemos:

$$P = \frac{2.04 I_{ch}^2}{d(\text{cm})} \text{ (Kg/m)} \quad I_{ch} = \text{KA}$$

3) Distribución de las Barras en el Tablero



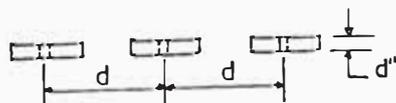
$$d' = 8 \text{ cm}$$

$$d''' = 1 \text{ cm}$$

$$d'' = 5 \text{ cm}$$

$$d = 10 \text{ cm}$$

$$L = 70 \text{ cm}$$



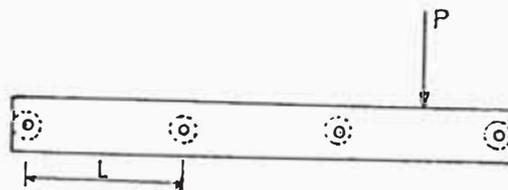
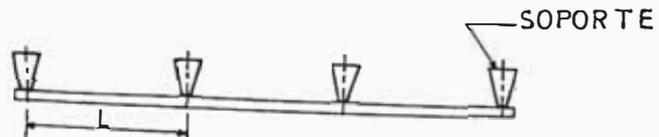
Las barras están en un solo plano en la parte frontal interior del tablero

Asumimos: Distancia entre aisladores

$$L = 70 \text{ cm}$$

Distancia entre barra y barra

$$d = 10 \text{ cm}$$



$$P = \frac{2.04 \times 70.30^2}{10 \text{ cm}} = 1008.18 \text{ Kg/m}$$

$$P = 1008.18$$

$$P = 1008.18 \times 0.7 = 705.7 \text{ Kg}$$

$$P = 705. \text{Kg}$$



4) Cálculo del momento debido a la fuerza (P)

$$M_b = \frac{PL}{16} = \frac{705.7 \times 70}{16} = 3,084.3 \text{ (viga continua)}$$

$$M_b = \frac{PL}{10} = \frac{705.7 \times 70}{10} = 4,935 \text{ Kg/cm (viga apoyada)}$$

El caso nuestro es el (1) por lo tanto

$$M_b = 3.084.3 \text{ Kg/cm}$$

5) Cálculo del momento resistente ( $W_R$ )

$$W_R = \frac{Mb}{K_b}$$

$$K_b \in 1000 - 1200 \text{ Kg/m}^2$$

$K_b$  = carga admisible del cobre

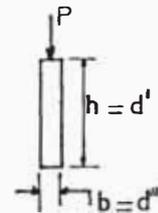
$$\text{asumimos } K_b = 1100$$

$$W_R = \frac{3,084.3}{1,100} = 2.803 \text{ cm}^3$$

6) Cálculo momento resistente de la barra ( $W_{Rb}$ )

$$W_{Rb} = \frac{bh^2}{6}$$

$$W_{Rb} = \frac{1 \times 8^2}{6} = 10.66 \text{ cm}^2$$



De las tablas, según normas DÍN 46411 a las frecuencias de 40 a 60Hz :

$$I_n = 1,315.78 \text{ AMP Sección barra } 8\text{cm}^2$$

$$\bullet \bullet \text{ barra } 8 \times 1 \quad I_n = 1,540 \text{ AMP.}$$

Comparando  $W_R$  y  $W_{Rb}$  tenemos:

$$W_{Rb} > W_R \quad , \quad 10.66 > 2.803$$

7) Cálculo coeficiente de seguridad (CS)

$$CS = \frac{1.066}{2.803} = 3.803$$

8) Cálculo de la frecuencia natural de la barra

$$F = \frac{112}{L^2} \sqrt{\frac{EJ}{W}}$$

L = Distancia entre apoyos  
= 70 cm

E = Módulo de elasticidad del material  
=  $1.25 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^3$

J = Momento de inercia de la barra  
=  $bh^3 \text{ Kg/cm}^2$

W = Peso de la barra  
= 7.12 Kg/m

La frecuencia de la barra no debe ser igual a la frecuencia del sistema; de producirse esto, estaría en resonancia; trayendo como consecuencia un incremento considerable de P (esfuerzos dinámicos) que originarían falla en barra.

La frecuencia debe estar en un rango de  $\pm 10$  diferente de la red:

Reemplazando valores:

$$J = \frac{bh^3}{12} = \frac{1 \times 8^3}{12} = 42.66 \text{ cm}^3$$

$$F = \frac{112}{(70 \text{ cm})^2} \sqrt{\frac{1.25 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^3 \times 42.66 \text{ cm}^3}{0.0712 \text{ Kg/cm}}} = 625.5 \text{ c/s}$$

$$F = 625.5 \text{ C/S}$$

$$F = f' + 10\% f'$$

$$F = 2 f' + 10\% f'$$

9) Cálculo del esfuerzo térmico ( $\Theta$ )

Para efectos del cálculo se tomaron las condiciones:

- El calor específico del material es constante
- No existe transferencia de calor al exterior

$$\Theta = \frac{K I_{cc}^2 (t + \Delta T)}{A^2} \quad \text{en } ^\circ\text{C}$$

K = Constante del material para Cu = 0.0058

A = Area de la barra = 800 mm<sup>2</sup>

I<sub>cc</sub> = Corriente de corto circuito = 27,620 A

t = Tiempo de corto circuito

ΔT = Depende de (I<sub>ch</sub>/I<sub>cc</sub>)

$$\Delta T = \frac{(I_{ch})^2 T'}{(I_{cc})^2} = \frac{(70,300)^2 \times 0.6}{(27,600)^2} = 3.85(\text{Seg})$$

T' = Factor de tiempo de la máquina (0.6)

Θ = Sobre elevación de temperatura

Reemplazando valores

$$\Theta = \frac{0.0058 (27,660)^2 (3 + 3.85)}{800^2} = 47.7 ^\circ\text{C}$$

temperatura de la barra = 60 + 47.7 = 107.7°C

De los cálculos efectuados de Esfuerzo dinámico de la barra, Resonancia en la barra, Esfuerzo térmico y Capacidad térmica, vemos que en la cuarta CONDICIONES cumple satisfactoriamente los requisitos de diseño, por lo tanto:

La barra será: - Material: Cobre Electrolítico  
- Sección: 8 x 1cm  
- Longitud 2.30mt  
- Distancia entre barra = 5cm  
- Ubicación en un solo plano perpendicular al piso  
Tablero 60 cm de ancho  
200 cm de alto  
260 cm de largo  
5 celdas de 60, 50, 50, 50, 50.

7.2.1. Especificaciones Técnicas de los Equipos de Alta de la Sub-Estación

Botella Terminal para cable NKY-3 x 35mm<sup>2</sup> tripolar

Tensión Nominal 12 Kv, montaje interior

Tensión servicio 10Kv

SECCIONADOR

Marca Strombery

Tipo Ojom 320/630A

Tensión Nominal 12 Kv

Corriente Nominal 630A

Capacidad de Corto circuito 16.4KA

FUSIBLE

Tipo HSE - Serie 10

Tensión Nominal 11Kv

Capacidad corto circuito 25KA

Potencia de Corto Circuito 40MVA

Corriente Nominal 40 Amperios

DISYUNTOR en Volúmen Reducido de Aceite

Marca Strombery

Tipo OSAM24A2

Tensión Nominal 12KV

Corriente Nominal 800Z

Capacidad de Corto Circuito simétrico 250MVA

Capacidad de Corto Circuito Asimétrico 29.5KA<sub>S</sub>

RELES DE PROTECCION BBC

Relé directo de sobre corriente

Corriente de desenganche regulable 1.2-2 IN

Regulación de tiempo 0.45 seg - 3 seg

Disparo instantáneo

Tipo HBI

AISLADORES PORTA VARILLA DE PORCELANA

De forma crónica con bornes concéntricos y frenos de fija-

ción interior

Tensión de Servicio 12Kv

Resistencia mecánica a la torsión 7,000 PSI

Resistencia Mecánica a la Tracción 7,000 PSI

Resistencia Mecánica a la compresión 1,000 PSI

TRANSFORMADOR DE POTENCIA TRIFASICO

Potencia Nominal 500KVA

Frecuencia  $60\text{H}_2$

Tensión 10Kv/0.22Kv

Nº de TAPS 5(I 2.5%  $\pm$  5 %)

Conexión DYII

Nº de Borres en baja 3

Tensión de corto circuito 5%

Temperatura ambiente máximo 40°C

Sistema de enfriamiento: Natural

Con tanque de expansión deshumecedor

Termometro y válvula de vaciado de aceite

Barras de alta tensión: redondo  $\varnothing$  12mm de cobre electrolítico

#### 7.2.1 Especificaciones Técnicas de los equipos de baja

Tablero de distribución de fierro e =  $\frac{1}{16}$

Dimensiones Ancho 70cm

Largo 260cm

Altura 200cm

Equipado con:

Barras de cobre electrolítico de 8 cm

Disyuntor de baja

Marca Westinghouse

Tipo PB. TRI-PAC

Polos:3

Corriente: 1600A

Voltios: 600vol

Icc 200KA

Transformador de Tensión

Rango 220/220

Clase 1.0

Potencia 15KA

Transformador de Corriente

Rango 1500/5A

Clase 1.0

Potencia 15KA

Conmutador amperimétrico Línea a línea, 220Vol

Conmutador Voltimétrico Línea a línea 380Vol

Amperímetro de cuadro 96 x 96cm

Escala 0 - 1500A            Transf 1500/5

Clase 1.5

Tipo Fierro móvil

Voltímetro de cuadro 96 x 96cm

Escala 0 - 300Vol

Clase 1.5

Tipo Fierro móvil

Cosfímetro de cuadro 96 x 96cm

Escala 0.5 ind - 0.5cap.

Clase 1.5

Tipo Logométrico

Frecuencímetro de cuadro 96 x 96cm

Escala 55 - 65HZ

Tipo de vibración

Pilotos de Señalización: Rojo y Verde

Marca : Telemecanique

Bornera de plástico de 10 salidas 2 mm<sup>2</sup>

Aislador porta barra de baguetita

Tipo cónico

Esfuerzo: 750Kg

	Cant.
Interruptor-Fusible 250A Tensión: 380Vol Polos: 3 Corriente asimétrica: 50 KA <sub>S</sub> Tipo: OESA Marca: STROMBERY	3
Interruptor fusible 650A Tensión : 380Vol Polos: 3 Corriente asimétrica 50KA <sub>S</sub> Tipo: OESA Marca: STROMBERY	1
Interruptor fusible 400A Tensión: 380Vol Polos: 3 Corriente Asimétrica 50KA <sub>S</sub> Tipo: OESA Marca: STROMBERY	1

### 7.3 SISTEMA PUESTA A TIERRA

#### 7.3.1.- Finalidad de la Puesta a Tierra

En términos generales la puesta a tierra se efectúa para lograr conducir y/o dispersar diversos tipos de corrientes eléctricas para:

- a) Evitar gradientes peligrosas entre una superficie metálica y el suelo con el fin de:
  - Proteger a las personas de tensiones de paso de baja magnitud
  - Proteger a los equipos, evitando potenciales nocivos y descargas entre sus elementos
  
- b) Propiciar un circuito conductor/dispersor de baja impedancia a un menor costo, con el objeto de tener:
  - Una dispersión rápida de alta corriente, evitando sobretensiones de rayo o deterioros por corrientes de corto circuito.
  - Correcta operación de la protección para relés, manteniendo los potenciales referenciales.

#### 7.3.2.- Comportamiento Eléctrico de la Tierra

La tierra representa generalmente un mal conductor; pero gracias al amplio volumen disponible, se puede lograr niveles conductivos aceptables para su utilización. La mala conductividad del terreno se debe a la presencia de óxido de silicio y óxido de aluminio que son altamente resistivos. Pero como la conducti-

vidad representa en fenómeno esencialmente electroquímico o electrolítico y por lo tanto, dependen de la cantidad de agua depositada en el terreno o del nivel de humedificación existente y de otros factores como son:

- a) Predisposición del terreno a conservar el agua
- b) La granulometría del material y su contenido de sólidos solubles de relleno
- c) La temperatura promedio y sus variaciones extremas en ciclo estacional normal

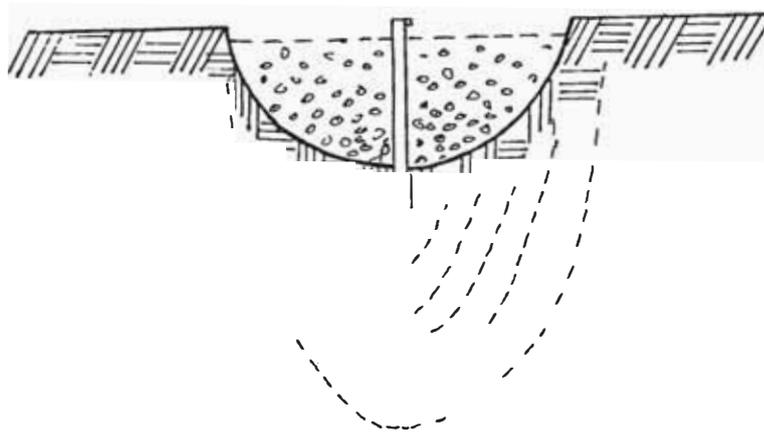
El parámetro asociado al comportamiento eléctrico del suelo como conductor es la resistividad específica (OHMIO-METRO, OHMIO-CM) que generalmente se le conoce como resistividad aparente ya que la magnitud medida no corresponde a un medio homogéneo ISOTROPO; por otro lado tenemos el parámetro representativo de la resistencia de puesta a tierra (OHMIO) conocido también como resistencia de derrame.

