

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**PROYECTO DE REMODELACIÓN DE LAS  
INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LA PLANTA  
INDUSTRIAL DE N. & A. E.I.R.L.**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**PRESENTADO POR:**

**HUGO ALDAVE VISURRAGA**

**PROMOCIÓN  
2002 - I**

**LIMA – PERÚ  
2006**

**TABLA DE CONTENIDO**

<i>PRÓLOGO</i>	1
<b>Capítulo 1</b>	
<i>INTRODUCCIÓN</i>	3
1.1 Objetivo de la Tesis.	3
1.2 Campo de Aplicación.	4
<b>Capítulo 2</b>	
<i>ESTADO ACTUAL DE LA PLANTA</i>	5
2.1 Sector Productivo De La Empresa.	5
2.1.1 Años de Producción.	6
2.1.2 Índices de Crecimiento.	7
2.1.3 Perspectivas de Desarrollo.	9
2.1.4 Socios Estratégicos.	11
2.1.5 Cartera de Clientes.	12
2.2 Condiciones Técnicas De Las Instalaciones Eléctricas en la Planta.	13
2.2.1 Acometida.	13
2.2.2 Sistema Distribución de Cargas en el Proceso Productivo.	14
a) Alimentadores Principales a las Cargas.	14
b) Acometidas a las Cargas.	15
c) Características de las Cargas Consumidas por la Planta.	18

2.2.3 Sistema de Iluminación.	39
2.2.4 Sistema de Protección de las Cargas.	40
<b>Capítulo 3</b>	
<i>PROPUESTA DE RENOVACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS</i>	43
3.1 Reordenamiento de las Cargas Eléctricas.	43
3.2 Cálculo del Sistema de Eléctrico de Fuerza.	45
3.2.1 Cálculo de las Acometidas de Fuerza.	46
3.2.2 Determinación de los Elementos de Protección en las Acometidas de Fuerza.	62
3.2.3 Determinación de los Alimentadores y Elementos de Protección de los Tableros de Fuerza.	64
3.3 Cálculo del Sistema de Iluminación y Tomacorrientes Para la Planta.	66
3.3.1 Descripción de las Áreas de Trabajo y los Luxes Requeridos.	67
3.3.2 Categorización de las Áreas o Zonas de Trabajo.	69
3.3.3 Cálculo del Sistema de Iluminación Propuesto.	71
a) Método para la Determinación de las Lámparas.	71
b) Determinación de los Tipos de Lámparas.	73
c) Cálculo del Circuito Eléctrico de Iluminación.	77
3.3.4 Circuitos de de Tomacorrientes.	79
3.3.5 Tableros de Distribución Para Iluminación y Tomacorrientes.	81
3.4 Diseño y Cálculo de las Instalaciones Eléctricas Interiores y Oficinas.	82
3.4.1 Calculo de los Circuitos Eléctricos.	82

3.4.2 Cuadro de Cargas y Determinación del Alimentador del Tablero de Distribución para Interiores y Oficinas.	83
3.5 Compensación Reactiva por Medio de Condensadores.	86
3.5.1 Determinación de los KVAR de la Planta.	89
3.5.2 Cálculo de un Banco de Condensadores.	90
3.5.3 Cálculo del Alimentador y de su Elemento de Protección.	94
3.6 Implementación de un Sistema de Puesta a Tierra.	96
3.6.1 Resistencia Máxima a Tierra.	96
3.6.2 Determinación de los Conductores a Tierra.	97
3.7 Cálculo de la Acometida Principal.	101
3.7.1 Cálculo de la Potencia Contratar.	101
3.7.2 Cálculo del Calibre del Alimentador.	103
3.7.3 Determinación del Elemento de Protección.	104

## **Capítulo 4**

<i>EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO DE REMODELACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS</i>	105
4.1 Análisis de Factibilidad Económica de la Compensación Reactiva.	105
4.2 Metrado y Presupuesto del Proyecto.	109
<b>Conclusiones</b>	128
<b>Bibliografía</b>	132
<b>Apéndice</b>	134
<b>Planos</b>	138

## **PRÓLOGO**

El presente trabajo de Tesis representa un pequeño esfuerzo por cooperar con el establecimiento correcto de las normas tanto para el planteo de proyectos como en la aplicaron de las mismas en ejecuciones; por tal motivo, se desarrollan los capítulos de Estado Actual de la Planta para observar las deficiencias actuales en cuanto al orden productivo y en el cumplimiento de las normas eléctricas, y los capítulos de la Propuesta Técnica y la Evaluación Económica de la misma donde se muestra una opción, que en cumplimiento de las normas de Electricidad vigentes, da a conocer un proyecto mas ahorrativo y seguro en cuanto al uso de la energía eléctrica para los usuarios de las instalaciones de la planta metalmecánica de N.& A. E.I.R.L.

Si bien es cierto presento este trabajo como parte de mi formación profesional, no es, por ningún motivo excluyente la labor de las personas que ayudaron a la realización del mismo como es el caso de los profesores de la UNI, el Ing. Pelayo

Rojas, quien con sus conocimientos y acertados consejos me apoyo siempre por mejorar el presente trabajo y, por ultimo, pero no menos importante fue también invaluable el apoyo del Gerente General y amigo el Sr. Gilberto Gonzáles Casana quien junto a su señora madre me dieron todas la facilidades para proyectar este sistema eléctrico en su planta.

## **CAPÍTULO 1**

### **INTRODUCCIÓN**

#### **1.1 Objetivo De La Tesis**

Como es sabido en nuestro país, así como de los que están en un proceso de desarrollo el conocimiento de la tecnología es una herramienta muy valiosa, por tal motivo es que difundirlas y aplicarlas a los procesos productivos de nuestras empresas con el cumplimiento respectivo de las normas y directivas particulares de cada ramo como son la ingeniería mecánica y eléctrica, darán un valor agregado a las propiedades y negocios, por tanto, el presente trabajo de tesis tiene como objetivo el difundir la aplicación de las normas técnicas y códigos que rigen en el sector eléctrico mas precisamente en el área de utilización, en concordancia con las normas así como poner en practica los conocimiento estipulados durante la carrera universitaria en un proyecto viable para mejorar la productividad empresarial de la industria peruana.

## **1.2 Campo De Aplicación**

Como sabemos, en la actualidad la gran competitividad entre las empresas así como la creciente demanda de mejores productos a menores precios, la constante aparición de nuevas tecnológicas y la actual situación económica que atraviesa nuestro país, obligan a las industrias a optimizarse, tanto en la calidad de sus productos como en sus niveles de producción y principalmente en sus costos.

La realidad nos muestra que toda empresa que no evoluciona tendrá que desaparecer; por tanto, es inevitable el desarrollo tecnológico, la optimización administrativa y económica de toda industria que pretenda desarrollarse y mantener un nivel dentro de nuestra economía.

El sector metal-mecánico de nuestro país no es la excepción; por lo que en el presente trabajo de tesis se muestra un estudio de las instalaciones eléctricas industriales de la empresa metal-mecánica N & A E.I.R.L. Como los alcances de este trabajo de tesis podemos referirnos a la propuesta de renovación de las instalaciones eléctricas para dicha empresa, así como su incidencia en su sector productivo debido a un análisis de costo involucrado directamente con la calidad del servicio eléctrico. Así como se muestra la elaboración estructurada de las instalaciones basándose en una normatividad adecuada y contemplando las indicaciones del Código Nacional de Electricidad (CNE) Tomo V de Utilización entre otras.

## **CAPÍTULO 2**

### **CONDICIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA**

#### **2.1 Sector Productivo De La Empresa**

La razón social de la empresa “N. & A. E.I.R.L.” corresponde a Las iniciales de los hijos de los dueños de la empresa Nataly González Casana Y Antony Meléndez Guerrero.

La empresa fue creada por escritura publica de fecha 07 de Diciembre de 2000 con capital, objeto, domicilio duración y estatutos que aparecen del referido instrumento otorgado ante notario publico de Lima, Doctor César Bazán Náveda , quedo inscrito en el tomo No 349, folio 431 del registro mercantil de Lima.

Como consecuencia de los conocimientos de ingeniería, en trabajos de alta precisión en mecánica fina y avanzada y contando con los instrumentos y maquinarias para la

fabricación de prensas excéntricas de 15, 16, 25, 30, 40, 150, 250, 300 toneladas, balones de gas licuado, piezas para la industria aeronáutica, N & A E.I.R.L. cumple un papel muy importante en el campo de la fabricación de Cilindros para GLP, teniendo en cuenta que en la capital solo existen 5 empresas mas dedicadas a este tipo de fabricaciones.

Cabe resaltar que N & A E.I.R.L. es la empresa que nace a partir de CELTA S.A. empresa pionera en la fabricación de balones de gas, pues de ella nacen las empresas que ahora se dedican a la fabricación de recipientes portátiles para GLP , con gran demanda en el mercado. Siendo CELTA S.A. una empresa con permanencia en el mercado por más de 28 años, marca que fue reconocida y aceptada en nuestro mercado nacional. Actualmente cuenta con contratos vigentes con las empresas envasadoras de prestigio como son Llama Gas, Pecsá Gas, Aguaytia Energy, Costa Gas, Lima Gas, El Grupo Repsol, etc.

### **2.1.1 Años de Producción**

Durante los años 2001, 2002, 2003 y 2004, más de cuatro años ininterrumpidos, la empresa solo ha dejado de producir en los tiempos de corte del suministro eléctrico o por un desabastecimiento de planchas ASTM A-569, principal materia prima para la producción de cilindros para GLP, lo que caracteriza a una empresa que se encuentra en un mercado cuyos clientes no están satisfechos en su demanda.

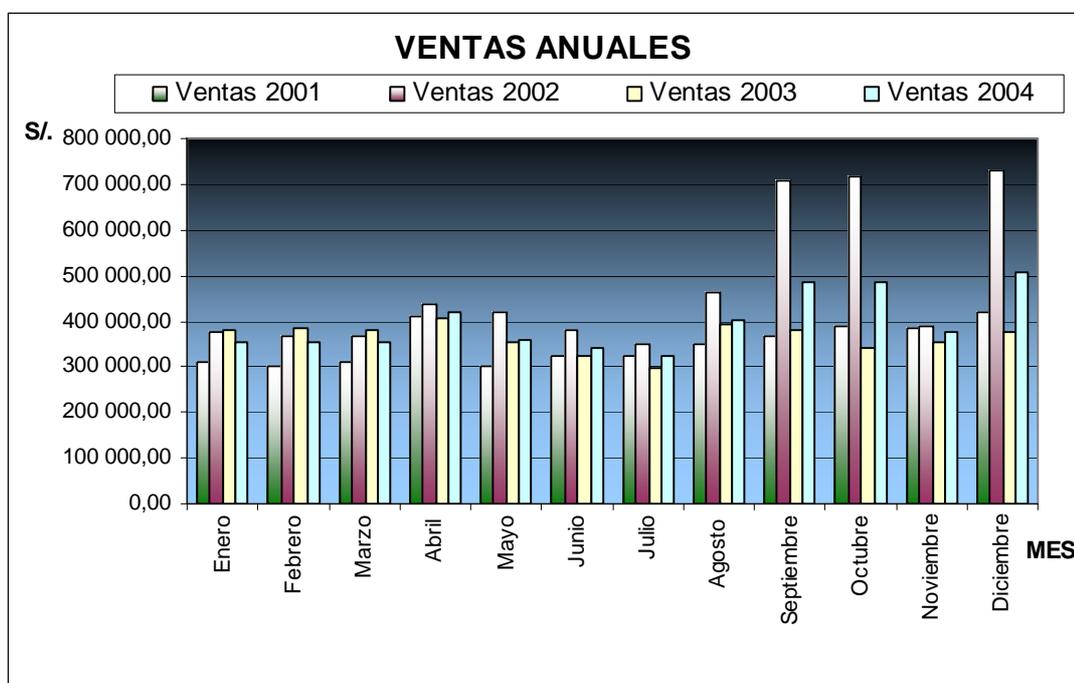
### 2.1.2 Índices de Crecimiento

La empresa N.& A. E.I.R.L. ha ido en crecimiento en volúmenes de ventas año con año y por lo tanto también de producción, lo que se muestra en las tablas de resúmenes año por año, así como sus diagramas de barras de las ventas realizadas.

*Tabla N° 1.-Ventas realizadas por N. & A. E.I.R.L.*

<i>Mes</i>	<i>Ventas 2001 (S/.)</i>	<i>Ventas 2002 (S/.)</i>	<i>Ventas 2003 (S/.)</i>	<i>Ventas 2004 (S/.)</i>
<b>Enero</b>	310 549,00	376 726,00	378 452,00	355 242,00
<b>Febrero</b>	302 569,00	368 090,00	385 241,00	351 967,00
<b>Marzo</b>	310 567,00	369 181,00	378 562,00	352 770,00
<b>Abril</b>	410 723,00	437 451,00	405 652,00	417 942,00
<b>Mayo</b>	299 641,00	419 889,00	352 120,00	357 217,00
<b>Junio</b>	324 165,00	378 896,00	325 648,00	342 903,00
<b>Julio</b>	325 188,00	348 716,00	298 541,00	324 148,00
<b>Agosto</b>	351 289,00	465 141,00	391 405,00	402 612,00
<b>Septiembre</b>	365 172,00	708 627,00	381 518,00	485 106,00
<b>Octubre</b>	390 654,00	716 476,00	342 156,00	483 095,00
<b>Noviembre</b>	384 263,00	388 1540,00	356 102,00	376 173,00
<b>Diciembre</b>	420 135,00	729 360,00	374 527,00	508 007,00

*Cuadro N° 1.- Diagrama de ventas realizadas por N. & A. E.I.R.L.*



Como se puede observar en el cuadro anterior el mejor año de ventas para esta empresa fue el año 2002, esto tiene su explicación por lo siguiente; es bien sabido que durante el primer año de obligaciones tributarias y de gestión comercial la fuerza en ventas busca encontrar el mercado para su producto al igual que no exceder las ventas y ser poseedores de crédito fiscal fiscales para un mejor año tributario el siguiente año como se demuestra en el diagrama viendo el comportamiento de ventas del año 2002, esto no sigue su ritmo en los dos años sucesivos por el incremento en el precio de la materia prima, como es el acero en este caso mas especifico planchas ASTM A-569, lo que ocasionó un atraso en el ritmo de crecimiento anual.

### **2.1.3 Perspectivas de Desarrollo**

La empresa se encuentra actualmente en la realización de un megaproyecto de fabricación y comercialización de cilindros o tanques para GLP. de uso automotor, contando para esto con una gran cartera de clientes así como de proveedores. Entre los principales clientes se tiene al grupo Repsol y Aguaytia Energy así como Llama Gas entre otros. En este proyecto denominado MOTOGAS Y AUTOGAS se involucran importantes sumas de inversión para cumplir con los pedidos que se muestran en las Tablas Nos. 2 y 3, que serán orientadas tanto para la elaboración del producto tanto en materias primas (planchas de acero) así como en el mejoramiento de al infraestructura para la fabricación de estos nuevos productos implementando hornos de secado de balones y de tratamiento térmico.

*Tabla N° 2.- Clientes de proyecto Motogas*

<i>Cartera de Clientes</i>	<i>Requerimiento Mensual de Cilindros</i>
REPSOL YPF	2 000
AGUYTIA ENERGY	2 400

*Tabla N° 3.- Clientes de proyecto Autogas*

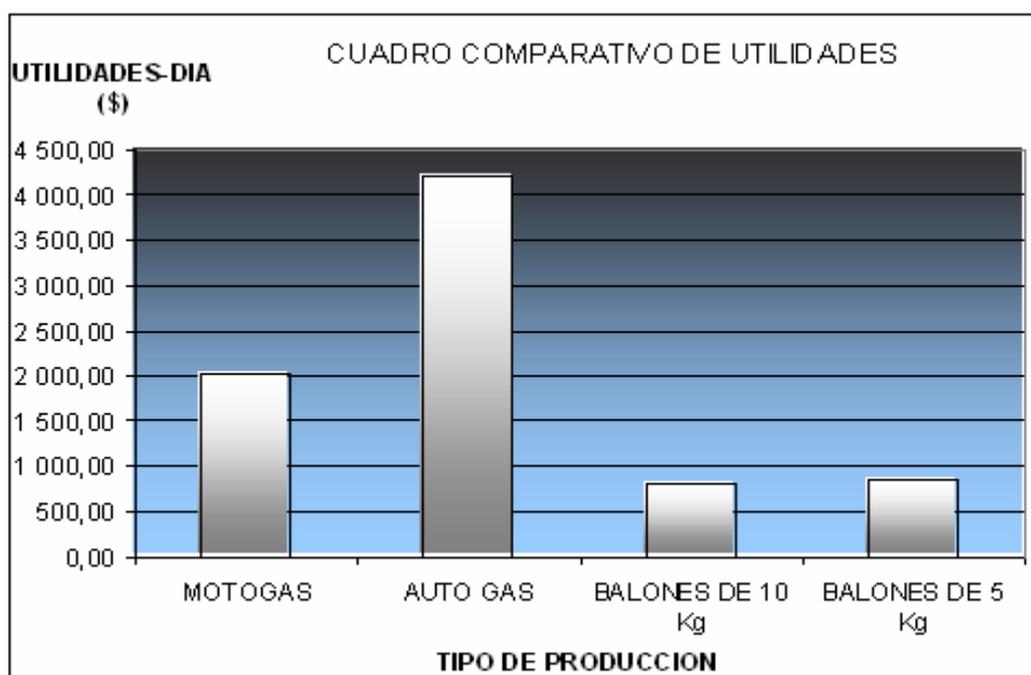
<i>Cartera De Clientes</i>	<i>Requerimiento Mensual de Cilindros</i>
LIMA GAS S.A.	2 000
ZETA GAS S.A.	2 000

Como es obvio este tipo de inversión no es realizada por una empresa seria sin antes haber realizado un estudio complejo de oportunidad-utilidad dando los resultados que se muestran en la Tabla N° 4 y Cuadro N° 2 siguientes:

*Tabla N° 4.- Utilidades estimadas por venta de los productos de N.&A .E.I.R..L.*

<i>Producción</i>	<i>Valor venta (\$)</i>	<i>Utilidad promedio %</i>	<i>Utilidad (\$)</i>	<i>Producción Diaria</i>	<i>Utilidades Diarias (\$)</i>
MOTOGAS	11,25	30	3,37	600,00	2 025,00
AUTO GAS	35,00	40	14,00	300,00	4 200,00
BALONES DE 10 Kg.	11,50	10	1,15	700,00	805,00
BALONES DE 5 Kg.	9,50	12	1,14	750,00	855,00

*Cuadro N° 2.- Utilidades diarias estimadas*



### 2.1.4 Socios Estratégicos

Además de su expansión hacia el mercado automotor la empresa busca asociarse con otras empresas de suministros para contar con socios estratégicos en el sector hidrocarburos específicamente en el área del Gas y de estructuras electro-mecánicas relacionadas con el GLP y GNC. Tales empresas son constituidas principalmente por comercializadoras de acero y empresas de suministradoras de soldaduras que se muestran en las Tablas Nos. 5 y 6.

*Tabla N° 5.- Socios estratégicos en suministros de acero.*

<i>Empresas de Suministros de Aceros</i>	CORPORACION ACEROS AREQUIPA S.A.
	COMASA
	COMFER S.A.
	TRADISA

*Tabla N° 6.- Socios estratégicos en suministros de soldaduras, consumibles y accesorios.*

<i>Empresas de Suministros de Soldaduras</i>	EXSA DIVISION SOLDADURA
	INDURA S.A. DEL PERU
	PRAXAIR S.A.
	COMFER S.A.

### **2.1.5 Cartera de Clientes**

Los principales productos son carruseles de pintado y llenado de cilindros para GLP diseñados para plantas envasadoras que se muestran en la Tabla N° 7.

*Tabla N° 7.- Cartera de clientes para construcciones electromecánicas*

<i>N°</i>	<i>Empresa</i>	<i>RUC</i>	<i>Representante</i>	<i>Teléfono</i>
1	Abastible del Gas S.A.C.	20502114108	Rufilio Neyra Huamaní	4675702
2	Costa Gas S.A.C.	20133577735	Juan Durand Wong	5369599
3	Co Gas S.A.	20133813994	Juan Bravo Sedamano	2518719
4	Delta Gas S.A.	20100005485	Alberto Bonatto Castro	5770285
5	Dura Gas S.A.	20214494745	Martín Ortega	064-244888
6	Envasadora San Gabriel S.R.L.	20292391189	Luís Perez Taiman	2540010
7	Flama Gas S.A.	20100170761	Rufilio Neyra Huamaní	4595627
8	Gas y Gas S.A.C.	20295567768	Patricia Falcón Guardia	2935334
9	Gas del Sur S.R.L.	20104399496	Pedro Zorrilla Luyo	056-273204
10	Gas Superior S.A.C.	20210133748	Félix Marengo Camacho	4607760
11	Inti Gas S.A.C.	20100076749	Rufilio Neyra Huamaní	4675641
12	Llama Gas S.A.	20100366747	Antonio Cáceres Aliaga	3441515
13	Nova Gas S.A.	20100809088	José Yupanqui Mauricio	2247813
14	Puro Gas S.A.	20257364438	Mirian Falcón Guardia	3710370
15	Villa Gas S.R.L.	20118178077	Gilberto Canales Osorio	2245022
16	Vita Gas S.R.L.	20100873681	Vitaliano Ponce Medrano	3710817
17	Inversiones Canta Gas S.A.C.	20502846206	Cantalicio Neyra Huamaní	3560097
18	Inversiones Perú Gas S.A.C.	20183716183	Antonio Gonzáles Vargas	3366740
19	Pecsa Gas S.A.	20259033072	kurt Newman	3710300/117
20	Aguaytia Energy S.R.L.	20259033072	Alejandro Fortz	6115000/014
21	GLP Amazónico S.A.C.	20408971943	Álvaro Rey Recavarren	3723972

Como se ha mostrado en anterioridad la empresa pretende un crecimiento estructurado y fortalecido por un cambio tanto en su mercado como en su infraestructura es por tal motivo que requiere una mejora del sistema eléctrico como lo vertemos a continuación.

## **2.2 Condiciones Técnicas de las Instalaciones Eléctricas en La Planta**

### **2.2.1 Acometida**

La empresa que otorga el suministro eléctrico es Edelnor S.A.A., cuya categoría se encuentra en la opción tarifaria BT4, de acuerdo con la norma R. N° 1908-2001-OS/CD *Opciones Tarifarias y Condiciones de Aplicación de las Tarifas a Usuario Final*, en la que se evalúan una potencia y una energía. La corriente eléctrica viene desde una sub-estación que se encuentra a 150 metros del medidor de energía ABB cuyo número de registro de suministro es 440636, trasladada por un cable NYY de 120 mm<sup>2</sup>. Cabe resaltar que la acometida tiene un tiempo de vida de cerca de 9 años y aun se encuentra en buen estado de conexión; sin embargo, muestra una entrega de tensión por debajo de lo permitido por el CNE y esto se debe a la creciente demanda de energía de la zona industrial llegándose a registrar tensiones de suministro de hasta 204 V en horas punta como se muestra en la Tabla N° 8 siguiente.

*Tabla N° 8.- Registros de tensión*

<i>Día</i>	<i>Hora</i>	<i>Registro de Tensión (V)</i>
04/04/2005	09:15	206
04/04/2005	10:36	207
04/04/2005	12:10	204
04/04/2005	14:54	205
04/04/2005	16:28	206
04/04/2005	18:20	205
28/04/2005	08:56	205
28/04/2005	10:20	207
28/04/2005	11:55	204
28/04/2005	13:59	204
28/04/2005	16:35	206
28/04/2005	18:46	206
16/05/2005	09:24	208
16/05/2005	10:36	206
16/05/2005	11:44	205
16/05/2005	13:35	207
16/05/2005	15:05	204
16/05/2005	17:58	205

Como se puede apreciar, por los datos mostrados anteriormente, el bajo nivel de tensión en el suministro es un problema constante que afecta al conjunto de las instalaciones, en lo que es parte productiva como administrativa, es por eso, que un cambio de la acometida podría solucionar esta anomalía que ocasiona el envejecimiento de los equipos.