Como se ha mencionado anteriormente, la tierra es un mal conductor de la electricidad; pero este se corrige dependiendo de la configuración de los electrodos utilizados y de materiales de relleno que se acondicionan el pozo. Para el caso de los suelos arenosos o pedregozos, podría adaptarse el sistema de pozo con jabalina y conducto elicoidal o espiral, relleno de capas superpuestas de tierra de cultivo, bentonita, carbón vegetal y un compuesto electrolítico que puede ser sal común, sulfato de magnesio ó sulfato de cobre; para otros tipos de terrenos se adaptará otras configuraciones y preparaciones del terreno que en muchos casos también depende de la disponibilidad del terreno.

### 7.3.3 Métodos de Puesta a Tierra.-

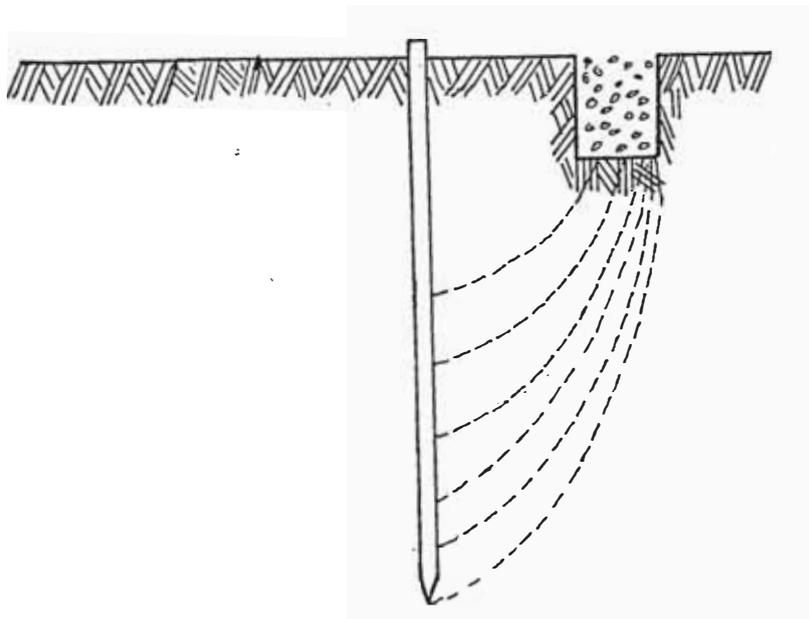
7.3.3.1 Método del Hoyo Central.- Para este tipo se prepara un hoyo de 0.5 mts de profundidad y 1.2 mts de diámetro; en cuyo centro se eleva una jabalina. Luego se espansa 60 Kg de sal común en el hoyo; finalmente se vierte agua, compensando las filtraciones iniciales; el cubrimiento exterior se hace con un material filtrante o filtrable.

El electrodo debe ser una jabalina resistente a la corrosión de 1.5mts de largo y 0 1/2 en punta.



HOYO C E N T R A L

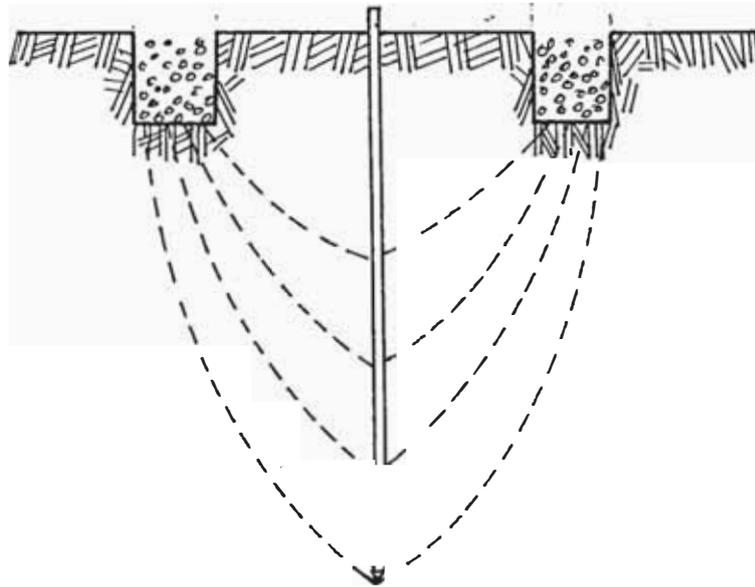
7.3.3.2 Método del Pozo Paralelo.- Consiste en clavar una jabalina en el suelo y paralelamente a 0.4mts de distancia se caba un pozo cuyas dimensiones pueden ser 0.7mts de profundidad y 0.6mts de diámetro; en él se depositan 60kg de sal escogida; luego se vierte agua, compensando las filtraciones iniciales y finalmente se coloca una tapa o se rellena con material grueso. Este método es recomendable cuando el espacio disponible es restringido.



POZO PARALELO

7.3.3.3 Método de la Zanja Perimétrica.- Método utilizado cuando hay amplio espacio disponible; consiste en clavar una jabalina en el suelo y alrededor de ella 0.3mts de distancia se cava una zanja de 0.3mts de ancho por 0.4mts de profundidad. Luego se deposita en ella 65kg de sal escogida y agua, compensando las filtraciones iniciales.

La tapa de la zanja se hace con material de grano grueso, fácilmente filtrable.

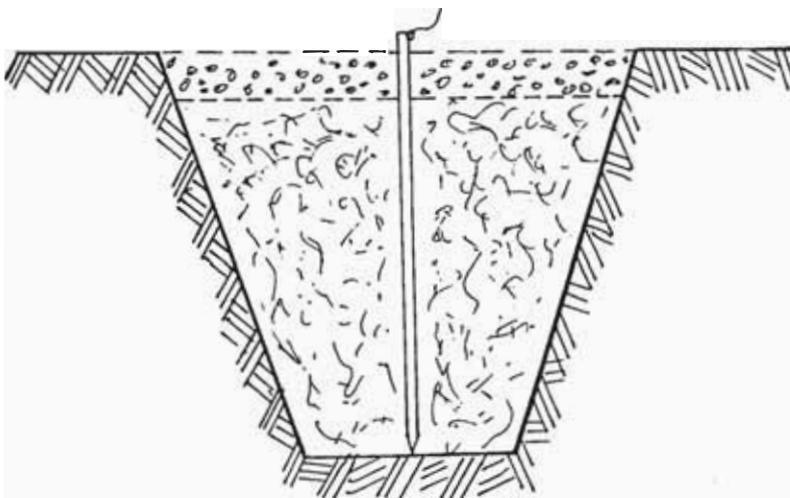


ZANJA PERIMETRICA

7.3.3.4 Método de Pozos con Relleno.- Se efectúa con excavación de 1.5 a 3 metros de profundidad con un diámetro de 0.6mts en la base. La jabalina es clavada en el centro, dejando la cabeza unos 0.3mts por debajo del nivel del suelo; el relleno consiste en:

- Tierra cernida sin piedra (de la excavación)
- Tierra vegetal húmeda (tierra de cultivo)
- Carbón vegetal (molido grueso)
- Sal común (grano grueso)

En algunos casos se utiliza bentonita



#### 7.3.4 Tipos de Relleno del Pozo.-

7.3.4.1 Relleno mezclado.- Antes de echar al pozo se mezcla y luego de mojar las paredes del pozo y su base se introduce en el pozo; este procedimiento es menos eficaz pero requiere menos mantenimiento.

7.3.4.2 Relleno por capas.- Los rellenos previamente humedecidos se van aplicando por capas uniformes mojando abundantemente las paredes y la base del pozo; en caso de intercalarse bentonita con la tierra vegetal su aplicación será en forma de una masa saturada de agua. Generalmente se rellena en 3 niveles de 3 capas cada una en el orden siguiente: Tierra vegetal, carbón vegetal y sal común.

7.3.5 Valores de Resistencia a Tierra (R) en Ohmios.-

$R \geq 1$	Excelente
$5 < R < 15$	Buena
$15 < R < 30$	Mediocre

7.3.6 Cálculo de los Parámetros de Puesta a Tierra.-

7.3.6.1 Condiciones:

Tipo de Terreno: Semi-arcillosa  
Tipo de Relleno: Por capas (10 capas)  
Tipo de Electrodo: Tubo galvanizado con perforaciones de 0 1/4  
Nivel del Electrodo: 30cm por debajo del nivel suelo  
Resistividad específica del terreno: 20 - 80 (OHMIO-MTS) o resistividad aparente  
Material de relleno: Sal común, carbon vegetal, tierra vegetal y tierra gruesa.

7.3.6.2 Cálculo de la Resistencia a Tierra (R).-

$$R = \frac{0.366 \rho \lg \left( \frac{2L}{d} \right) \sqrt{4h + 3L}}{L \sqrt{4h + L}}$$

Valores asumidos:

- Longitud jabalina (L) L = 2.50 mt
- Diámetro jabalina (d) d = 0.060 mt
- Nivel del suelo (h) h = 0.30 mts
- Resistividad del terreno ( $\rho$ ) = 30 (Ohmios-m)

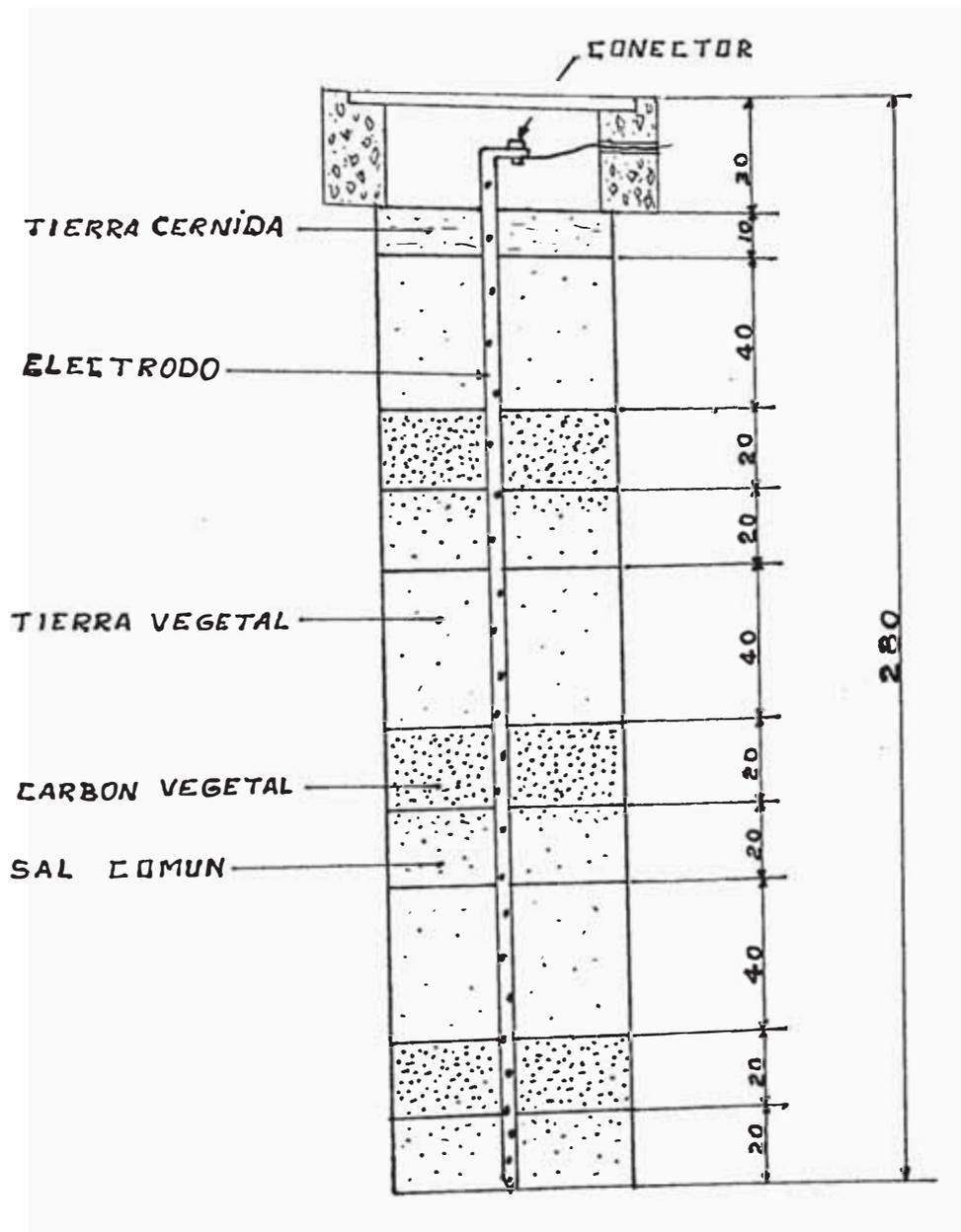
Reemplazando valores en la ecuación (R)

$$R = \frac{0.366 (30 \text{ Ohmio-Mt})}{2.5 \text{ mt}}$$
$$\times \lg \frac{2 \times 2.5 \sqrt{4 \times 0.3 \text{ mt} + 3 \times 2.5 \text{ mt}}}{0.060 \sqrt{4 \times 0.3 \text{ mt} + 2.5 \text{ mt}}} = 9.24 \Omega$$

Dimensionamiento del Pozo.-

- Diámetro del pozo: D = 0.62mt
- Excavación del pozo: H = 2.80mt
- Relleno en 3 niveles: DE: 0.80mt c/u
- Niveles compuesto: 3 capas 0.20, 0.20, 0.40mts.

POZO DE TIERRA



## CAPITULO 8

### CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA Y SISTEMA DE EMERGENCIA

#### 8.1 Corrección del Factor de Potencia

La energía reactiva es causa de muchos problemas dentro de un Sistema eléctrico, pero a su vez es necesario para la formación de los campos magnéticos que requieren ciertas máquinas durante su funcionamiento . Esta energía no se convierte en potencia mecánica pero si oscila entre el generador y el dispositivo de consumo; constituyendo una carga adicional en las líneas, los transformadores y generadores, causando elevaciones de temperaturas y caídas de tensión .

La compensación de esta energía (reactiva) es muy necesaria en las plantas industriales, debido al alto costo que se factura por su consumo y a los problemas de sobre carga de las líneas. Generalmente en las plantas industriales el medio más práctico y económico para mejorar el factor de potencia es el uso de capacitores estáticos, cuyas características predominan sobre los demás:

- Las pérdidas son muy pequeñas, no exceden de 0.35% KVAR de condensador
- Son mas baratos
- Fáciles de trasladar e instalar
- No necesitan mantenimiento constante
- Son de diferentes capacidades

Todas estas ventajas son mas que suficientes para determinar el uso de este tipo de capacitores

8.1.1 Influencia de las Variables Eléctricas

Frecuencia de Operación.- La potencia reactiva que suministra un condensador es directamente proporcional a la relación de frecuencia que existe entre la frecuencia de la red y la frecuencia nominal del capacitor o sea:

$$\text{KVAR (suministrado)} = \frac{F(\text{red})}{F(\text{Cap})} \text{KVAR(Nom.Cap)}$$

Tensión de Operación.- La potencia reactiva que suministra es directamente proporcional al cuadrado de la relación de tensiones entre la Red y la Tensión del Capacitor:

$$\text{KVAR (suministrado)} = \left( \frac{V_{\text{red}}}{V_{\text{Nom.Cap}}} \right)^2 \text{KVAR (Nom.Cap)}$$

Potencia de Operación.- La potencia suministrado por un capacitor es directamente proporcional a la frecuencia de operación a su capacidad y a la tensión aplicada entre sus bordes

$$\text{KVAR (suministrado)} = 2 \pi F C (V)^2$$

KVAR Potencia reactiva suministrado por el capacitor  
(monofásico)

C = Capacidad del Capacitor

F = Frecuencia de Operación c/s

V = Tensión Aplicada entre sus bornes

8.1.2 Influencia de los Capacitores en la Potencia de Transformadores

El consumo de energía reactiva va disminuir al aumentar el F.D.P., aumentando de esta manera la capacidad de carga de los transformadores:

$$\Delta KW = KW_2 - KW_1 = KVA(\cos\theta_2 - \cos\theta_1)$$

$$\% \Delta KW = 100 \frac{(\cos\theta_2 - 1)}{\cos\theta_1}$$

Donde:

$\Delta KW$  := Incremento de la carga activa para el transformador en Kilovatios

$KW_2$  := Potencia activa a transformar después de la compensación

$KW_1$  := Potencia activa que transforma antes de la compensación

$KVA$  := Potencia aparente (Kilovolts-Ampers) del transformador

$\cos\theta_1$  := Factor de potencia antes de la compensación

$\cos\theta_2$  := Factor de Potencia después de la Compensación

Cálculo de la Compensación de Transformadores sobrecargados:

Cálculo del factor de potencia actual (sobrecargada)

$$\cos\theta_1 = \frac{KW}{KVA + KVA}$$

Cálculo del factor de potencia nominal:

$$\cos\theta_2 = \frac{KW}{KVA}$$

Conociendo  $\text{Cos}\theta_1$  y  $\text{Cos}\theta_2$  podemos calcular KVAR

$$\text{KVAR} = \text{KW} (\text{Tg}\theta_1 - \text{Tg}\theta_2)$$

Donde: KVAR Potencia reactiva del banco de condensadores que hay que instalar para no sobrecargar el transformador

Determinación del Factor de Potencia a través del consumo global de Energía

$$\text{Cos}\theta = \frac{\text{KWh}}{\text{KWh}^2 + \text{KWARh}^2}$$

KWh = Kilowatios - Hora consumida por mes

KWARH = Kilovares reactivo - Hora consumida por mes

Las magnitudes KWh, KWARh suelen venir especificados en los recibos mensuales de la compañía eléctrica

Este  $\text{Cos}\theta$  viene a ser el factor de potencia media, que es muy práctico cuando la carga no está sujeta a grandes alteraciones durante las horas de trabajo.

Si la carga es variable se pueden tomar mediciones en las horas picos y bajos con instrumentos de medición.

Si las magnitudes de las cargas son muy altas y la inversión demanda mayor estudio económico es recomendable tomar registros del consumo de la potencia activa y reactiva, el cual nos va a indicar los valores de energía reactiva que se requieren en diferentes horas de trabajo.

### 8.1.3 Tipos de Compensación

La compensación puede ser individual por grupo o mixto dependiendo del tipo de carga y cantidad de máquinas cuyas potencias son de mayor ingerencia dentro del sistema.

#### 8.1.3.1 Compensación Individual

Consiste en instalar los capacitores junto a cada uno de las cargas inductivas; con este método se obtiene todos los beneficios técnicos que ofrece la compensación.

#### 8.1.3.2 Compensación por Grupo

Consiste en colocar los capacitores a un punto de la red eléctrica que alimenta las cargas inductivas. En este método no se logran íntegramente los beneficios técnicos de la compensación, pero tienen la ventaja de invertir una menor cantidad en capacitores.

#### 8.1.3.3 Compensación Mixta

Es el método más usual y económico, consiste en la combinación adecuada de los dos métodos anteriores. La Compensación de los equipos de gran consumo de potencia reactiva se efectúa en forma individual; para el resto se instala un banco fijo o dividido en secciones según la disponibilidad de espacio o capacidad de carga de los conductores.

#### 8.1.4 Compensación de Motores

En los motores la demanda de la potencia reactiva varía con las condiciones de carga disminuyendo en condiciones de carga baja. Cuando la compensación es individual el valor del capacitor debe ser ajustado a condiciones de carga baja o marcha en vacío, para evitar el fenómeno de autoexcitación del motor, que puede originarse en el momento de la desconexión, produciéndose tensiones de autoexcitación mientras el motor sigue girando por inercia.

Estas tensiones pueden alcanzar valores más altos que la tensión nominal del motor, poniendo en peligro el aislamiento del motor, así como, los capacitores.

La tabla N:3 XVIII-6 del código eléctrico del Perú indica los valores máximos admisibles de KVAR que pueden tener los condensadores para motores de inducción trifásico.

CODIGO ELECTRICO DEL PERU

Potencia	3600 R.P.M		1800 R.P.M		900 R.P.M	
	Capacidad Maxima KVAR	Reducción de la Co- rriente de Línea %	KVAR	%	KVAR	%
CV						
10	2.5	9	4.0	11	5.0	17
15	2.5	9	5.0	11	7.5	16
20	5.0	9	5.0	10	7.5	15
25	5.0	9	7.5	10	10.0	14
30	7.5	9	10.0	9	10.0	13
40	10.0	9	10.0	9	12.5	12
50	12.5	9	12.5	9	15.0	12
60	15.0	9	15.0	8	15.5	11
75	17.5	9	17.5	8	20.0	10
100	22.5	9	22.5	8	25.0	10
125	25.0	9	27.5	8	30.0	9
150	32.5	9	35.0	8	37.5	9
200	42.5	9	42.5	8	45.0	9

Para motores mayores de 200HP tambien se puede calcular la capacidad del condensador a poner midiendo la corriente de vacio con la siguiente fórmula:

$$Q_c = 0.9 \times I_o \times V_n \times \sqrt{3} \text{ (KVAR)}$$

donde:

Capacidad del condensador en KVAR =  $Q_c$

Corriente en vacio en Amp =  $I_o$

Tensión nominal en K Volts. =  $V_n$

### 8.1.5 Compensación de Transformadores.

Para transformadores la potencia de compensación se halla entre el 4% y el 10% de la capacidad nominal del transformador en KVA, dependiendo del tamaño. Para compensar la potencia reactiva en vacio se debe instalar en el secundario (tensión menor) condensadores de los valores siguientes:

TABLA DE VALORES DE KVAR DE CONDENSADOR (C.E.P.)

KVA Nominal KVA Nominal Transformador	Transformador con tensión superior		
	Potencia del Condensador en KVAR		
	5 a 10KV	15 a 2KV	25 a 30KV
25	2.0	2.5	3
50	3.5	5.0	6
75	5.0	6.0	7
100	6.0	8.0	10
160	10.0	12.5	15
250	15.0	18.0	22
315	18.0	20.0	24
400	20.0	22.0	28
630	28.0	32.0	40
1000	45.0	50.0	55

Cuando se efectúa este tipo de instalación el banco de capacitores debe usar resistencias de descarga ya que la apertura de los fusibles en caso de avería impediría la descarga a través del devanado del transformador

#### 8.1.6 Ventajas de la Compensación

La conexión del factor de potencia nos lleva a obtener los beneficios siguientes:

- a) Reducir en forma sustancial el importe del pago de las facturas por concepto de consumo de energía reactiva.
- b) Aumentar la capacidad de carga de las líneas eléctricas y transformadores
- c) Reducir la pérdida de energía en forma de calor por efecto Joule
- d) Mejorar la regulación de tensión
- e) Reducir los costos de equipos de potencia debido a la disminución de capacidad.
- f) Funcionamiento más estable de las máquinas por la mejora en la estabilidad y caída de voltaje.

#### 8.1.7 Determinación de la Compensación

La compensación se debe efectuar teniendo en cuenta los valores picos e intermedios del consumo de la energía reactiva esto es muy importante y necesario para lograr una compensación técnica económica y obtener todas las ventajas que nos brinda la compensación.

8.1.7.1 Pasos a seguir para efectuar la compensación:

- a) Confeccionar un diagrama unifilar simplificado del sistema de potencia, indicando en ella la carga reactiva (KVAR) existente en cada punto.
- b) Tomar diagramas de carga diaria para registrar las características de las curvas de potencia reactiva (KVAR) activa (KW) y aparente (KVA) y del factor de potencia ( $\cos\phi$ ). Estos diagramas deben ser tomados en la entrada general del suministro de la planta y en puntos internos seleccionados dentro del sistema eléctrico.
- c) Verificar la capacidad real de cada banco de condensadores, existente en la planta. Estos estaban en buen estado entregando su potencia nominal (KVAR)
- d) Medir la potencia reactiva en vacío de los motores asíncronos de gran potencia (mayores de 200HP). Esto no se efectuó por que los motores de mayor potencia que cuenta la planta es de 20HP.
- e) Determinar la potencia reactiva en vacío de los transformadores de potencia. Se ha estimado en un 5% de la potencia nominal (25 KVAR).
- f) Tomar diagramas de carga en la entrada después de efectuar la compensación (con este diagrama se efectuaron los ajustes necesarios de la compensación. Actualmente la facturación por energía reactiva es bajo del orden de los S/ (10,000 a 40,000).