### **2.2.2 Sistema Distribución de Cargas en el Proceso Productivo**

#### **a) Alimentadores Principales a las Cargas**

El sistema productivo de la empresa cuenta con cuatro áreas principalmente y son las siguientes:

- **Habilitación** : Donde se realiza el proceso de corte y embutido de la materia prima.
- **Soldadura** : Área donde se realiza el ensamble de las piezas de los balones.
- **Control de calidad:** Donde se realizan el tratamiento, las pruebas de control y el pintado.
- **Maestranza** : Donde se realizan los trabajos de mantenimiento y pedidos de fabricación especiales.

En esencia, el sistema de distribución de cargas esta compuesto por dos ramales que recorren la planta por casi la totalidad del perímetro, teniendo además tres ramificaciones, realizadas con el objeto de suministrar energía eléctrica a ciertas partes del sector productivo. Estas líneas se distribuyen por los flancos de la planta pasando a través de las áreas de habilitación y soldadura en un caso y de maestranza y control de calidad por otro lado de la planta, tal como se muestra en el Plano N° 3.

#### **b) Acometidas a las Cargas**

Del total de cargas en el sistema eléctrico de fuerza de N & A E.I.R.L. el 84 % de estas corresponden a motores de corriente alterna y el restante de cargas son maquinas de soldar que son en realidad un auto transformador y rectificador.

Las acometidas en cada carga se encuentran en un mal estado de conservación y mantenimiento teniendo como características los siguientes puntos:

- La toma de energía se realiza por conductores que en su mayoría no están calculados para la corriente a suministrar y que en la conexión a las líneas de distribución no cuentan ninguno de ellos con ninguna protección como una caja de paso.
- Los cables alimentadores de dos y hasta tres cargas, en algunos casos tienen su conexión desde un mismo elemento de protección ya sea una llave del tipo cuchilla o interruptor termomagnético.

- Los elementos de protección no tienen un protocolo de mantenimiento ni de selección. Se encuentran sin cubierta en el caso de las llaves portafusibles de tipo cuchilla y sin la correcta selección de la corriente de disparo, en el caso de los interruptores termomagnéticos.
- Los motores, en su mayoría, no tienen placas con los datos técnicos por lo que no se puede apreciar la letra del motor, factor de potencia ni corriente máxima de operación.

A continuación se muestra en la Tabla N° 9 un resumen de las características eléctricas de las cargas en cuanto a su tensión y corriente máxima de operación cuyos datos fueron tomados por el área de mantenimiento y desarrollo de proyectos para el presente trabajo de tesis.

Tabla N° 9.- Resumen de las características eléctricas de las cargas

N°	Máquina	Corriente Máx. Leída (A)	Voltaje Leído (V)
1	Compresora N.&A.	16,00	200
2	Cizalla	26,00	201
3	Agujereado de Aro	3,80	201
4	Cort. Pestañad de Aro	1,90	200
5	Pestañado de Asas	4,00	198
6	Estampadora de Asas	54,00	196
7	Cortadora Excéntrica	12,00	198
8	Embutidora	95,00	196
9	Marcadora de Golletes	13,00	197
10	Doblado Asas	18,00	196
11	Emb. De Asa y Aro 1	19,00	193
12	Troqueladora de asas	24,00	190
13	Pestañad. de fondos	8,00	197
14	Rebordea. de Tapas	4,60	198
15	Troquel de Tapas	5,00	192
16	Sold. De Golletes	32,00	192
17	Sold. SAW LINCOLD	64,00	192
18	Sold. SAW WESTING H.	55,00	190
19	Sold. AMIGO 400	32,00	197
20	Sold. AMIGO 300	32,00	197
21	Sold. NR-400	30,00	197
22	Sold. SMAW	22,00	197
23	Bomba de Caudal	4,50	197
24	Bomba de Presión	3,00	197
25	Envalvuladora	3,50	200
26	Envalvuladora	2,00	200
27	Esmeril de banco	1,20	198
28	Torno A.	54,00	204
29	Torno B.	21,00	200
30	Torno C	6,00	204
31	Torno D	6,00	204
32	Roscadora	15,00	198
33	Avellanadota	5,50	203
34	Compresora PH	8,00	197
35	Compresora Pintado	80,00	202
36	Compresora Para A.S.	14,00	192
37	Cepillo	6,50	200
38	Rectificadora Plano	7,30	200
39	Taladro de Mesa A	2,00	202
40	Taladro de Mesa B	2,00	202
41	Taladro de Columna	4,00	202
42	Fresa N° 5	30,00	204
43	Soldadora SMAW	23,00	202
44	Compresora PN A	13,00	200
45	Compresora PN B	26,00	200
46	Esmeril de Banco	4,00	202
47	Fresa Taladro	7,50	204
48	Bomba del Horno	8,00	203
49	Quemadores	9,90	203
50	Extractor	11,00	202

**c) Características de las Cargas Consumidas por la Planta**

Como se observa en la Tabla N° 9, las tensiones de operación de las máquinas se encuentran en su totalidad por debajo de lo permitido por el CNE que permite una caída no mayor a 4 %, desde el medidor hacia el interior de la instalación.

Es imprescindible hacer mención que se pidió a la empresa concesionaria de electricidad la base de datos de las lecturas del medidor de un mes completo para carga máxima, consumo de energía activa y de energía reactiva con el fin de estimar los picos de potencia, así como estimar el factor de potencia y el factor de demanda de la planta.

De los datos proporcionados por Edelnor S.A.A. se muestran las Tablas Nos. 10,11 y 12 y Cuadros Nos. 3, 4, 5, 6, 7 y 8 donde se aprecian los comportamientos del consumo de la potencia y energía máximos en la planta.

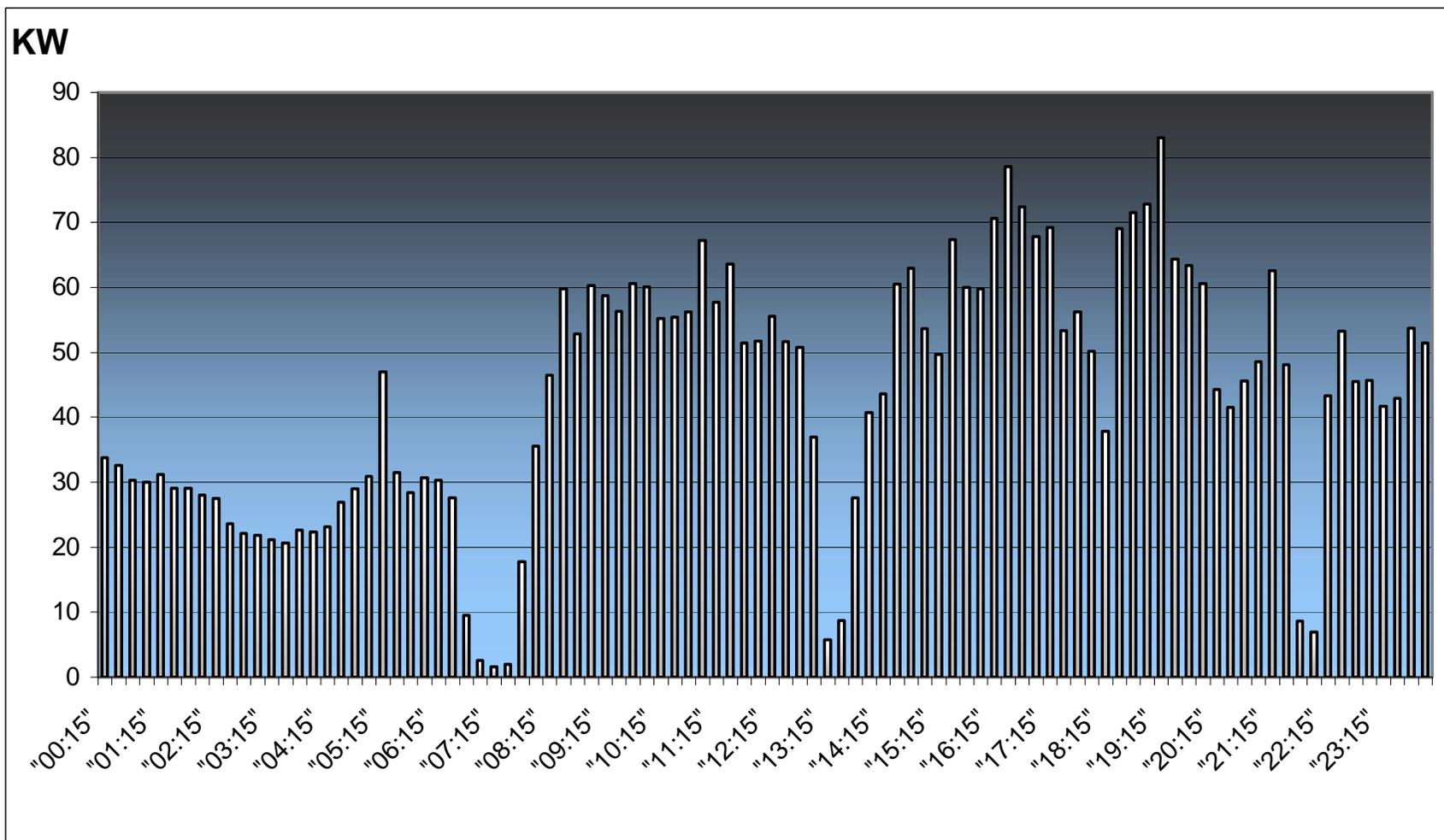
*Tabla N° 10.- Datos de carga del suministro 440636 día 23/08/04  
de 00:15 hasta 11:45*

HORA	KW	KWH	KVAR	KVARH
"00:15"	33,78	8,45	37,38	9,35
"00:30"	32,57	8,14	35,23	8,81
"00:45"	30,25	7,56	32,96	8,24
"01:00"	30,01	7,50	29,38	7,34
"01:15"	31,16	7,79	31,80	7,95
"01:30"	29,11	7,28	31,32	7,83
"01:45"	29,12	7,28	30,54	7,64
"02:00"	28,03	7,01	28,75	7,19
"02:15"	27,55	6,89	29,64	7,41
"02:30"	23,69	5,92	25,14	6,29
"02:45"	22,10	5,53	25,34	6,34
"03:00"	21,82	5,45	25,18	6,29
"03:15"	21,14	5,29	24,19	6,05
"03:30"	20,69	5,17	23,47	5,87
"03:45"	22,66	5,66	24,12	6,03
"04:00"	22,34	5,59	23,50	5,87
"04:15"	23,17	5,79	24,37	6,09
"04:30"	26,96	6,74	28,22	7,06
"04:45"	29,00	7,25	31,21	7,80
"05:00"	30,91	7,73	33,12	8,28
"05:15"	46,97	11,74	42,41	10,60
"05:30"	31,52	7,88	33,92	8,48
"05:45"	28,39	7,10	30,25	7,56
"06:00"	30,70	7,67	33,37	8,34
"06:15"	30,29	7,57	30,84	7,71
"06:30"	27,58	6,89	27,97	6,99
"06:45"	9,49	2,37	11,58	2,90
"07:00"	2,54	0,64	3,71	0,93
"07:15"	1,56	0,39	1,99	0,50
"07:30"	2,00	0,50	2,60	0,65
"07:45"	17,81	4,45	22,78	5,69
"08:00"	35,59	8,90	41,39	10,35
"08:15"	46,49	11,62	50,02	12,50
"08:30"	59,84	14,96	62,60	15,65
"08:45"	52,82	13,21	56,69	14,17
"09:00"	60,30	15,08	65,32	16,33
"09:15"	58,68	14,67	65,57	16,39
"09:30"	56,29	14,07	62,66	15,67
"09:45"	60,62	15,16	65,60	16,40
"10:00"	60,12	15,03	67,03	16,76
"10:15"	55,19	13,80	63,61	15,90
"10:30"	55,40	13,85	59,84	14,96
"10:45"	56,21	14,05	59,46	14,87
"11:00"	67,25	16,81	66,35	16,59
"11:15"	57,73	14,43	62,23	15,56
"11:30"	63,56	15,89	61,92	15,48
"11:45"	51,47	12,87	57,89	14,47