8.1.8. Cálculo del Factor de Potencia de la Carga

8.1.8.1 Valores de Cosθ antes de la corrección del F.D.P.

		C O S θ									
<del>HORA</del> <del>FECHA</del>		7am	8am	9am	10am	11am	12am	13pm	14pm	15pm	16pm
8-85		0.95	0.93	0.94	0.95	0.93	0.94	0.93	0.94	0.92	0.94
9-85		0.94	0.94	0.93	0.93	0.94	0.95	0.95	0.94	0.94	0.95

Para encontrar el valor medio va aplicar fórmulas estadísticas:

$$\overline{\text{Cos}\theta} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \text{Cos}\theta_i \quad \begin{array}{l} i = 1 \dots \dots \dots n \\ n = 10 \end{array}$$
$$\sqrt{\text{Cos}\theta} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\text{Cos}\theta_i - \overline{\text{Cos}\theta})$$

Donde:

$\sum \text{Cos}\theta$  = sumatorio de los valores de  $\text{Cos}\theta$

$n$  = Número de valores de  $\text{Cos}\theta$

$\overline{\text{Cos}\theta}$  = Valor medio del  $\text{Cos}\theta$

$\sqrt{\text{Cos}\theta}$  = Desviación Standar del  $\text{Cos}\theta$

Cálculo del  $\overline{\text{Cos}\theta}$ :

$$\overline{\text{Cos}\theta}_1 = \frac{0.95 + 0.93 + 0.94 + 0.95 + 0.93 +}{10} + \frac{0.94 + 0.93 + 0.94 + 0.92 + 0.94}{10}$$

$$\overline{\text{Cos}\theta}_1 = 0.937$$

$$\sqrt{\text{Cos}\theta}_1 = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^n (\text{Cos}\theta_{1i} - 0.937) = 0.0076$$

$$\overline{\text{Cos}\theta}_2 = \frac{0.94 + 0.94 + 0.95 + 0.93 + 0.94 +}{10} + \frac{0.95 + 0.95 + 0.94 + 0.94 + 0.95}{10}$$

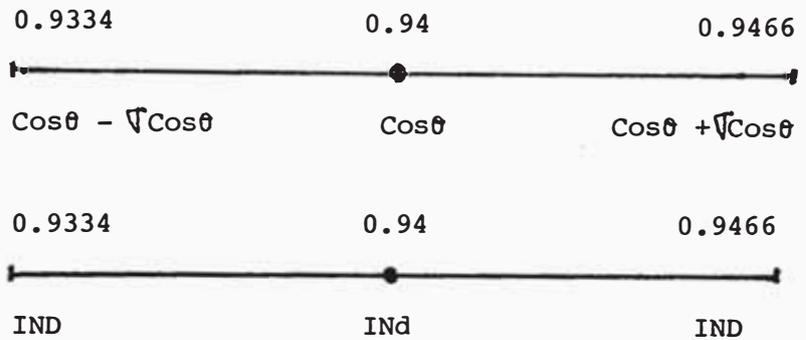
$$\overline{\text{Cos}\theta}_2 = 0.943$$

$$\overline{\cos\theta}_2 = 0.943$$

$$\sqrt{\cos\theta}_2 = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} (\cos\theta_{2i} - 0.937) = \frac{0.056}{10} = 0.0056$$

$$\cos\theta = \frac{\overline{\cos\theta}_1 + \overline{\cos\theta}_2}{2} = \frac{0.937 + 0.943}{2} = \underline{0.94}$$

$$\sqrt{\cos\theta} = \frac{\sqrt{\cos\theta}_1 + \sqrt{\cos\theta}_2}{2} = \frac{0.0076 + 0.0056}{2} = \underline{0.0066}$$



Como puede verse en el gráfico el F.D.P. de la carga es aceptable pero vamos a mejorarla aumentando de 0.94 a 0.994

#### 8.1.8.2 Cálculos de los KVAR para la Compensación:

$$\text{KVAR} = \text{KW} (T_{g\theta 1} - T_{g\theta 2})$$

$$\cos\theta_1 = 0.94 \quad ; \quad T_{g\theta 1} = 0.36295$$

$$\cos\theta_1 = 0.99 \quad / \quad T_{g\theta 2} = 0.14249$$

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

Reemplazando los Datos en 1:

$$\text{KVAR} = 140\text{KW} (0.36295 - 0.14249) = 30.86\text{KVAR}$$

$$\text{KVAR} = 32 \text{ KVAR}$$

5            Condensadores de 6 KVAR

1            Condensadores de 2 KVAR

### 8.1.2.3 Redistribución de los Bancos de Condensadores.-

Los diagramas de carga fueron tomados en la parte principal (acometida) con fecha 22.02.82. La toma de estos diagramas dieron resultados esperados de acuerdo a la facturación que nos remite Electrolima.

Este diagrama nos sirvió para compensar nuestro F.D.P. en forma adecuada las 24 horas.

Para el rediseño no ha sido necesario efectuar otra vez la toma de los diagramas porque a partir de esa fecha la compensación se viene efectuando en forma individual y por secciones, de acuerdo al incremento de la carga en el sistema, obteniendo resultados satisfactorios.

Visto el diagrama de carga de KW y KVAR de años anteriores y de acuerdo a las mediciones tomadas del F.D.P (con el cosfímetro); además teniendo en cuenta las ventajas que nos da los tipos de compensación se procedió a efectuar la redistribución e incremento de los bancos de condensadores como sigue.

a) Banco Fijo: Las 24 horas

Para compensar los reactivos del transformador:

Transformador: 500KVA; 60HZ; 10KV/0.22KV

Capacidad-Banco: 500 x 0.05 25 KVAR, 230 Vol-60Hz

Ubicado en el Tablero de Distribución Principal

b) Banco Fijo durante las horas de trabajo:

Sección Maestranza: Banco de 6 KVAR, 220Vol - 60Hz

Sección Máquinas: Banco de 6 KVAR, 220Vol - 60Hz

Sección Joyería: Banco de 6 KVAR, 220Vol - 60Hz

Sección Fundición: Banco de 6 KVAR, 220Vol - 60Hz

Ubicados en cada sección junto al tablero general.

c) Bancos Individuales:

Para máquina : laminadora de 15KW, ubicado en la sección máquinas.

Banco de 6 KVAR - 230Vol - 60Hz

Se conectará con la llave de alimentación a la máquina

Para Máquina: Horno Inducción 15KW, ubicada en la Sección Fundición.

Banco de 6KVAR - 230Vol - 60Hz.

Se conectará con la misma llave de la máquina

Para Máquina: Compresor de 18KW, ubicada en Sección Hornos Manuales.

Banco de 6KVAR - 230Vol - 60Hz

Se conectará en la llave de alimentación de la máquina.

Nota.- Todos los capacitores serán de 6KVAR - 230Vol - 60Hz Trifásico, protegidos con fusibles internos en cada fase (165% de In) en conexión estrella; marca MICAFIL (procedencia Suiza) con resistencia interna de descarga y bobina de choque.  
Temperatura: 25 - 40°C

Observaciones para su Instalación.-

- a) El banco fijo para el transformador estará compuesto de cuatro condensadores de 6 KVAR cada uno osea una carga de 24 KVAR conectado mediante un interruptor fusible de capacidad 250Amp - 230Vol - 60Hz
- b) El dimensionamiento de los cables de conexión se efectuará considerando 35% mas de lo nominal.
- c) La capacidad del fusible será dimensionado para 165% de la corriente nominal.
- d) La capacidad de los condensadores que se colocarán en cada sección son bajos, razón por lo que no necesitan mayor equipo de protección que una llave con sus fusibles adecuados.

8.1.8.4 Cálculo del Factor de Potencia después de Corrección

Datos tomados después de la conexión

FECHA ↓	Cosθ									
Hora →	8 am.	9am.	10am.	11am.	12am.	1pm.	2pm.	3pm.	4pm.	6pm.
2-4-86	0.98I	0.98C	0.98I	0.98C	0.98I	0.97I	0.98I	0.98C	0.98C	0.99I
3-4-86	0.98I	0.98I	0.98I	0.98C	0.98I	0.98C	0.97I	0.98I	0.98C	0.98

Valores a considerarse en los cálculos

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Nº
0.98	1.02	0.98	0.98	1.04	0.97	0.98	1.02	1.02	0.99	1
0.98	0.98	0.98	1.02	0.98	1.02	0.97	0.98	1.02	0.98	2

$$\overline{\text{Cos}\theta}_1 = \frac{0.98 + 1.02 + 0.98 + 0.98 + 1.02 + 0.97 + 0.98 + 1.02 + 1.02 + 1.03 + 0.99}{10}$$

$$= 0.996$$

$$\overline{\text{Cos}\theta_2} = \frac{0.98 + 0.98 + 0.98 + 1.02 + 0.98 + 1.02 + 0.97 + 0.98 + 1.02 + 0.98}{10}$$

$$= 0.991$$

$$\sqrt{\text{Cos}\theta_1} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} |(\text{Cos}\theta_{1i} - 0.996)| = \frac{0.192}{10} = 0.019$$

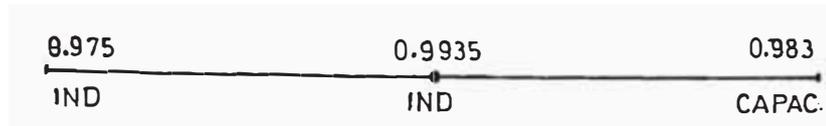
$$\sqrt{\text{Cos}\theta_2} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} |(\text{Cos}\theta_{2i} - 0.991)| = \frac{0.194}{10} = 0.0174$$

$$\text{Cos}\theta = \frac{(\overline{\text{Cos}\theta_1} + \overline{\text{Cos}\theta_2})}{2} = \frac{0.996 + 0.991}{2} = 0.9935$$

$$\sqrt{\text{Cos}\theta} = \frac{\sqrt{\text{Cos}\theta_1} + \sqrt{\text{Cos}\theta_2}}{2} = \frac{0.019 + 0.0174}{2} = 0.0281$$

$$0.975 \qquad 0.9935 \qquad 1.017$$

$$\overline{\text{Cos}\theta} - \sqrt{\text{Cos}\theta} \qquad \text{Cos}\theta \qquad \text{Cos}\theta + \sqrt{\text{Cos}\theta}$$



De acuerdo al gráfico vemos que el factor de potencia esta entre los valores inductivos y capacitivos; oscilando alrededor de un  $\text{Cos}\phi = 1$  (Caso ideal). Estos índices nos indican que la distribución de la carga reactiva es correcta (Bancos permanentes, individuales y mixtos).

## 8.2 SISTEMA DE EMERGENCIA:

Como es de conocimiento el sistema de emergencia cubre la eventualidad de falta de energía eléctrica, para satisfacer los servicios vitales de la planta.

Para el caso particular, como es una Fábrica de Joyería, cuyo movimiento del capital es alto, la paralización del proceso productivo originaría grandes pérdidas por el retraso que produciría en el proceso. Esto nos indica que el costo de poner en funcionamiento un sistema de emergencia para cubrir todas las necesidades principales de las plantas, sin tener que parar el proceso productivo, es aceptable y justificable.

### 8.2.1 Cálculo de la demanda máxima de emergencia.-

La racionalización del fluido eléctrico se efectuará solo para las máquinas que no intervienen en el proceso productivo en forma directa y que no van a afectar la productividad. De acuerdo a estas consideraciones se ha tomado en cuenta las siguientes máquinas:

RELACION DE MAQUINAS DEL SISTEMA DE EMERGENCIA

<u>Máquina</u>	<u>Demanda</u> Kw	<u>Demanda Total</u> Kw
<u>Máquina N° 1</u>		
Laminadora de lámina y alambre	8.97	
Laminadora de alambre	8.63	
Lavadora Ultrasónica	3.00	
Horno recosido	8.50	
Horno disociado	8.50	
Trefiladoras de 13 pasos	5.61	
Prensor Excéntrico electrónico	2.55	
Secadora Centrífuga	3.0	
<u>Laboratorio</u>		44.80
Horno Fundición	3.00	
Estractor N° 1	0.92	
Equipo ataque químico	2.00	
<u>Maestranza</u>		5.92
Torno grande	4.30	
Taladro Vertical	1.47	
Pantógrafo	0.36	
<u>Recuperación</u>		6.13
Estractor	1.87	
Rectificador	1.33	
Bomba filtrante	0.22	
<u>Refinería</u>		3.425
Calentador	6.0	
Bomba dosificadora	0.20	
Estractor N° 1	2.6	
Estractor N° 4	1.76	
<u>Fundición</u>		10.564
Horno Inducción	9.0	
Secadora	4.0	
<u>Joyería</u>		13.0
Pulidoras	7.68	
Aspiradoras	7.52	
Iyectoras	1.5	
		16.701

Máquina	Demanda Kw	Máxima Demanda Kw
<u>Máquina N° 2</u>		
Máquina argolla	4.83	
Maquina de hacer cadena	2.281	
Compresor de aire	18.0Kw	
	TOTAL	125.65 Kw
Ilumincación Oficina	25.0Kw	

Máxima Demanda (MD).