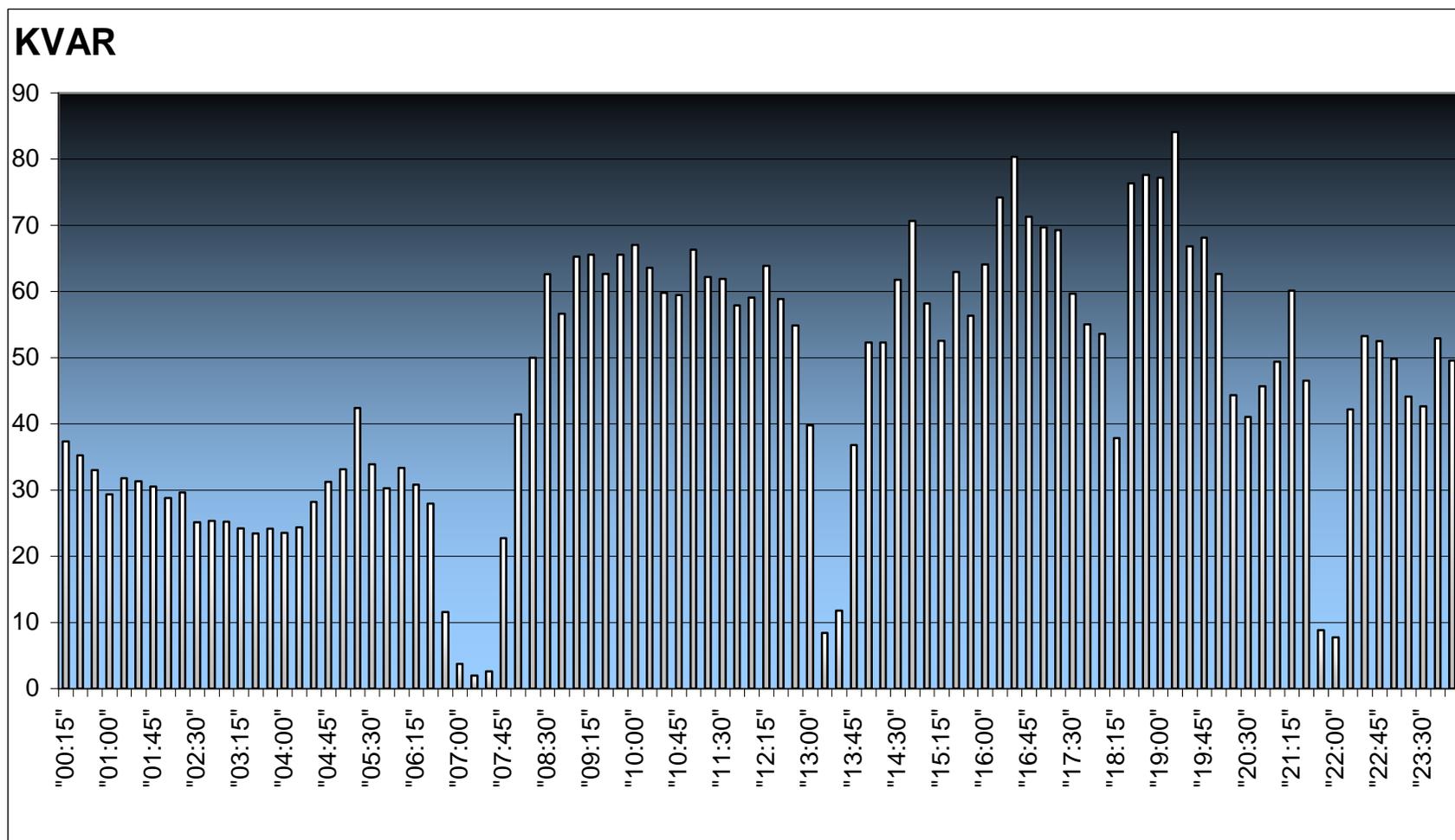
Tabla N° 10.- Datos de carga del suministro 440636 día 23/08/04  
de 12:00 hasta 24:00

HORA	KW	KWH	KVAR	KVARH
"12:00"	51,78	12,95	59,12	14,78
"12:15"	55,56	13,89	63,91	15,98
"12:30"	51,62	12,91	58,93	14,73
"12:45"	50,78	12,70	54,89	13,72
"13:00"	36,92	9,23	39,79	9,95
"13:15"	5,71	1,43	8,45	2,11
"13:30"	8,78	2,20	11,76	2,94
"13:45"	27,66	6,92	36,76	9,19
"14:00"	40,74	10,19	52,27	13,07
"14:15"	43,61	10,90	52,30	13,07
"14:30"	60,53	15,13	61,76	15,44
"14:45"	62,99	15,75	70,73	17,68
"15:00"	53,60	13,40	58,21	14,55
"15:15"	49,63	12,41	52,57	13,14
"15:30"	67,33	16,83	62,95	15,74
"15:45"	59,98	14,99	56,40	14,10
"16:00"	59,77	14,94	64,08	16,02
"16:15"	70,61	17,65	74,20	18,55
"16:30"	78,59	19,65	80,39	20,10
"16:45"	72,42	18,11	71,34	17,84
"17:00"	67,86	16,97	69,73	17,43
"17:15"	69,22	17,30	69,30	17,33
"17:30"	53,36	13,34	59,64	14,91
"17:45"	56,22	14,06	55,02	13,76
"18:00"	50,14	12,53	53,62	13,40
"18:15"	37,85	9,46	37,85	9,46
"18:30"	69,04	17,26	76,37	19,09
"18:45"	71,56	17,89	77,62	19,40
"19:00"	72,82	18,20	77,26	19,31
"19:15"	83,02	20,75	84,12	21,03
"19:30"	64,39	16,10	66,83	16,71
"19:45"	63,35	15,84	68,18	17,05
"20:00"	60,64	15,16	62,66	15,67
"20:15"	44,34	11,09	44,39	11,10
"20:30"	41,51	10,38	41,10	10,28
"20:45"	45,64	11,41	45,71	11,43
"21:00"	48,58	12,14	49,39	12,35
"21:15"	62,59	15,65	60,13	15,03
"21:30"	48,06	12,02	46,51	11,63
"21:45"	8,60	2,15	8,87	2,22
"22:00"	6,94	1,73	7,70	1,93
"22:15"	43,30	10,82	42,19	10,55
"22:30"	53,21	13,30	53,30	13,33
"22:45"	45,54	11,39	52,49	13,12
"23:00"	45,74	11,44	49,84	12,46
"23:15"	41,68	10,42	44,17	11,04
"23:30"	42,90	10,73	42,67	10,67
"23:45"	53,74	13,43	52,96	13,24
"24:00"	51,48	12,87	49,58	12,40

Cuadro N° 3.- Potencia activa del día 23/08/2004 (fuente Edelnor S.A.A. suministro 440636)



Cuadro N° 4.- Potencias reactivas registradas del día 23/08/2004 (fuente Edelnor S.A.A. suministro 440636)



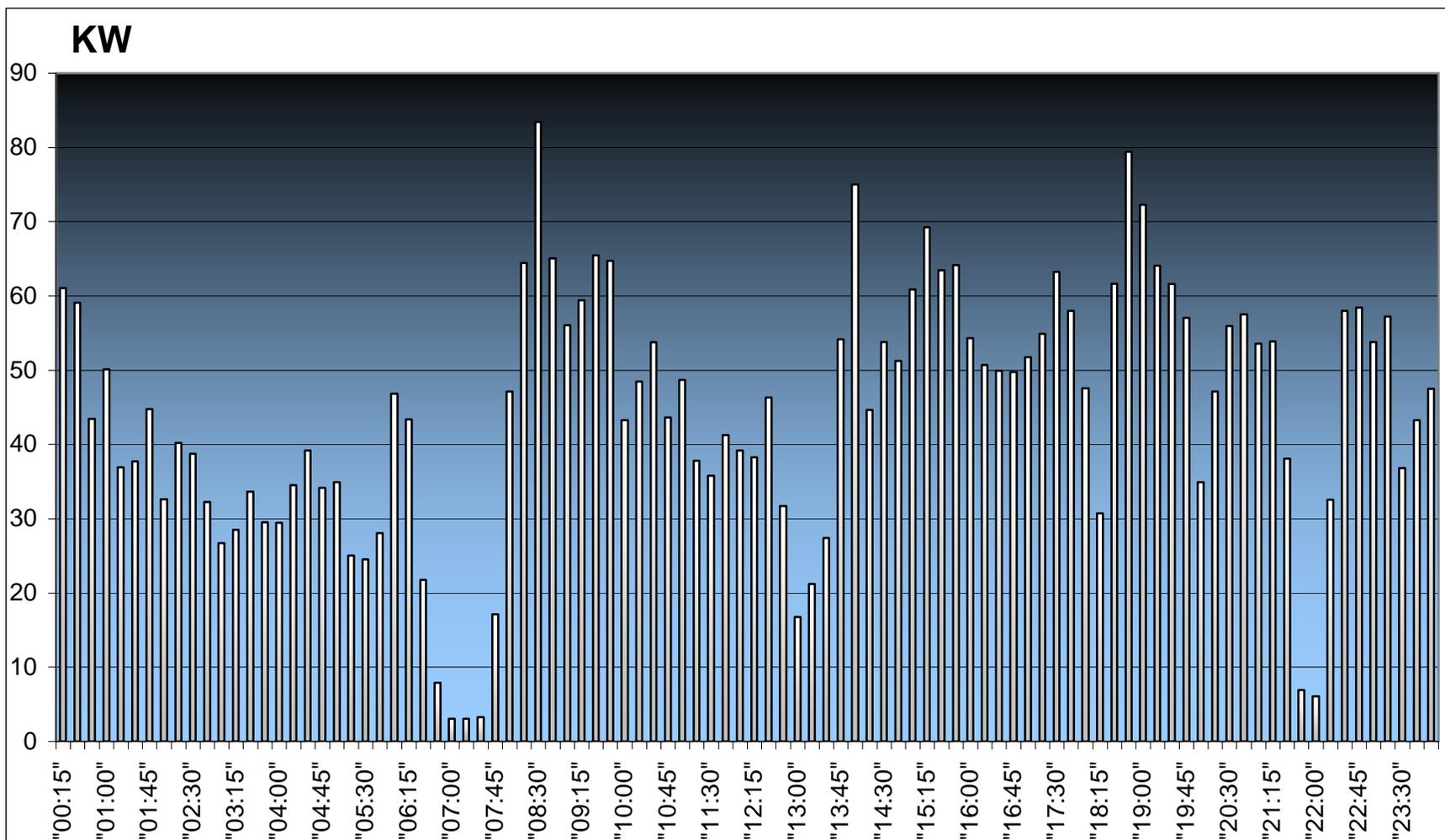
*Tabla N° 11.- Datos de carga del suministro 440636 día 05/09/04  
de 00:15 hasta 11:45*

HORA	KW	KWH	KVAR	KVARH
"00:15"	61,03	15,26	61,42	15,35
"00:30"	59,08	14,77	62,93	15,73
"00:45"	43,40	10,85	46,84	11,71
"01:00"	50,11	12,53	47,42	11,86
"01:15"	36,92	9,23	39,72	9,93
"01:30"	37,69	9,42	39,90	9,98
"01:45"	44,78	11,20	44,21	11,05
"02:00"	32,62	8,15	36,38	9,10
"02:15"	40,20	10,05	39,41	9,85
"02:30"	38,75	9,69	34,03	8,51
"02:45"	32,27	8,07	28,51	7,13
"03:00"	26,75	6,69	25,18	6,29
"03:15"	28,48	7,12	28,46	7,12
"03:30"	33,67	8,42	34,20	8,55
"03:45"	29,54	7,39	33,06	8,27
"04:00"	29,42	7,36	33,22	8,30
"04:15"	34,48	8,62	36,36	9,09
"04:30"	39,19	9,80	46,36	11,59
"04:45"	34,14	8,54	36,52	9,13
"05:00"	34,92	8,73	36,70	9,17
"05:15"	25,03	6,26	29,40	7,35
"05:30"	24,54	6,14	27,01	6,75
"05:45"	28,08	7,02	29,88	7,47
"06:00"	46,82	11,71	44,41	11,10
"06:15"	43,33	10,83	42,02	10,51
"06:30"	21,72	5,43	26,48	6,62
"06:45"	7,92	1,98	8,58	2,15
"07:00"	3,01	0,75	4,40	1,10
"07:15"	3,01	0,75	3,98	1,00
"07:30"	3,28	0,82	4,39	1,10
"07:45"	17,14	4,28	22,70	5,68
"08:00"	47,14	11,78	49,32	12,33
"08:15"	64,40	16,10	78,59	19,65
"08:30"	83,42	20,86	86,69	21,67
"08:45"	65,05	16,26	67,84	16,96
"09:00"	56,08	14,02	69,67	17,42
"09:15"	59,41	14,85	64,74	16,19
"09:30"	65,47	16,37	73,87	18,47
"09:45"	64,76	16,19	67,60	16,90
"10:00"	43,22	10,81	52,62	13,16
"10:15"	48,48	12,12	56,59	14,15
"10:30"	53,74	13,43	62,81	15,70
"10:45"	43,62	10,91	50,94	12,74
"11:00"	48,72	12,18	58,73	14,68
"11:15"	37,79	9,45	46,96	11,74
"11:30"	35,77	8,94	45,68	11,42
"11:45"	41,24	10,31	51,28	12,82

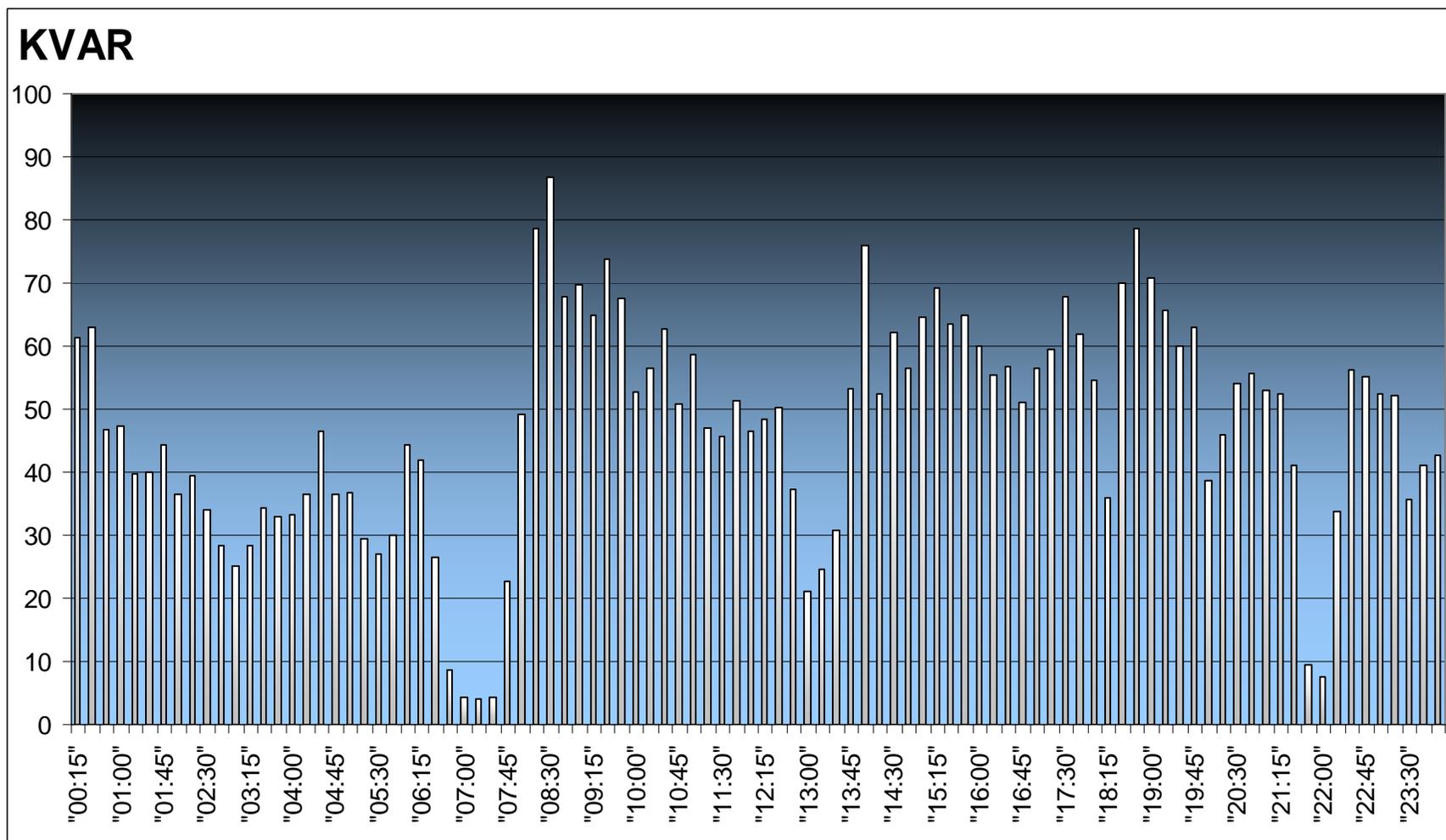
*Tabla N° 11.- Datos de carga del suministro 440636 día 05/09/04  
de 12:00 hasta 24:00*

HORA	KW	KWH	KVAR	KVARH
"12:00"	39,16	9,79	46,40	11,60
"12:15"	38,24	9,56	48,35	12,09
"12:30"	46,34	11,59	50,26	12,56
"12:45"	31,70	7,93	37,30	9,32
"13:00"	16,79	4,20	21,00	5,25
"13:15"	21,18	5,30	24,53	6,13
"13:30"	27,36	6,84	30,88	7,72
"13:45"	54,16	13,54	53,34	13,34
"14:00"	74,98	18,74	75,95	18,99
"14:15"	44,65	11,16	52,48	13,12
"14:30"	53,81	13,45	62,17	15,54
"14:45"	51,24	12,81	56,36	14,09
"15:00"	60,84	15,21	64,70	16,18
"15:15"	69,23	17,31	69,06	17,27
"15:30"	63,43	15,86	63,54	15,89
"15:45"	64,12	16,03	64,90	16,22
"16:00"	54,29	13,57	59,90	14,98
"16:15"	50,70	12,68	55,36	13,84
"16:30"	49,94	12,49	56,76	14,19
"16:45"	49,76	12,44	51,10	12,77
"17:00"	51,76	12,94	56,39	14,10
"17:15"	54,88	13,72	59,58	14,90
"17:30"	63,22	15,80	67,81	16,95
"17:45"	58,01	14,50	61,79	15,45
"18:00"	47,54	11,89	54,56	13,64
"18:15"	30,72	7,68	35,92	8,98
"18:30"	61,64	15,41	69,92	17,48
"18:45"	79,45	19,86	78,72	19,68
"19:00"	72,28	18,07	70,93	17,73
"19:15"	64,09	16,02	65,56	16,39
"19:30"	61,58	15,40	59,96	14,99
"19:45"	57,01	14,25	63,08	15,77
"20:00"	34,92	8,73	38,76	9,69
"20:15"	47,10	11,78	45,90	11,48
"20:30"	55,91	13,98	54,12	13,53
"20:45"	57,50	14,38	55,57	13,89
"21:00"	53,54	13,39	52,88	13,22
"21:15"	53,87	13,47	52,42	13,10
"21:30"	38,08	9,52	40,98	10,25
"21:45"	6,95	1,74	9,52	2,38
"22:00"	6,05	1,51	7,46	1,87
"22:15"	32,53	8,13	33,89	8,47
"22:30"	57,97	14,49	56,28	14,07
"22:45"	58,43	14,61	55,12	13,78
"23:00"	53,83	13,46	52,36	13,09
"23:15"	57,23	14,31	52,08	13,02
"23:30"	36,78	9,20	35,57	8,89
"23:45"	43,26	10,82	40,99	10,25
"24:00"	47,51	11,88	42,77	10,69

Cuadro N° 5.- Potencias activas registradas del día 05/09/04 (fuente Edelnor S.A.A. suministro 440636)



Cuadro N° 6.- Potencias reactivas registradas el día 05/09/2004 (fuente Edelnor S.A.A. suministro 440636)



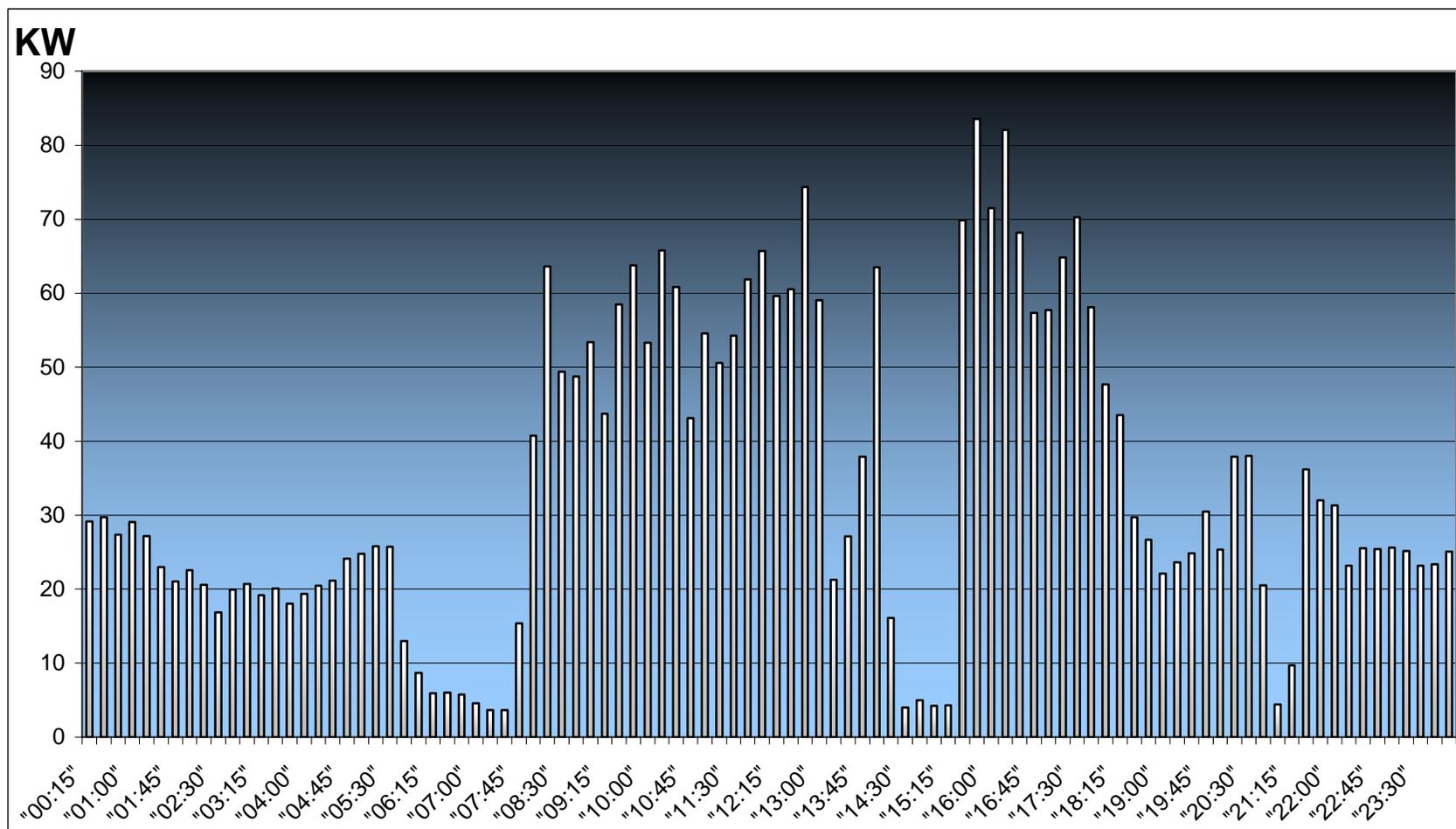
*Tabla N° 12.- Datos de carga del suministro 440636 día 14/09/04  
de 00:15 hasta 11:45*