MD = Fuerza + Alumbrado

MD = 125.6 \* FD + 25Kw

FD = 0.6 dato real

MD: 75.36 + 25 = 100.36 Kw

De acuerdo a la demanda de emergencia se seleccionará un grupo electrógeno de 120Kw, 220Vol, 60Hz trifásico.

De acuerdo a las especificaciones de fábrica con valores standard tenemos:

Grupo Electrónico de 135Kw, 230Vol - 60Hz - 3Ø

Motor: General Motor Detroit - Diesel

Serie: 71T - 4A0267743

Modelo: 4 - 71T - 10437305

R.P.M.: 1800

Potencia: 201 BHP

Peso: 1650Kg

Cilindros: 4 en linea de 04.25" carrera = 5"

Cilindrada: 284 Pulg<sup>3</sup> = 4,437.5 cm<sup>3</sup>

Compresor: 17.1

Capacidad : 5 galones

Incluye:

Purificador de aire seco y tubo alimentador.  
Control de temperatura del agua y aceite.  
Control de baja presión de aceite.  
Control de sobre velocidad .  
Arranque eléctrico de 12Vol DC .  
Silenciador residencial.

Generador Key - Power .

Potencia: 135Kw, 168K

Tensión: 220Vol

Frecuencia: 60 Hz

Polos: 4

Cos $\phi$ : 0.8

Amperaje: 468.1

Excitatriz trifásica con giratorio

Regulación automática de voltaje

Modelo: 3170 - 0613

Serie: BC - 30254FB

Panel de instrumentos

Amperímetros 0 - 600Amp

Voltímetro 0-300 Vol

Indicador de presión de aceite

Indicador de temperatura de agua y aceite

Frecuencímetro

Botón de arranque y parada

- El grupo estara conectado al sistema eléctrico de la planta, mediante un interruptor termomagnético y un seccionador fusible.
- Su ubicación se hará cerca al tablero general de distribución de la planta, para un mejor control de todo el sistema eléctrico y mayor cuidado de los mismos.

- El tanque de combustible es de 100 galones, capacidad suficiente para abastecerse durante 8-10 horas trabajando a plena carga.

Los accesorios y tubería para la alimentación del combustible sonm de fierro negro para evitar problemas de deterioro por efecto del combustible.

Se ha equipado con un silenciador tipo residencial, para minimizar el ruido.

CAPITULO 9

METRADO Y PRESUPUESTO

9.1 Análisis de Costos Unitarios

Descripción	Metrado		Costos		Total
	Unidad	Cant.	Unidad	Parcial	
Part. SISTEMA DE FUERZA					
Part.4 Tomacorriente					
Caja Rectangular	Unidad	1	7.0	7.0	
Placa de Tomacorriente	Unidad	1	25.0	25.0	
Tubería PVC-SAP $\phi$ 1/2	Mts	4	10.5	42.0	
Curva PVC-SAP 1/2	Unidad	1	4.5	4.5	
Conductor 2 $\pm$ 14 TW-AWG	Mts	4.0	3.8	15.2	
Pegamento, cinta, aislante	M	0.8	10.5	8.40	102.1
Operario	H.H.	0.6	15.82	9.49	
Oficial	H.H.	3.6	14.03	50.50	59.99
					162.09

Circuitos Derivados y Principales

Part.1 Tuberías PVC-SAP

3 $\phi$	Mts	1	95.24	95.24	
Abrazadera (2 orejas)	Unidad	1	14.29	14.29	
Pegamento y Accesorios	M	0.80	95.24	76.19	185.72
Operario	H.H.	0.25	15.82	3.95	
Oficial	H.H.	2.25	14.03	31.56	35.51
					221.23
2 1/2 $\phi$	Mts	1	82.21	82.21	
Abrazadera 2 1/2 $\phi$	Unidad	1	11.13	11.13	
Pegamento Accesorio Curva	M	0.80	82.21	65.76	159.1
Operario	H.H.	0.20	15.82	3.164	
Oficial	H.H.	2.0	14.03	28.06	31.22
					190.32

2	Mts	1	47.41	47.41	
Abrazadera	Unidad	1	8.23	8.23	
Pegamento y Accesorios	M	0.8	47.41	37.92	93.56
Operario	H.H.	0.25	15.82	39.55	
Oficial	H.H.	2.25	14.03	31.56	35.52
					129.08
1 1/2 $\phi$	Mts	1	29.33	29.33	
Abrazadera	Unidad	1	6.49	6.49	
Pegamento Accesorios	M	0.8	29.33	23.46	59.28
Operario	H.H.	0.12	15.82	1.89	
Oficial	H.H.	1.2	14.03	16.83	18.73
					78.01
1 1/4 $\phi$	Mts	1	25.02	25.02	
Abrazadera	Unidad	1	5.39	5.39	
Pegamento y Accesorio	M	0.8	25.02	20.02	50.43
Operario	H.H.	0.12	15.82	1.89	
Oficial	H.H.	1.3	14.03	16.83	18.73
					69.15
1 $\phi$	Mts	1	18.40	18.48	
Abrazadera	Unidad	1	3.46	3.46	
Pegamento y Accesorio	M	0.8	18.4	14.68	36.54
Operario	H.H.	0.1	15.82	1.58	
Oficial	H.H.	1.0	14.03	14.03	15.61
					52.15

3 4	Mts	1	13.92	13.92	
Abrazadera	Unidad	1	2.69	2.69	
Pegamento y Accesorios	M	0.8	13.92	11.13	27.74
Operario	H.H.	0.1	15.82	1.58	
Oficial	H.H.	1.0	14.03	14.03	15.61
					43.35
1/2 Ø	Mts	1	10.33	10.33	
Abrazadera	Unidad	1	2.01	2.01	
Pegamento Accesorios	M	0.8	10.33	8.26	20.6
Operario	H.H.	0.1	15.82	1.58	
Oficial	H.H.	1.0	14.03	14.03	15.61
					36.21

Part. 2 TUBERIA PVC-SAP

Enterrado en el suelo (0.6m x 0.5)

Ø 5	Mts	1	150	150	
Pegamento Cinta, señalizadora	Lote	1	18	18	168
Peon (excavación relleno)	H.H.	2.25	12.66	15.82	
Operario	H.H.	0.10	15.82	1.58	
Oficial	H.H.	0.25	14.03	3.50	20.90
					188.90
Ø 4	Mts	1	129	129	
Pegamento, cinta señalizadora	M	1	18	18	147.0
Peón	H.H.	1.25	12.66	15.82	
Operario	H.H.	0.10	15.82	1.58	
Oficial	H.H.	0.25	14.03	3.5	20.90
					167.90

Descripción	Metrado		Costos		
	Unidad	Cant.	Unidad	Parcial	Total
Ø 3	Mts	1	95	95	
Pegamento Cinta señalizadora	M	1	18	18	113
Peón	0.75	1.25	12.66	15.82	
Operario	0.10	0.10	15.82	1.58	
Oficial	0.25	0.25	14.03	3.5	20.9
					133.9

Part.3 TUBERIA DE Fe.g. Flexible

1 1/2	Mts	1	65	65	
Conector	Unidad	1.2	123	147.6	212.6
Operario	H.H.	0.10	15.82	1.58	
Oficial	H.H.	0.80	14.03	11.22	12.80
					225.40

1 1/4 Ø	Mts	1	46.2	46.2	
Conector	Unidad	1.2	85	102	148.2
Operario	H.H.	0.1	15.82	1.58	
Oficial	H.H.	0.8	14.03	11.22	12.80
					161.00

1	Mts	1	37.30	37.3	
Conectores	Unida	1.2	68	81.6	118.9
Operario	H.H.	0.1	15.82	1.58	
Oficial	H.H.	0.7	14.03	9.82	11.40
					130.30

Ø 3/4	Mts	1	28.75	28.75	
Conectores	Unidad	1.2	35	42	70.75
Operario	H.H.	0.1	15.82	1.58	
Oficial	H.H.	0.7	14.03	9.82	11.40
					82.15

Descripción	Metrado		Costos		Total
	Unidad	Cant.	Unidad	Parcial	
∅ 1/2	Mts	1	21.2	21.2	
Conectores	Unidad	1.2	24	28.8	50.0
Operario	H.H.	0.1	15.82	1.58	
Oficial	H.H.	0.70	14.03	9.82	11.40
					61.40

Descripción	Unidad	Cant.	Unidad	Parcial	Total
Part.4Conductores Eléctricos solido					
3 N° 14 AWG - TW	M	1	5.4	5.4	
1 N° 14 AWG - TW	M	1	1.8	1.8	7.2
Operario	H.H.	0.07	15.82	1.10	
Oficial	H.H.	0.07	14.03	0.982	2.08
					9.28
3 N° 12 AWG - TW	M	1	9	9	
1 N° 14 AWG - TW	M	1	1.8	1.8	10.8
Operario	H.H.	0.08	15.82	1.26	
Oficial	H.H.	0.08	14.03	1.12	2.38
					13.18
3 N° 10 AWG - TW	M	1	12.0	12.0	
1 N° 12 AWG - TW	M	1	3.0	3.0	15
Operario	H.H.	0.08	15.82	1.26	
Oficial	H.H.	0.08	14.03	1.12	2.38
					17.38
3 N° 8 AWG - TW	M	1	23.4	23.4	
1 N° 12 AWG - TW	M	1	3.0	3.0	26.40
Operario	H.H.	0.2	15.82	3.16	
Oficial	H.H.	0.2	14.03	2.80	5.96
Conductor Cableado					32.36
3 N° 6 AWG -THW	M	1	60	60	
1 N° 10 AWG - TW	M	1	4.0	4.0	64.0
Operario	H.H.	0.2	15.82	3.16	
Oficial	H.H.	0.3	14.03	2.80	5.96
					69.96
3 N° 4 AWG - THW	M	1	75	75	
1 N° 10 AWG - THW	M	1	4.0	4.0	79.0
Operario	H.H.	0.2	15.82	3.16	
Oficial	H.H.	0.3	14.03	4.20	7.36
					86.36

Descripción	Unidad	Cant.	Unidad	Parcial	Total
3 N° 2 AWG - THW	M	1	150	150	
1 N° 6 AWG - THW	M	1	20	20	170
Operario	H.H	0.4	15.82	6.32	
Oficial	H.H	0.4	14.03	5.61	11.93
					181.93
3 N° 2/0 AWG - THW	M	1	120	120	
1 N° 4 AWG - THW	M	1	25	25	445
Operario	H.H	0.4	15.82	6.32	
Oficial	H.H.	0.8	14.03	11.22	17.54
					462.54
3 N° 3/0 AWG - THW	M	1	540.7	540.7	
1 N° 1 AWG - THW	M	1	40	40	580.7
Operario	H.H	0.4	15.82	6.32	
Oficial	H.H	0.8	14.03	11.22	17.54
					598.24
3 N° 4/0 AWG - THW	M	1	746.46	746.46	
1 N° 1/0 AWG - THW	M	1	145.6	145.6	892.06
Operario	H.H	1.5	14.03	21.04	28.95
					921.01
6 N° 500 MCM - AWG - THW	M	1	3,636.6	3,636.6	
1 N° 2/0 MCM - AWG - THW	M	1	169.6	169.6	3,806.2
Operario	H.H	0.5	15.82	7.91	
Oficial	H.H	1.5	14.03	21.04	28.95
					3,835.15
2 N° 14 TWG - TW	M	1	3.6	3.6	
1 N° 14 AWG - TW	M	1	1.80	1.80	5.4
Operario	H.H	0.07	15.82	1.10	
Oficial	H.H	0.07	14.03	0.98	2.08
					7.48