HORA	KW	KWH	KVAR	KVARH
"00:15"	29,12	7,28	28,91	7,23
"00:30"	29,71	7,43	29,54	7,39
"00:45"	27,36	6,84	27,82	6,95
"01:00"	29,06	7,27	29,89	7,47
"01:15"	27,22	6,80	26,82	6,71
"01:30"	22,98	5,75	24,19	6,05
"01:45"	21,02	5,26	21,76	5,44
"02:00"	22,55	5,64	23,48	5,87
"02:15"	20,62	5,15	21,30	5,33
"02:30"	16,84	4,21	20,35	5,09
"02:45"	19,99	5,00	21,05	5,26
"03:00"	20,71	5,18	20,96	5,24
"03:15"	19,22	4,81	21,31	5,33
"03:30"	20,09	5,02	23,58	5,90
"03:45"	18,08	4,52	23,00	5,75
"04:00"	19,42	4,85	23,70	5,93
"04:15"	20,50	5,12	23,68	5,92
"04:30"	21,17	5,29	23,22	5,81
"04:45"	24,14	6,04	26,83	6,71
"05:00"	24,76	6,19	27,58	6,89
"05:15"	25,79	6,45	29,56	7,39
"05:30"	25,72	6,43	29,10	7,28
"05:45"	13,01	3,25	21,66	5,42
"06:00"	8,69	2,17	11,51	2,88
"06:15"	5,96	1,49	6,92	1,73
"06:30"	6,02	1,51	6,74	1,69
"06:45"	5,76	1,44	6,61	1,65
"07:00"	4,58	1,15	4,72	1,18
"07:15"	3,65	0,91	3,65	0,91
"07:30"	3,68	0,92	3,80	0,95
"07:45"	15,43	3,86	21,44	5,36
"08:00"	40,74	10,19	42,19	10,55
"08:15"	63,61	15,90	62,10	15,53
"08:30"	49,37	12,34	52,34	13,09
"08:45"	48,71	12,18	51,64	12,91
"09:00"	53,36	13,34	57,37	14,34
"09:15"	43,74	10,94	50,83	12,71
"09:30"	58,51	14,63	62,14	15,53
"09:45"	63,76	15,94	65,05	16,26
"10:00"	53,33	13,33	56,30	14,08
"10:15"	65,81	16,45	64,09	16,02
"10:30"	60,83	15,21	62,65	15,66
"10:45"	43,08	10,77	48,62	12,16
"11:00"	54,59	13,65	58,69	14,67
"11:15"	50,57	12,64	57,65	14,41
"11:30"	54,28	13,57	63,65	15,91
"11:45"	61,86	15,47	72,35	18,09

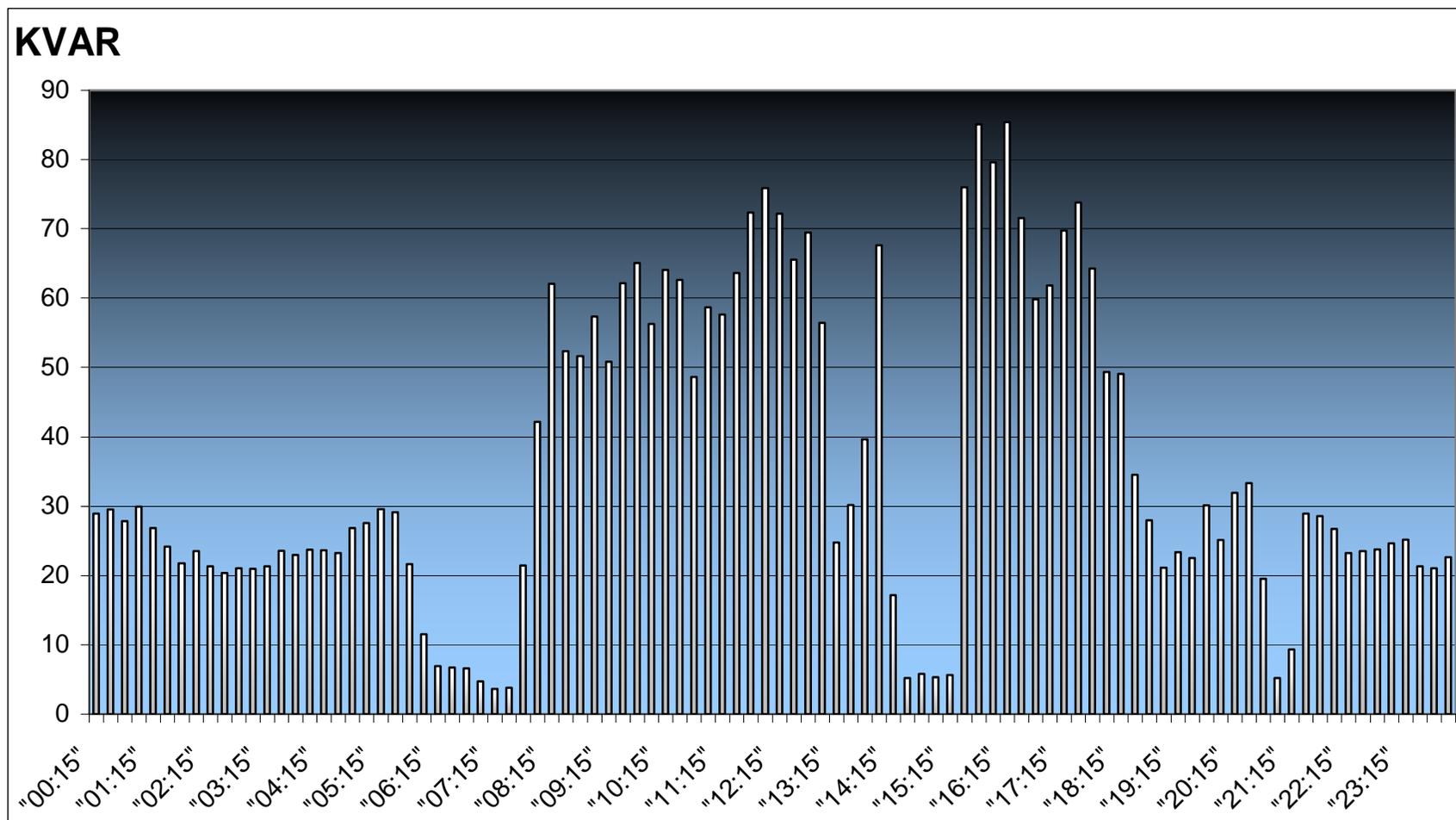
*Tabla N° 12.- Datos de carga del suministro 440636 día 14/09/04  
de 12:00 hasta 24:00*

HORA	KW	KWH	KVAR	KVARH
"12:00"	65,70	16,43	75,90	18,98
"12:15"	59,65	14,91	72,22	18,05
"12:30"	60,53	15,13	65,53	16,38
"12:45"	74,36	18,59	69,50	17,38
"13:00"	59,06	14,77	56,44	14,11
"13:15"	21,32	5,33	24,76	6,19
"13:30"	27,14	6,79	30,20	7,55
"13:45"	37,90	9,47	39,65	9,91
"14:00"	63,49	15,87	67,60	16,90
"14:15"	16,13	4,03	17,16	4,29
"14:30"	4,02	1,01	5,18	1,30
"14:45"	4,98	1,25	5,78	1,45
"15:00"	4,27	1,07	5,30	1,33
"15:15"	4,28	1,07	5,69	1,42
"15:30"	69,86	17,47	76,02	19,01
"15:45"	83,53	20,88	85,06	21,26
"16:00"	71,52	17,88	79,58	19,90
"16:15"	82,07	20,52	85,43	21,36
"16:30"	68,20	17,05	71,56	17,89
"16:45"	57,37	14,34	59,81	14,95
"17:00"	57,77	14,44	61,82	15,46
"17:15"	64,82	16,21	69,74	17,44
"17:30"	70,28	17,57	73,79	18,45
"17:45"	58,09	14,52	64,28	16,07
"18:00"	47,65	11,91	49,39	12,35
"18:15"	43,55	10,89	49,13	12,28
"18:30"	29,72	7,43	34,54	8,63
"18:45"	26,68	6,67	28,00	7,00
"19:00"	22,09	5,52	21,10	5,27
"19:15"	23,62	5,90	23,41	5,85
"19:30"	24,84	6,21	22,51	5,63
"19:45"	30,52	7,63	30,12	7,53
"20:00"	25,34	6,34	25,09	6,27
"20:15"	37,93	9,48	31,88	7,97
"20:30"	38,05	9,51	33,34	8,33
"20:45"	20,53	5,13	19,50	4,88
"21:00"	4,44	1,11	5,18	1,30
"21:15"	9,70	2,42	9,32	2,33
"21:30"	36,17	9,04	28,91	7,23
"21:45"	32,02	8,00	28,57	7,14
"22:00"	31,33	7,83	26,70	6,68
"22:15"	23,22	5,81	23,26	5,81
"22:30"	25,52	6,38	23,48	5,87
"22:45"	25,44	6,36	23,76	5,94
"23:00"	25,61	6,40	24,66	6,17
"23:15"	25,19	6,30	25,15	6,29
"23:30"	23,21	5,80	21,34	5,33
"23:45"	23,41	5,85	21,04	5,26
"24:00"	25,10	6,28	22,62	5,66

Cuadro N° 7.- Potencias activas registradas el día 14/09/2004 (fuente Edelnor S.A.A. suministro 440636)



Cuadro N° 8.- Potencias reactivas registradas el día 14/09/2004 (fuente Edelnor S.A.A. suministro 440636)

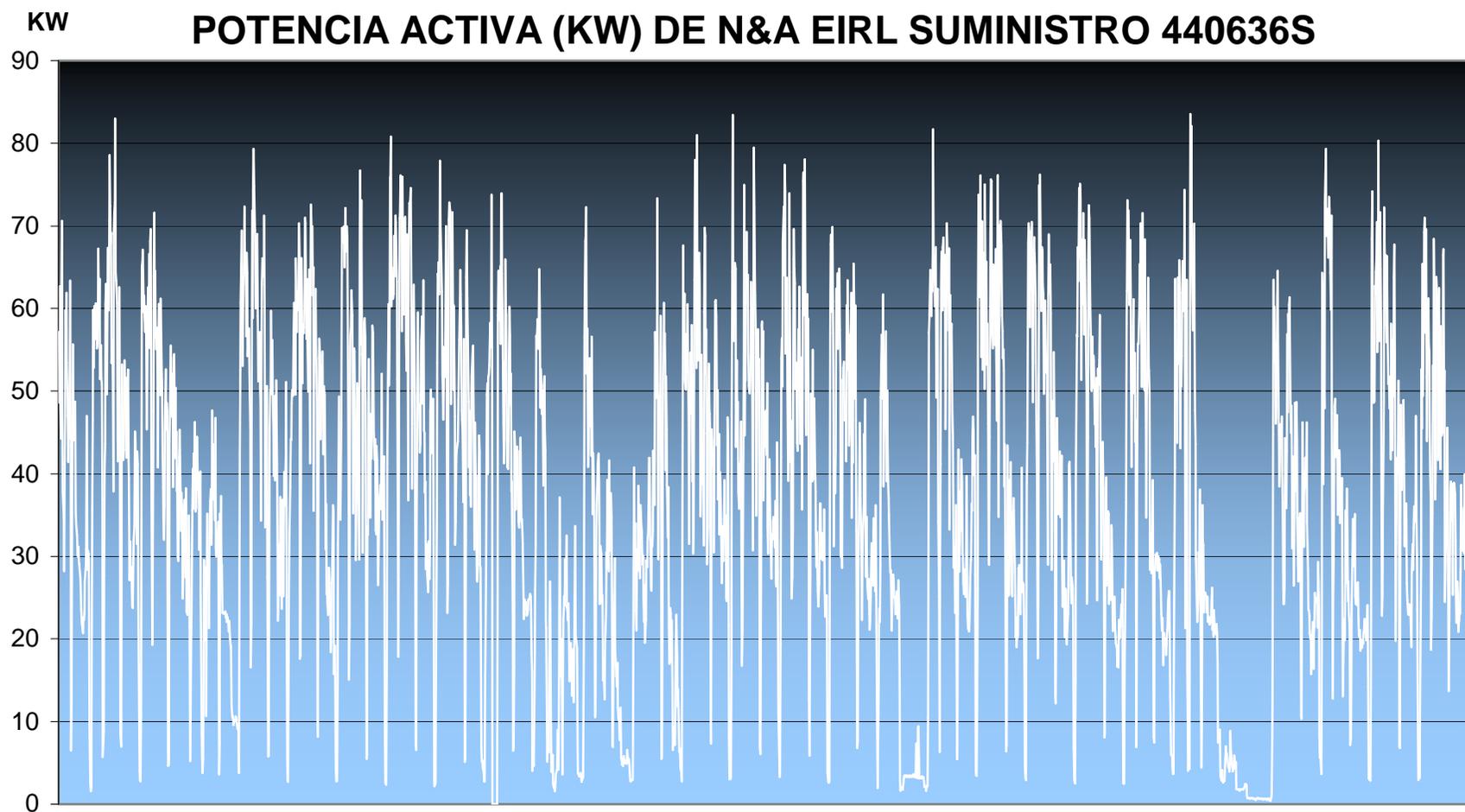


Cabe resaltar, que los datos de los días anteriores se muestran a manera de ejemplo, representando básicamente a los días de cargas máximas y mostrando que tienen comportamientos comunes en cuanto al consumo diario. Sin embargo, se mostrara los principales datos gráficamente con los que podremos analizar y verificar el estado actual de la planta desde el punto de vista de consumo eléctrico. Entre los principales datos a recoger tenemos:

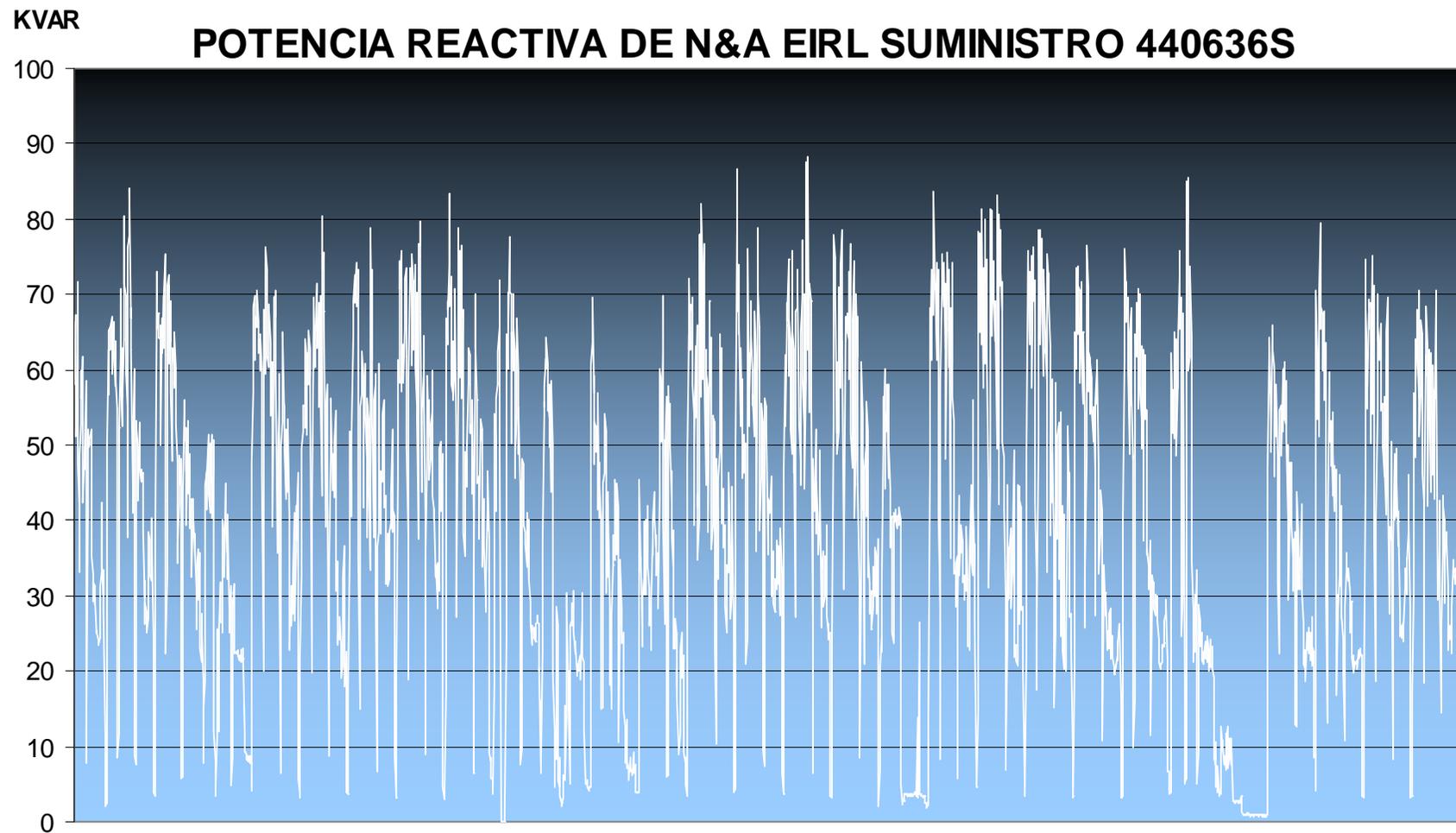
- Potencia activa máxima (KW)
- Potencia activa mínima (KW)
- Potencia activa promedio (KW)
- Energía activa máxima (KWH)
- Energía activa mínima (KWH)
- Energía activa promedio (KWH)
- Potencia reactiva máxima (KVAR)
- Potencia reactiva mínima (KVAR)
- Potencia reactiva promedio (KVAR)
- Energía reactiva máxima (KVARH)
- Energía reactiva mínima (KVARH)
- Energía reactiva promedio (KVARH)
- Factor de potencia máximo
- Factor de potencia mínimo
- Factor de potencia promedio

Además de los datos anteriores calcularemos la máxima corriente consumida por la planta o  $I_n$  de planta con el fin de estimar si son correctos los conductores utilizados para la distribución de la corriente a través de la planta.

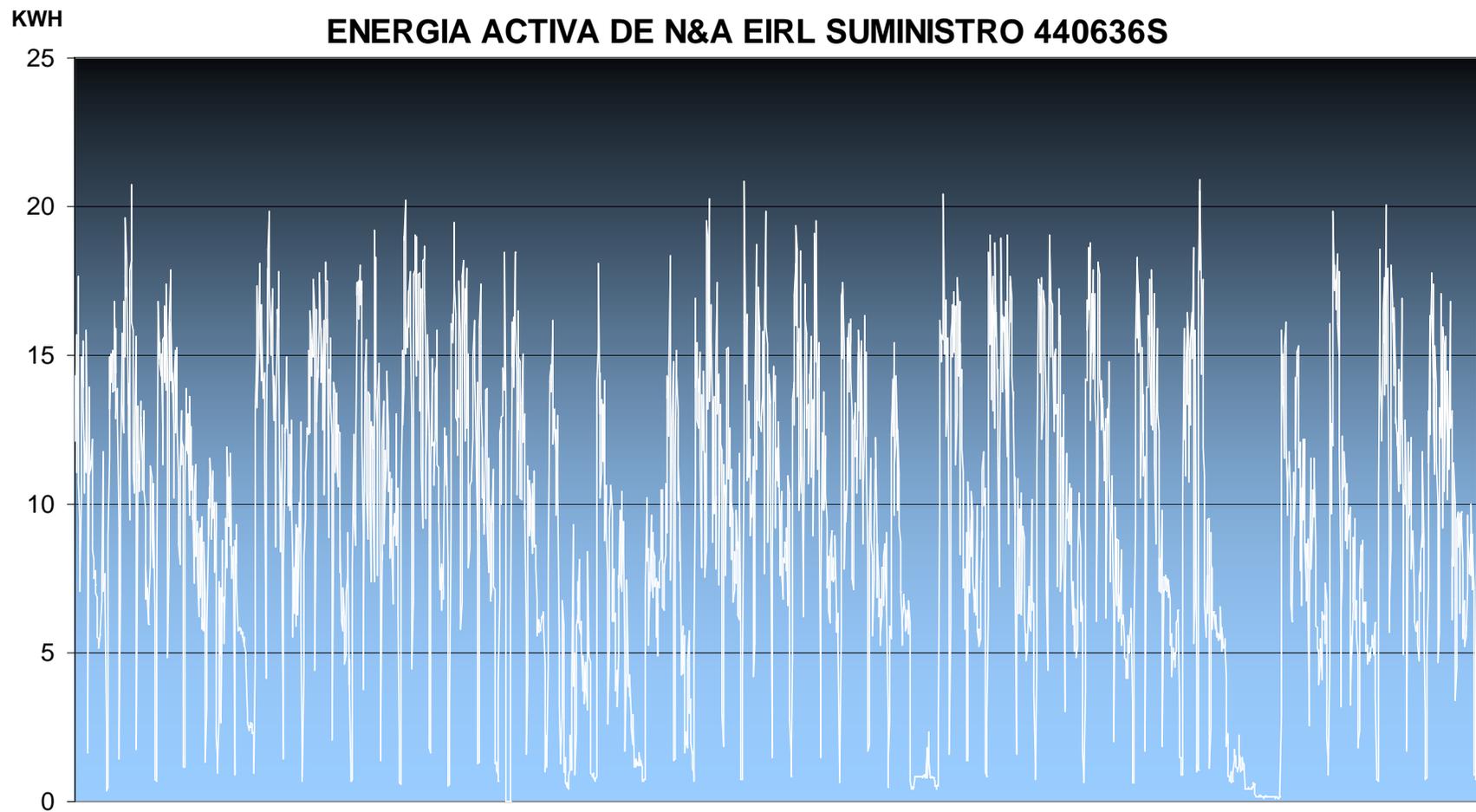
Cuadro N° 9.- Potencias Activas Registradas Mes Agosto-Septiembre 2004 (fuente Edelnor S.A.A. suministro 440636)



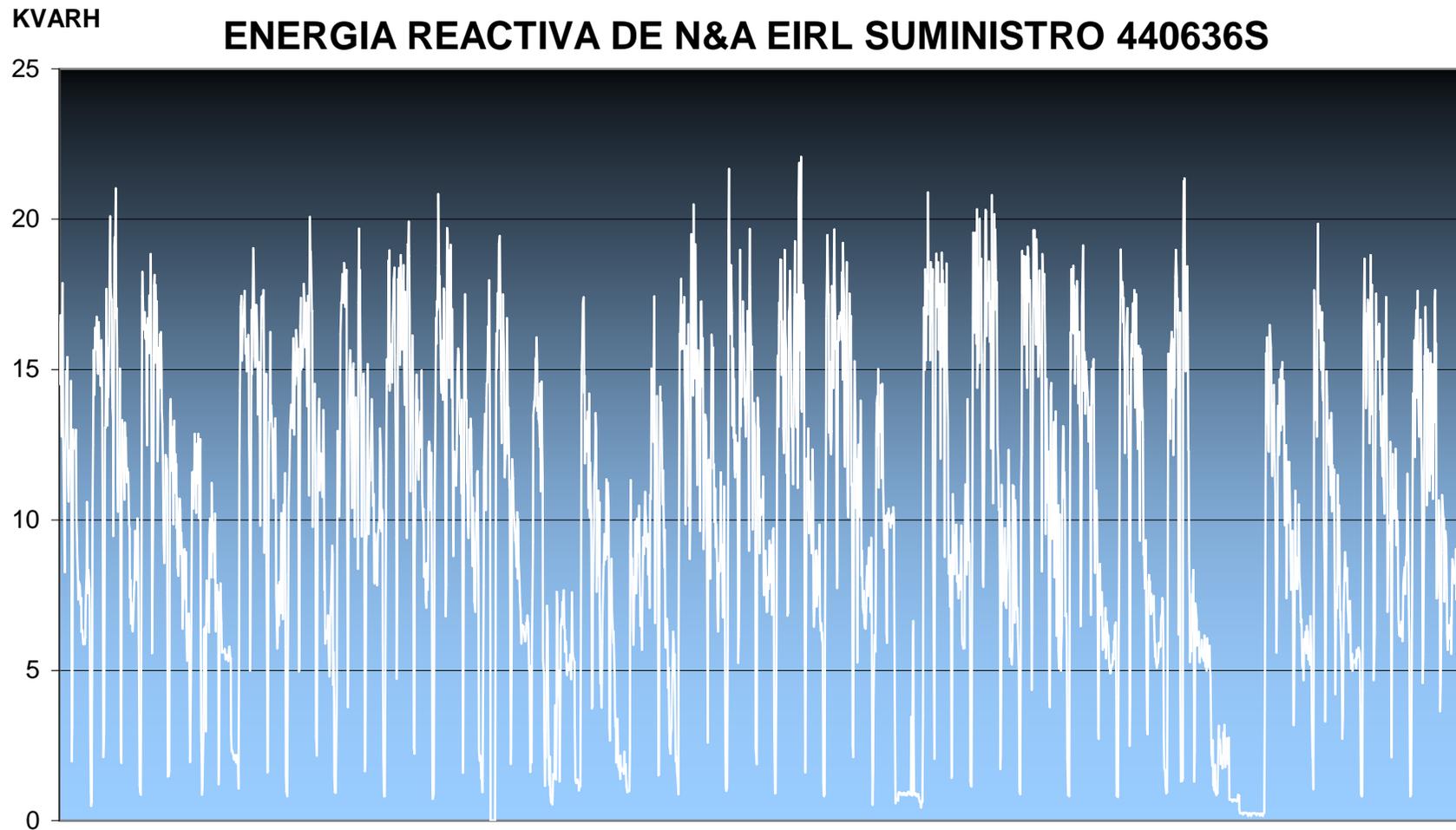
Cuadro N° 10.- Potencias reactivas registradas mes agosto-septiembre 2004 (fuente Edelnor S.A.A. suministro 440636)