Descripción	Unidad	Cant.	Unidad	Parcial	Total
3 N° 350 MCM - AWG - THW	M	1	1,243	1,243	
1 N° 1/0 AWG - THW	M	1	145.6	145.6	1,388.6
Operario	H.H	0.5	14.82	7.91	
Oficial	H.H	1.5	14.03	21.03	28.95
					1,417.55
Part.5 Pozo de Tierra					
Tierra Vegetal	M <sup>3</sup>	1	260	260	
Sal común	Kg	60	8	480	
Carbón Vegetal	Kg	50	10	500	
Caja de Registro con tapa	Pza	1	100	100	
Conductor 2/0 AWG desnudo	M	1	49.88	780.2	
Conector	Una	1	68	69	
Tubo Fe g 0 2" x 25m	Una	1	250	250	
Tubo PVC-SAP 0 1	M	3	18.4	55.2	2,493.39
Operario	H.H	1	15.82	15.82	
Oficial	H.H	10	14.03	14.03	
Peón	H.H	22	12.66	278.52	434.34
					2,928.04

Part.6 Cajas de Fierro	Unidad	Cant.	Unidad	Parcial	Total
<u>Galvanizado (Pulg)</u>					
1.- 4 x 4 x 2 1/4	Unidad	1	15	15	
Soportes	Lote	estimulo	8	8	23
Operario	H.H	0.15	15.82	2.37	
Oficial	H.H	1.5	14.03	21.04	23.41
					46.41
2.- 6 x 6 x 4	Unidad	1	29	29	
Soporte	Lote	estimulo	8	8	37
Operario	H.H	0.15	15.82	2.37	
Oficial	H.H	1.5	14.03	21.04	23.41
					60.41
3.- 8 x 6 x 4	Unidad	1	50	50	
Soporte	Lote	estimulo	20	8	37
Operario	H.H	0.30	15.82	4.74	
Oficial	H.H	3.0	14.82	54.09	58.83
					128.83
4.- 10 x 6 x 4	Unidad	1	60	60	
Soporte	Lote	estimulo	20	20	80
Operario	H.H	0.3	15.82	4.74	
Oficial	H.H	3.0	14.03	54.09	58.83
					138.83
5.- 10 x 8 x 4	Unidad	1	70	70	
Soporte	Lote	estimulo	20	20	90
Operario	H.H	0.3	15.82	4.74	
Oficial	H.H	3.0	14.03	54.09	58.83
					148.83

6.- 12 x 8 x 4	Unidad	1	80	80	
Soporte	Lote	estimulo	20	20	100
Operario	H.H	0.3	15.82	4.74	
Oficial	H.H	3.0	14.03	54.09	58.83
					158.83
7.- 12 x 10 x 6	Unidad	1	142	142	
Soporte	Lote	estimulo	20	20	100
Operario	H.H	0.3	15.82	4.74	
Oficial	H.H	3.0	14.03	54.09	58.83
					170.83
8.- 16 x 8 x 6	Unidad	1	137	137	
Soporte	Lote	estimulo	25	25	162
Operario	H.H	0.3	15.82	6.32	
Oficial	H.H	3.0	14.03	56.12	62.44
					224.44
9.- 16 x 12 x 6	Unidad	1	202	202	
Soporte	Lote	estimulo	25	25	227
Operario	H.H	0.3	15.82	6.32	
Oficial	H.H	3.0	14.03	56.12	62.44
					289.44
10. 20 x 8 x 6	Unidad	1	190	190	
Soporte	Lote	estimulo	30	30	220
Operario	H.H	0.3	15.82	6.32	
Oficial	H.H	3.0	14.03	56.12	62.44
					282.44
11. 24 x 12 x 6	Unidad	1	360	360	
Soporte	Lote	estimulo	36	36	396
Operario	H.H	0.5	15.82	7.91	
Oficial	H.H	5.0	14.03	70.15	78.06
					474.06

12. 30 x 16 x 12	Unidad	1		610	
Soporte	Lote	estimulo	60	60	670
Operario	H.H	0.5	15.82	7.91	
Oficial	H.H	5.0	14.03	70.15	78.06
					748.06
13. 4 x 2 x 2 1/4 (rectangular)	Unidad	1	15	15	
Soporte	Unidad	1	24	24	39
Operario	H.H	0.2	15.82	3.16	
Oficial	H.H	1.5	14.03	21.04	24.20
					63.26

Descripción	Unidad	Cant.	Unidad	Parcial	Total
<u>Part.7 Sistema Iluminación</u>					
<u>A.- Salidas de alumbrado</u>					
<u>Planta:</u>					
Caja octogonal 4 x 2 1/4	Unidad	1.00	15	15	
Conductor 2 N° 14 AWG-TW	M	4.3	3.6	15.48	
Conductor 2 N° 12 AWG-TW	M	0.5	8.0	4.0	
Conductor 3 N° 8 AWG-TW	M	0.18	23.4	4.21	
Tubería PVC-SAP Ø 1/2	M	3.53	10.5	37.06	
Tubería PVC-SAP Ø 3/4	M	0.20	13.92	2.784	
Tubería PVC-SAP Ø 1	M	0.076	18.4	1.398	
Pegamento cinta y accesorio	M	1.2	10.5	12.6	92.52
Operario	H.H	0.60	15.82	9.49	
Oficial	H.H	4.2	14.03	58.92	68.41
					160.93
<u>Oficinas</u>					
Caja Octogonal 4 x 2 1/4	Unidad	1	15	15	
Caja rectangular	Unidad	1.00	15	15	
Conductor 2 x 14 AWG-TW	M	6.8	3.6	24.48	
Interruptor	Unidad	1.0	20	20.0	
Tubería PVC-SAP Ø 1/2	M	2.8	10.5	29.40	
Pegamento, Cinta, Accesorios	M	1.2	10.5	12.6	116.48
Operario	H.H	0.6	15.82	9.49	
Peón	H.H	4.2	14.03	58.92	68.41
					184.89

<u>B.-Equipos Fluorescentes</u>		Unidad	Cant.	Unidad	Parcial	Total
de Iluminación						
Planta:						
1.- Tipo ISPE / 2x40 W	Unidad	1		480	480	
Marca Josfel						
Cadena 0 5 mm	M	3		15	45	
Conductor 2 N° 16 AWG-TW	M	5		2.6	13	
Cinta aislante y otros	Lote	estimado		20	20	558
Operario	H.H	1.0		15.82	15.82	
Oficial	H.H	3.0		14.03	42.09	57.91
						615.91
2.- Tipo AFE/J/2x40 W	Unidad	1		1,200	1,200	
Marca: Josfel						
Conductor 2 N° 16 AWG-TW	M	2.5		2.6	6.5	
Cinta aislante y otros	Lote	estimado		20	20	1,226.5
Operario	H.H	1.0		15.82	15.82	
Oficial	H.H	3.0		14.03	28.06	43.88
						1,270.38
Oficinas						
3.- Tipo RNE / 2x40 W	Unidad			580	580	
Marca: Josfel						
Conductor 2 N° 16 AWG-TW	M	2.5		2.6	6.5	
Cinta aislante y otros	Lote	estimado		20	20	606.5
Operario	H.H	1.0		15.82	15.82	
Oficial	H.H	2.0		14.03	28.06	43.88
						650.38

Descripción	Medrado		Costos		Total
	Unidad	Cant.	Unidad	Parcial	
<u>Part. 8 Tableros Eléctricos</u>					
Tablero General TG					
Interruptor	3 x 1600A	Unidad	1	45,000	45,000
"	3 x 600	Unidad	1	25,000	25,000
"	3 x 400	Unidad	1	22,000	22,000
"	3 x 250	Unidad	1	12,000	12,000
"	3 x 250	Unidad	1	12,000	12,000
"	3 x 250	Unidad	1	12,000	12,000
Gabinete y Accesorios		Unidad	1	25,000	25,000
					153,000
- Amperímetro con transf 1500/5					
- Voltímetro con transf 220/220					
- Frecuencímetro					
- Cosfímetro 0.5 Ind, 0.5 cap					
- Conmutador A y V					
Capataz		H.H	12	18.75	225.0
Operario		H.H	32	15.88	508.16
Oficial		H.H	32	14.03	448.96
					1,182
INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS					154,182
Tablero TG1					
Interruptor	3 x 30A	Unidad	8	700	560
Interruptor	2 x 20A	Unidad	2	280	560
Gabinete y Accesorio		Unidad	1	1800	1800
					7,960
Operario		H.H	10	15.88	158.80
Oficial		H.H	10	14.03	140.3
					299.1
					8,259.1

Descripción	Unidad	Cant.	Unidad	Parcial	Total
<b>Tablero TG-I2</b>					
Interruptor 3 x 30 A	Unidad	7	700	4,900	
Interruptor 3 x 20 A	Unidad	1	520	520	
Interruptor 3 x 20 A	Unidad	1	280	280	
Gabinete y Accesorio	Unidad	1	1,800	1,800	7,500
Operario	H.H	10	15.88	158.8	
Oficial	H.H	10	14.03	14.03	299.1
					7,799.1
<b>Tablero TG-I3</b>					
Interruptor 3 x 125A	Unidad	1	6,100	6,100	
Interruptor 3 x 70A	Unidad	1	1,400	1,400	
Interruptor 3 x 50A	Unidad	2	1,040	2,080	
Interruptor 3 x 30A	Unidad	2	700	1,400	
Gabinete y Accesorios	Unidad	1	2,200	2,200	13,180
Operario	H.H	12	15.88	190.56	
Oficial	H.H	12	14.03	168.36	358.92
					13,538.92
<b>Sub-Tablero TG-A</b>					
Interruptor 3 x 30A	Unidad	3	700	2,100	
Interruptor 2 x 20A	Unidad	1	280	280	
Gabinete y Accesorios	Unidad	1	1,200	1,200	3,580
Operario	H.H	8	15.88	127.04	
Oficial	H.H	8	14.03	112.24	234.28
					3,819.28
<b>Sub-Tablero TG-D</b>					
Interruptor 3 x 30A	Unidad	2	700	280	
Gabinete y Accesorios	Unidad	1	1,200	1,200	1,600
Operario	H.H	5	15.88	79.4	
Oficial	H.H	5	14.03	70.15	149.55
					1,749.55

Descripcion	Unidad	Cant.	Unidad	Parcial	Total
Sub-Tablero TG-C					
Interruptor 2 x 20	Unidad	1	230	230	
Gabinete y Accesorio	Unidad	1	60	60	290
Operario	H.H	1.5	15.88	23.82	
Oficial	H.H	2.0	14.03	28.06	51.88
					341.88
Sub-Tablero TG-B					
Interruptor 3 x 30	Unidad	1	700	700	
Gabinete y Accesorio	Unidad	1	60	60	760
Operario	H.H	1.5	15.88	23.82	
Oficial	H.H	2	14.03	28.06	51.88
					811.88
Tablero TG-II 4					
Interruptor 3 x 30A	Unidad	2	700	1,400	
Interruptor 2 x 30A	Unidad	3	520	1,560	
Gabinete y Accesorios	Unidad	1	1,600	1,200	4,160
Operario	H.H	8	15.88	127.04	
Oficial	H.H	8	14.03	112.24	239.28
					4,399.28
Tablero TG-III					
Interruptor 3 x 250A	Unidad	1	10,000	10,000	
Gabinete y Accesorios	Unidad	1	1,500	1,500	11,500
Operario	H.H	4	15.88	63.52	
Oficial	H.H	6	14.03	84.18	147.7
					11,647.7

Descripción	Unidad	Cant.	Unidad	Parcial	Total
Sub-Tablero TD-A					
Interrupctor 3 x 50A	Unidad	1	1,040	1,040	
Interrupctor 3 x 30A	Unidad	4	700	2,800	
Interrupctor 2 x 20A	Unidad	1	280	280	
Gabinete y Accesorio	Unidad	1	1,600	1,600	5,720
Operario	H.H	8	15.88	127.04	
Oficial	H.H	8	14.03	112.24	239.28
					5,959.28
Sub-Tablero TD-B					
Interrupctor 3 x 30A	Unidad	2	700	1,400	
Porta fusible 3 x 80A	Unidad	1	200	200	
Gabinete y Accesorio	Unidad	1	1,200	1,200	2,800
Operario	H.H	4	15.88	63.52	
Oficial	H.H	4	14.03	56.12	119.64
					2,919.64
Tablero TD-C					
Interrupctor 3 x 50A	Unidad	2	1,040	2,080	
Interrupctor 3 x 30A	Unidad	3	700	2,100	
Portafusible 3 x 125A	Unidad	1	260	260	
Gabinete y Accesorios	Unidad	1	1,800	1,800	6,240
Operario	H.H	10	15.88	158.8	
Oficial	H.H	10	14.03	140.3	299.18
					6,539.1
Sub-Tablero TD-D					
Interrupctor 3 x 70A	Unidad	2	1,400	2,800	
Interrupctor 3 x 30A	Unidad	4	700	2,800	
Portafusible 3 x 125A	Unidad	1	260	260	
Gabinete y Accesorios	Unidad	1	1,800	1,800	7,660
Operario	H.H	10	15.88	158.8	
Oficial	H.H	10	14.03	140.3	299.1
					7,959.1

Descripción	Unidad	Cant.	Unidad	Parcial	Total
Sub-Tablero TD-E					
Interruptor 3 x 70A	Unidad	2	1,400	2,800	
Interruptor 3 x 50A	Unidad	1	1,040	1,040	
Interruptor 3 x 30A	Unidad	2	700	1,400	
Portafusible 3 x 125A	Unidad	1	260	260	
Gabinete y Accesorio	Unidad	1	1,800	1,800	7,800
Operario	H.H	10	15.88	158.8	
Oficial	H.H	10	14.03	140.3	299.1
					8,099.1
Sub-Tablero TD-F					
Interruptor 3 x 70A	Unidad	2	1,400	2,800	
Interruptor 3 x 50A	Unidad	1	1,040	1,040	
Interruptor 3 x 30A	Unidad	3	700	2,100	
Portafusible 3 x 125	Unidad	1	260	260	
Gabinete y Accesorio	Unidad	1	1,800	1,800	8,000
Operario	H.H	10	15.88	158.8	
Oficial	H.H	10	14.03	140.3	299.1
					8,299.1
Tablero TG-II2					
Interruptor 3 x 250A	Unidad	1	10,000	10,000	
Gabinete y Accesorios	Unidad	1	1,500	1,500	11,500
Operario	H.H	4	15.88	63.52	
Oficial	H.H	6	14.03	84.18	147.7
					11,647.7
Sub-Tablero TD-A					
Interruptor 3 x 50A	Unidad	1	1,040	1,040	
Interruptor 2 x 20A	Unidad	12	280	3,360	
Gabinete y Accesorios	Unidad	1	1,600	1,600	6,000
Operario	H.H	10	15.88	158.80	
Oficial	H.H	10	14.03	140.3	299.1
					6,299.1

Descripción	Unidad	Cant.	Unidad	Parcial	Total
Sub-Tablero TD-B					
Interruptor 3 x 50A	Unidad	1	1,040	1,040	
Interruptor 3 x 30A	Unidad	4	700	2,800	
Interruptor 2 x 20A	Unidad	4	280	1,120	
Gabinete y Accesorio	Unidad	1	1,800	1,800	6,760
Operario	H.H	10	15.88	158.8	
Oficial	H.H	10	14.03	140.3	299.1
					7,059.1
Sub-Tablero TD-C					
Interruptor 3 x 50A	Unidad	1	1,040	1,040	
Gabinete y Accesorio	Unidad	1	1,200	1,200	2,240
Operario	H.H	4	15.88	63.52	
Oficial	H.H	4	14.03	56.12	119.64
					2,359.64
Tablero TD-D					
Interruptor 3 x 30A	Unidad	3	700	2,100	
Gabinete y Accesorios	Unidad	1	1,200	1,200	3,300
Operario	H.H	6	15.88	95.28	
Oficial	H.H	6	14.03	84.18	179.46
					3,479.46
Sub-Tablero TD-E					
Interruptor 3 x 50A	Unidad	1	1,040	1,040	
Interruptor 3 x 30A	Unidad	2	700	1,400	
Portafusible 3 x 125A	Unidad	1	260	260	
Gabinete y Accesorios	Unidad	1	1,600	1,600	4,300
Operario	H.H	8	15.88	127.04	
Oficial	H.H	8	14.03	112.24	239.28
					4,539.28

Descripción	Unidad	Cant.	Unidad	Parcial	Total
<b>Tablero TG-II</b>					
Interruptor 3 x 125A	Unidad	1	6,100	6,100	
Gabinete y Accesorio	Unidad	1	1,200	1,200	7,800
Operario	H.H	4	15.88	63.58	
Oficial	H.H	6	14.03	84.18	147.76
					7,447.76
<b>Tablero TG-III</b>					
Interruptor 3 x 250A	Unidad	1	10,000	10,000	
Interruptor 3 x 125A	Unidad	1	6,100	6,100	
Interruptor 3 x 50A	Unidad	5	1,040	5,200	
Interruptor 3 x 30A	Unidad	1	700	700	
Interruptor 2 x 20A	Unidad	1	280	280	
Gabinete y Accesorio	Unidad	1	3,100	3,100	25,380
Operario	H.H	12	15.88	190.56	
Oficial	H.H	12	14.03	168.36	358.92
					25,738.92
<b>Tablero TG-IV</b>					
Interruptor 3 x 250A	Unidad	1	10,000	10,000	
Gabinete y Accesorios	Unidad	1	1,200	1,200	11,200
Operario	H.H	4	15.88	63.52	
Oficial	H.H	6	14.03	84.18	147.76
					11,347.76
<b>Sub-Tablero TD-A</b>					
Interruptor 3 x 125A	Unidad	1	6,100	6,100	
Interruptor 3 x 30A	Unidad	4	700	2,800	
Interruptor 2 x 20A	Unidad	1	280	280	
Gabinete y Accesorios	Unidad	1	1,800	1,800	10,980
Operario	H.H	8	15.88	127.04	
Oficial	H.H	8	14.03	112.24	239.28
					11,219.28

Descripción	Unidad	Cant.	Unidad	Parcial	Total
Tablero TG-V					
Interruptor 3 x 50A	Unidad	1	1,040	1,040	
Interruptor 3 x 30A	Unidad	2	700	1,400	
Interruptor 2 x 20A	Unidad	1	280	280	
Gabinete y Accesorio	Unidad	1	1,200	1,200	3,920
Operario	H.H	8	15.88	127.04	
Oficial	H.H	8	14.03	112.24	239.28
					4,159.28
Buzones con tapa					
Dimensión					
32" x 30" x 26"	UNIDAD	1			
(cemento, fierro, etc)	Lote	estimado	250	250	250
Operario	H.H	8.0	15.88	127.04	
Oficial	H.H	8.0	14.03	112.24	239.28
					489.28

Descripción	Metrado		Costos		Total
	Unidad	Cant.	Unidad	Parcial	
<u>Part. 9 Controles Eléctricos</u>					
<u>A.- Control Puerta CARROS</u>					
Pulsador de Marcha	Unidad	7	90.00	630.0	
Pulsador de Parada	Unidad	5	90.00	450.0	
Interruptor de Manija	Unidad	4	120.00	480.0	
Contactador Auxiliar (Rele)	Unidad	4	280.00	1,120.0	
Temporizador 0-180" seg	Unidad	1	1,200.00	1,200.0	
Temporizador 0-30" min	Unidad	1	1,200.00	1,200.0	
Interruptor Final de Carrera	Unidad	13	260.00	3,380.0	
Luz de Señalización (base y foco) rojo	Unidad	7	90.00	630.0	
Luz de Señalización verde	Unidad	6	90.00	540.0	
Timbre	Unidad	1	60.00	60.0	
Sirena	Unidad	1	1,500.00	1,500.0	
Fusible 10A-220V 3 (con portafusible)	Unidad	3	220.00	660.0	
Contactador de 1HP-220Vol	Unidad	4	340.00	1,360.0	
Chapa Eléctrica	Unidad	3	2,000.00	6,000.0	
Alambre N° 18 AWG-TW	M	500	1.2	600.0	
Gabinete y Accesorios	Unidad	1	3,000.00	3,000.0	
Motor reductor 1/2HP 26RPM	Unidad	2	8,000.00	16,000.0	
<u>Sistema de Arrastre</u>					
Cadena 2 tm	M	30	250.00	7,500.0	
Catalina 25cm	Unidad	2	800.00	1,600.0	
Piñon Ø 8cm	Unidad	4	150.00	600.0	
Accesorios y otros	Unidad	1	500.00	500.0	49,010
Operario	H.H	144	15.82	2,278.08	
Oficial	H.H	144	14.03	2,020.32	4,298.4
					53,308.4

Descripción	Metrado		Costos		Total
	Unidad	Cant.	Unidad	Parcial	
<b>B.- Control de Puerta de Recepción</b>					
Pulsador de Marcha	Unidad	5	90.00	450.0	
Pulsador de Parada	Unidad	4	90.00	360.0	
Contactador Auxiliar (Rele)	Unidad	5	280.00	1,400.0	
Interruptor de manija	Unidad	3	120.00	360.0	
Interruptor de Posición	Unidad	6	260.00	1,560.0	
Temporizador 0-180'seg	Unidad	1	1,200.00	1,200.0	
Temporizador 0-60 seg	Unidad	1	1,200.00	1,200.0	
Luz de Señalización verde	Unidad	4	90.00	360.0	
Luz de Señalización rojo	Unidad	4	90.00	360.0	
Timbre	Unidad	1	60.00	60.0	
Sirena	Unidad	1	1,500.00	1,500.0	
Fusible 10A (con base)	Unidad	1	220.00	220.0	
Chapa Eléctrica	Unidad	2	1,200.00	2,400.0	
Alambre 18 AWG-TW	M	250	1.20	300.0	
Gabinete y Accesorio	Unidad	1	3,000.00	3,000.0	14,730
Operario	H.H	96	15.82	1,518.72	
Oficial	H.H	96	14.03	1,346.88	2,865.6
					17,595.6

9.2 Metrado y Presupuesto

Part. Descripción	Metrado		Costos		Total
	Unidad	Cant.	Unidad	Parcial	
<u>Instalaciones Eléctricas</u>					
<u>Sistema de Fuerza</u>					
4.- <u>Conductores Eléctricos</u>					
Tomacorriente-Doble	Unidad	31	162.09	5,024.29	
2N° 14 + 1N° 14 AWG-TW	M	359	7.48	2,685.32	
3N° 14 + 1N° 14 AWG-TW	M	486	9.28	4,510.08	
3N° 12 + 1N° 14 AWG-TW	M	192	13.18	2,530.56	
3N° 10 + 1N° 12 AWG-TW	M	183	17.38	3,180.54	
3N° 8 + 1N° 12 AWG-TW	M	127	32.36	4,109.72	
3N° 6 + 1N° 10 AWG-THW	M	142	69.96	9,934.32	
3N° 4 + 1N° 8 AWG-THW	M	71	86.36	6,131.56	
3N° 2 + 1N° 6 AWG-THW	M	154	181.96	20,021.54	
3N° 2/0 + 1N° 2 AWG-THW	M	46	462.54	21,276.84	
3N° 3/0 + 1N° 1 AWG-THW	M	81	598.24	48,457.44	
3N° 4/0 + 1N° 1 AWG-THW	M	30	921.01	27,630.3	
3N° 350MCM+1N°1/0 AWG-THW	M	46	1,417.55	65,207.3	
3N° 500MCM+1N°2/0 AWG-THW	M	46	3,835.15	176,416.9	
					397,117.51
1.- Tubos PVC-SAP Exterior					
Tubo Ø 1/2	M	400	36.21	14,484	
Tubo Ø 3/4	M	217	43.35	9,406.95	
Tubo Ø 1	M	150	52.15	7,822.5	
Tubo Ø 1 1/4	M	78	69.15	5,393.7	
Tubo Ø 1 1/2	M	110	78.01	8,581.1	
Tubo Ø 2	M	60	129.08	7,744.8	
Tubo Ø 2 1/2	M	23	190.32	4,377.36	
Tubo Ø 3	M	50	221.23	11,061.5	
					68,871.91

Part.Descripción	Unidad	Cant.	Unidad	Parcial	Total
<u>2.- Tubo PVC-SAP</u>					
<u>Enterrado en el suelo</u>					
Tubo Ø 3	M	35	133.90	4,686.5	
Tubo Ø 4	M	37	167.9	6,212.3	
Tubo 5	M	23	188.90	4,344.7	
					15,243.5
<u>3.- Tubo de Fierro Galvanizado</u>					
<u>Flexible</u>					
Tubo Ø 1/2	M	127	61.4	7,797.8	
Tubo Ø 3/4	M	44	82.15	3,614.6	
Tubo Ø 1	M	26	130.30	3,387.8	
Tubo Ø 1 1/4	M	6	161.00	966.0	
Tubo Ø 1 1/2	M	8	225.4	1,803.2	
					17,569.4
<u>6.- Cajas de Fierro</u>					
<u>Galvanizado 1/16"</u>					
4 x 4 x 2 1/4	Unidad	61	46.41	2,831.01	
4 x 2 x 2 1/4	Unidad	16	63.26	1,012.16	
6 x 6 x 4	Unidad	31	60.41	1,872.71	
8 x 6 x 4	Unidad	37	128.83	4,766.71	
10 x 8 x 4	Unidad	9	138.83	1,249.47	
10 x 8 x 4	Unidad	3	148.83	446.49	
12 x 8 x 4	Unidad	7	158.83	1,112.51	
12 x 10 x 6	Unidad	14	170.83	2,391.62	
16 x 8 x 6	Unidad	10	224.44	2,244.4	

Part.Descripción	Unidad	Metrado		Presupuesto Parcial	Total
		Cant.	Unidad		
20 x 8 x 6	Unidad	3	282.44	847.32	
24 x 12 x 8	Unidad	17	474.06	8,059.02	
30 x 16 x 12	Unidad	1	748.06	748.06	
					27,581.48
5.-Buzones c/tapa	Unidad	7	489.28	3,424.96	
Pozo de Tierra	Unidad	2	2,928.04	5,856.08	
					9,281.04
9.-Controles Eléctricos					
Control Puerta Recepción	Unidad	1	17,595.6	17,595.6	
Control Puerta Salida y Entrada de Carros	Unidad	1	53,309.9	53,309.9	
					70,904.5
7.-Iluminación					
Planta:					
Salidas de Alumbrado	Unidad	340	160.93	54,716.2	
Equipos fluorescentes completos de 2 x 40W					
Tipo: ISPE 12 x 40W	Unidad	325	615.91	200,170.7	
Marca: Jوسف					
Tipo: AFEID 12 x 40W					
Marca: Jوسف	Unidad	15	1,270.38	19,055.7	
Oficinas					
Salidas de alumbrado	Unidad	32	184.89	5,916.48	
Equipos fluorescentes completos 2 x 40W					
Tipo: RNE 12 x 40	Unidad	32	650.38	20,862.86	
					300,721.24

PartDescripción	Unidad	Metrado		Presupuesto		Total
		Cant.	Unidad	Parcial		
8.- Tableros Eléctricos						
Tablero General-TG	Unidad	1	154,182	154,182		
Tablero TG-I1	Unidad	1	8,259.1	8,259.1		
Tablero TG-I2	Unidad	1	7,799.1	7,799.1		
Tablero TG-I3	Unidad	1	13,538.92	13,538.92		
Sub-Tablero TG-A, TG-I4	Unidad	1	3,819.38	3,819.38		
Sub-Tablero TG-D	Unidad	7	1,749.55	12,246.85		
Sub-Tablero TG-C	Unidad	25	341.88	8,547.0		
Sub-Tablero TG-B	Unidad	20	811.88	16,237.6		
Tablero TG-II4	Unidad	1	4,399.28	4,399.28		
Tablero TG-III1	Unidad	1	11,647.7	11,647.7		
Sub-Tablero TD-A	Unidad	1	5,959.28	5,959.28		
Sub-Tablero TD-B	Unidad	1	2,919.64	2,919.64		
Sub-Tablero TD-C	Unidad	1	6,539.1	6,539.1		
Sub-Tablero TD-D	Unidad	1	7,959.1	7,959.1		
Sub-Tablero TD-E	Unidad	1	8,099.1	8,099.1		
Sub-Tablero TD-F	Unidad	1	8,299.1	8,299.1		
Tablero TG-II2	Unidad	1	11,647.7	11,647.7		
Sub-Tablero TD-A	Unidad	1	6,299.1	6,299.1		
Sub-Tablero TD-B	Unidad	1	7,059.1	7,059.1		
Sub-Tablero TD-C	Unidad	1	2,359.6	2,359.6		
Sub-Tablero TD-D	Unidad	1	3,479.46	3,479.46		
Sub-Tablero TD-E	Unidad	1	4,539.28	4,539.28		
Sub-Tablero TA	Unidad	1	4,919.1	4,919.1		
Tablero TG-II3	Unidad	1	7,447.76	7,447.76		
Tablero TG-III	Unidad	1	25,738.9	25,738.9		
Tablero TG-IV	Unidad	1	11,347.76	11,347.76		
Sub-Tablero TD-A	Unidad	1	11,219.28	11,219.28		
Tablero TG-V	Unidad	1	4,159.28	4,159.28		
						410,671.28
						TOTAL I/1'320,566.82

9.2.1 Costo de los Materiales y Mano de Obra

<u>Item</u>	<u>Descripción</u>	<u>Monto I/.</u>	<u>Total I/.</u>
1	Mano de Obra	166,534.14	
2	Conductores Eléctricos	390,880.60	
3	Tableros Eléctricos	370,710.00	
4	Equipos de Iluminación	192,560.00	
5	Controles Eléctricos	63,740.00	
6	Tubos PVC-SAP	62,011.82	
7	Tubos de Fe.Galvaniz.F.	15,144.60	
8	Cajas de Fe.Galvanizado	17,065.00	
9	Salida de Alumbrado	35,184.16	
10	Buzones y Pozo de Tierra	6,736.70	
			1'320,567.02

Los 10 Items serán agrupados en 4:

Grupo 1: Item 1	I/.166,534.14
Grupo 2: Item 2	I/.390,880.60
Grupo 3: Item 3, Item 4, Item 5	I/.627,010.00
Grupo 4: Item 6, Item 7, Item 8, Item 9 Item 10	I/.136,142.28

9.2.2 Determinación de la Fórmula Polinómica de Reajuste

La fórmula Polinómica estará formado por el conjunto de monomios que contienen mayor incidencia en el costo de la obra, cuya suma determina para un período dado, el coeficiente de incidencia en la valorización.

$$K = a \frac{M}{M_0} + b \frac{C}{C_0} + c \frac{A}{A_0} + d \frac{T}{T_0} + e \frac{G}{G_0}$$

K = Coeficiente de Reajuste de Valorización de la obra; será expresado con aproximación al milésimo.

- a, b, c, d, e = Representan los coeficientes de incidencia de la obra (% del monto total)
- M, C, A, T, G. = Son los índices de precios a la fecha del reajuste
- M<sub>0</sub>, C<sub>0</sub>, A<sub>0</sub>, T<sub>0</sub>, G<sub>0</sub> = Son los índices de precios de los elementos a la fecha del presupuesto base, los cuales permanecen invariables durante la ejecución de la obra.

$$a + b + c + d + e = 1$$

#### 9.2.2.1 Determinación de los Coeficientes de Incidencia

Para determinar los coeficientes de incidencia debemos conocer el monto del presupuesto base; en el cual estará incluido los gastos generales y la utilidad en 20% del monto total.

Monto Base = 0.20(monto base) + costo de materiales y mano de obra

$$\text{Monto Base} = 0.20(\text{monto base}) + 1320,567.02$$

$$\text{Monto Base} = 1,650,708.77$$

Coeficiente "a" pertenece al grupo 1

Coeficiente "b" pertenece al grupo 2

Coeficiente "c" pertenece al grupo 3

Coeficiente "d" pertenece al grupo 4

Coeficiente "e" pertenece a gastos generales y utilidad.

$$a = \frac{166,534.14}{1,650,708.77} = 0.101 \longrightarrow 10.1\%$$

$$b = \frac{390,880.60}{1,650,708.77} = 0.237 \longrightarrow 23.7\%$$

$$c = \frac{627,010.0}{1,650,708.77} = 0.380 \longrightarrow 38.0\%$$

$$d = \frac{136,142.28}{1,650,708.77} = 0.082 \longrightarrow 8.2\%$$

$$e = \longrightarrow 20.0\%$$

Reemplazando en la fórmula tenemos;

$$K = 0.101 \frac{M}{M_0} + 0.237 \frac{C}{C_0} + 0.380 \frac{A}{A_0} + 0.082 \frac{T}{T_0} + 0.200 \frac{G}{G_0}$$

9.2.2.2 Fórmula Polinómica (resumen)

Fecha Presupuesto Base; Noviembre-86

Monto de Presupuesto Base: I/.1'650,708.77

Indice Base del Mes; Noviembre-86

Fórmula;

$$K = 0.101 \frac{M}{M_0} + 0.237 \frac{C}{C_0} + 0.380 \frac{A}{A_0} + 0.082 \frac{T}{T_0} + 0.200 \frac{G}{G_0}$$

Indice	Elementos Representativos	Incidencia Elementos Parcial (%)	Incidencia Índice (%)	Código
M	Mano de obra	10.1	10.1	047
C	Conductores	23.8	23.7	007
A	Tableros Eléctricos	22.4	38.0	012
	Equipos de Iluminación	11.6		
	Controles Eléctricos	3.9		
T	Tubos PVC-SAP	3.8	8.2	074
	Tubos Fe. Galvaniz.F.	0.9		
	Cajas Fe. Galvanizado	1.0		
	Salida de alumbrado	2.1		
	Buzones pozo tierra	0.4		
G	Gastos generales y Utilidad	20.0	20.0	039

Nota.- El equipo de iluminación esta compuesto por el artefacto balasto, tubo fluorescente, arrancador y accesorio.

### CONCLUSIONES

1. Las líneas deben ser proyectadas para un  $\cos\theta$  medio, para evitar posibles sobrecargas con un  $\cos\theta$  menor.
2. Las líneas principales deben ubicarse por zonas donde exista menos probabilidad de modificación (construcción civil).
3. Las zonas de menor densidad de carga debe proyectarse al igual que las zonas de mayor densidad; dejando las tuberías con capacidad para conductores de mayor calibre (colocar tubo de mayor diámetro).
4. La independencia de los circuitos debe efectuarse para cada conjunto de máquinas (en un número de 6) para tener mayor confiabilidad del sistema eléctrico y facilitar nuevas instalaciones o reparaciones sin afectar en forma total el sistema.
5. El nivel de iluminación debe proyectarse teniendo en cuenta el tipo de trabajo a efectuar y el material con el cual se trabaja; muchas veces una mayor iluminación produce deslumbramiento debido al reflejo del material (superficies brillantes).
6. Los controles deben diseñarse considerando los estados de emergencia y su operatividad.
7. La dispersión de los valores del  $\cos\theta$  con respecto a la media nos indica la forma como están distribuidos los condensadores, en el sistema eléctrico.
8. Debe efectuarse un estudio de cargas en toda la planta, con el fin de determinar los puntos crítico y peligroso.
9. El redimensionamiento y la redistribución de las líneas contribuyeron a una mayor confiabilidad del sistema eléctrico.

### RECOMENDACIONES

1. Indagar la posibilidad de crecimiento de la fábrica a mediano y largo plazo.
2. Conocer la tecnología que se está aplicando en el proceso; este parámetro nos dará un índice del crecimiento de la carga.
3. Los Tableros deben estar en zonas visibles y de fácil acceso.
4. Los empalmes deben forrarse herméticamente y en ambientes corrosivos, la protección debe ser mayor.
5. Los Circuitos deben llevar como mínimo conductores de calibre N° 14 AWG.
6. Tomar acción de inmediato sobre los puntos críticos determinado al efectuar el estudio de carga.
7. Las líneas sobrecargadas deben ser reemplazadas, si éstas perdieran sus características de aislamiento (por efecto del calentamiento)
8. Las especificaciones de los materiales deben ser claros y standar.
9. Las líneas principales sobrecargadas deben ser reforzadas de inmediato con nuevas ternas

BIBLIOGRAFIA

- |   |  |
|---|--|
| Análisis de Sistemas de Potencia                | William D. Stevenson Ed. MC.-<br>Graw Hill, 1982 |
| El Contactor y sus Aplicaciones                 | Manual Agut, Ed. 1981                            |
| Manual de Luminotecnia                          | Westinghouse, 2º Edición, 1973                   |
| Controles Eléctricos I                          | Castel Franchi, Copias U.N.I.                    |
| Publicaciones sobre Instalaciones Eléctricas    | Ing. José Carlos Aguirre, 1974                   |
| Catálogos sobre Conductores y Cables Eléctricos | Indeco y Ceper                                   |
| Catálogo sobre Luminarias                       | Josfel y Citecil                                 |
| Esquema de Electricidad                         | Jean Barry, Editores Marcombo                    |
| Código Eléctrico del Perú                       | Edición 1974                                     |
| Reglamento Nacional de Construcciones           | Publicación de CAPECO                            |
| Introducción al Diseño Eléctrico                | Ing. Ricardo Crespo                              |
| Catálogo de Tubería Plástica                    | Forduit (Interquímica)                           |

Instalación, Protección y Mantenimiento en redes de Distribución	Seminario Profesional (ELECTROLIMA)
Catálogo de Accesorios Varios	Ticino
Distribución Eléctrica en Plantas Industriales	Seminario Profesional (AEP) Ing. Luis Vásquez Rodríguez
Optimización del Diseño de Redes de Distribución Subterránea	Ing. Orlando Chávez
Catálogo Internacional TELEMECANIQUE	Edición 1981/1982
Fundamentos de Metodología Eléctrica (Tomo III)	Andres - M.Karcz
Manual de Corrección del Factor de Potencia para el Ingeniero de Planta	SPRAGUE - ELECTRIC COMPANY
Capacitores de Potencia	Dr. Alfredo Navarro Crespo
Instalaciones Trifásicas con Tensiones Nominales de hasta 1,000 Vol	Seminario Profesional