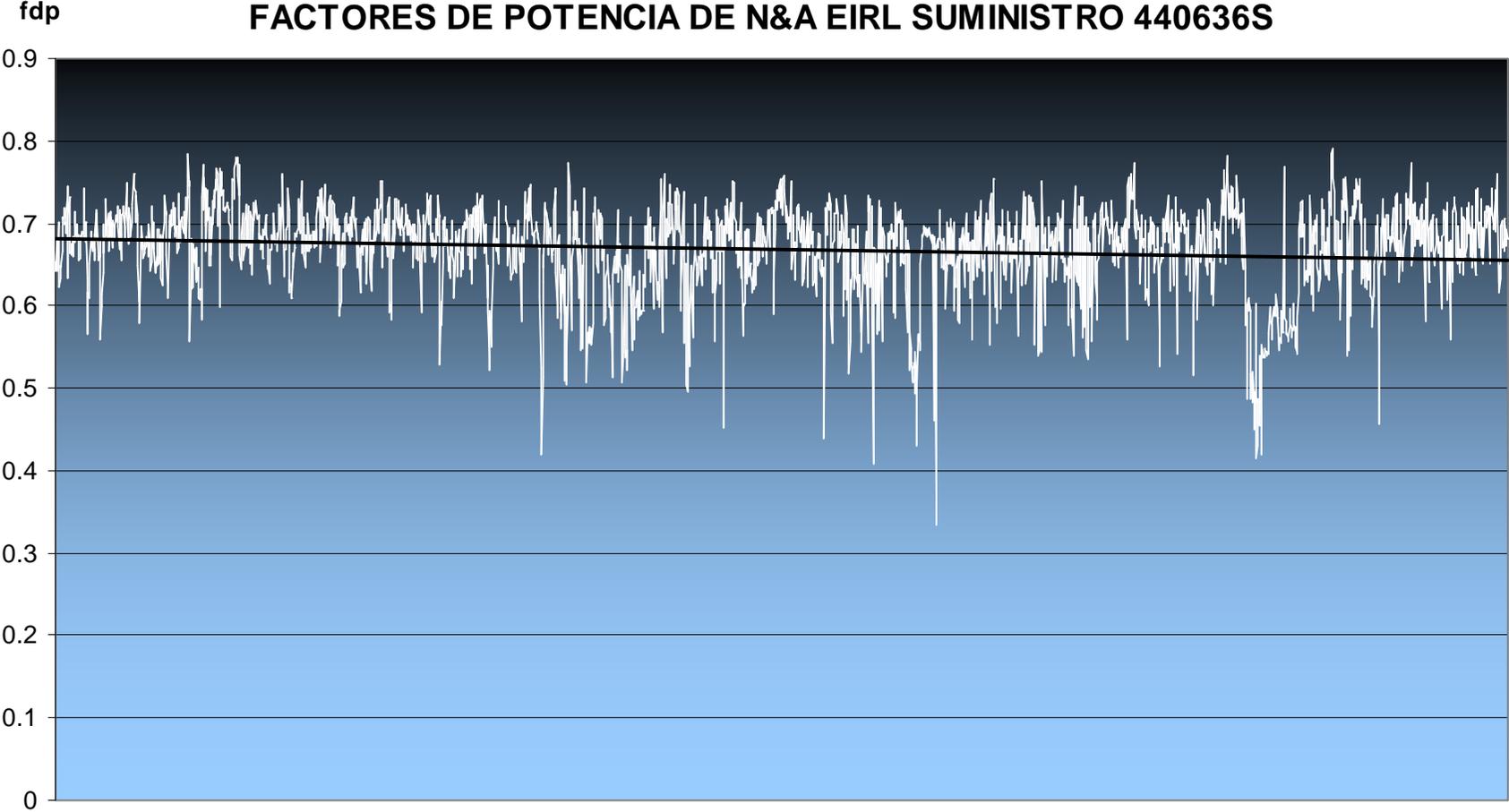
Cuadro N° 11.- Energía activa registrada mes agosto-septiembre 2004 (fuente Edelnor S.A.A. suministro 440636)



Cuadro N° 12.- Energía reactiva registrada mes agosto septiembre 2004 (fuente Edelnor S.A.A. suministro 440636)



Cuadro N° 13.- Factores de potencia registrados mes agosto-septiembre 2004 (fuente Edelnor S.A.A. suministro 440636)



*Tabla N° 13.- Resumen de los principales indicadores de carga en un mes*

<i>Datos de cargas</i>	<i>Valores</i>
Potencia activa máxima (KW)	83,532
Potencia activa mínima (KW)	0,396
Potencia activa promedio (KW)	37,335
Energía activa máxima (KWH)	20,883
Energía activa mínima (KWH)	0,099
Energía activa promedio (KWH)	9,333
Potencia reactiva máxima (KVAR)	88,308
Potencia reactiva mínima (KVAR)	0,612
Potencia reactiva promedio (KVAR)	40,220
Energía reactiva máxima (KVARH)	22,077
Energía reactiva mínima (KVARH)	0,153
Energía reactiva promedio (KVARH)	10,055
Factor de potencia máximo	0,791
Factor de potencia mínimo	0,333
Factor de potencia promedio	0,666

De los datos de las Tablas Nos. 12 y 13 de datos de carga del la planta, procederemos a calcular la máxima corriente registrada o consumida.

Potencia máxima : 83,532 KW

Tensión entre líneas : 210 V

Factor de potencia : 0,700

$$I_{m\acute{a}x} = \frac{W_{m\acute{a}x.}}{\sqrt{3}VCos\phi} = \frac{83,532}{\sqrt{3} \cdot 0,210 \cdot 0,700} = 327,8050Amp.$$

Este valor es mayor al que puede soportar un conductor TW de 70 mm<sup>2</sup> que es de 230A. Por lo que este llega a presentar calentamiento y por consiguiente envejecimiento de su aislamiento termoplástico y pérdidas por efecto Joule.

### **2.2.3 Sistema de Iluminación**

La condición de la empresa N. & A. En la actualidad se encuentra con deficiencias en las instalaciones eléctricas en general y, el sistema de iluminación no es una excepción, pues se encuentran conexiones sin aislantes, llaves tipo cuchilla sin tapas, lo que haría un sin número de fugas a tierra aumentando, de esta manera, el consumo de energía eléctrica en la planta.

Las condiciones para el trabajo de los operarios en la actualidad se ven afectadas por la falta de iluminación sobre todo para el turno que realiza la producción de cilindros en el horario nocturno. Por consiguiente, la elaboración de un diseño apropiado para un sistema de iluminación para la planta de producción, el cual reemplace a las casi precarias luminarias que se encuentran en la planta tanto en las zonas de producción como en las áreas de mantenimiento y maestranza, es parte importante de cualquier proyecto eléctrico que se quiera plantear.

A continuación se muestran en la Tabla N° 14 los equipos de iluminación actuales por áreas de trabajo.

*Tabla N° 14.- Cuadro de luminarias con las que cuentan las áreas de trabajo de producción*

<i>Area</i>	<i>Fluorescentes (40w)</i>	<i>Focos incandescentes Halógenos(500w)</i>
<i>Habilitado</i>	8	2
<i>Soldadura</i>	3	1
<i>Control de calidad</i>	6	0
<i>Maestranza y Mantenimiento</i>	5	1

Por inspecciones realizadas durante la operación de este sistema de iluminación y por las constantes observaciones de los trabajadores respecto al cansancio visual en el horario nocturno es de notar que las luminarias en la planta son insuficientes para la extensión de terreno de trabajo que existe, la cual es aproximadamente de 700m<sup>2</sup>, además, cabe resaltar que muchas de las luminarias tienen su alimentación desde los mismos elementos de protección que protegen a los motores, lo cual es una falta de seguridad que podría llevar a un disparo de la llave termomagnética innecesario, en caso de ocurrir una falla en la luminaria.

#### **2.2.4 Sistema de protección de las cargas**

El sistema de protección de las cargas, al igual que los alimentadores y el sistema de iluminación, muestra serias deficiencias como por ejemplo, es de lo más común en la

planta que se encuentren dos y hasta tres máquinas eléctricas conectadas a un mismo elemento de protección ya sea este un llave tipo cuchilla o un interruptor termomagnético como se puede apreciar en el Plano N° 3 de distribución eléctrica actual.

A continuación se muestra la Tabla N° 15, donde se describen los elementos de protección asociados a su respectiva máquina o viceversa

Tabla N° 15.- Elementos de protección para las cargas de fuerza en la planta

Código N°	Máquina	In Leído (Amp.)	Volt.	Elemento Protección	
				Term. (A)	S. Cuchi. (A)
1	Compresora N.&A.	16,00	200	30	
2	Cizalla	26,00	201		60
3	Troquel de Aro	3,80	201		15
4	Cort. Pestañad de Aro	1,90	200		15
5	Troquel de Asas	4,00	198		20
6	Prensa de Estampado	54,00	196	60	
7	Cortadora Excéntrica	12,00	198	60	
8	Embutidora	95,00	196	100	
9	Estampadora de Golletes	13,00	197	20	
10	Dobladora Asas	18,00	196	40	
11	Emb. De Asa y Aro	19,00	193	40	
12	Troqueladora de asas	24,00	190	50	
13	Pestañado de fondos	8,00	197	15	
14	Rebordadora de Tapas	4,60	198	15	
15	Troquel de Tapas	5,00	192		20
16	Sold. De Golletes	32,00	192	60	
17	Sold. SAW LINCOLD	64,00	192	100	
18	Sold. SAW WESTING H.	55,00	190		100
19	Sold. AMIGO 400	32,00	197	50	
20	Sold. AMIGO 300	32,00	197	100	
21	Sold. NR-400	30,00	197		
22	Sold. SMAW	22,00	197		
23	Bomba de Caudal	4,50	197	15	
24	Bomba de Presión	3,00	197	15	
25	Envalvuladora	3,50	200	10	
26	Envalvuladora	2,00	200	10	
27	Esmeril de Banco	1,20	198	10	
28	Torno A.	54,00	204	60	
29	Torno B.	21,00	200	30	
30	Torno C	6,00	204		20
31	Torno D	6,00	204		20
32	Roscadora	15,00	198	30	
33	Avellanadota	5,50	203		15
34	Compresora PH	8,00	197	15	
35	Compresora Pintado	80,00	202	100	
36	Compresora para A.S.	14,00	192	30	
37	Cepillo	6,50	200		30
38	Rectificadora plana	7,30	200		
39	Taladro de Mesa A	2,00	202		30
40	Taladro de Mesa B	2,00	202		
41	Taladro de Columna	4,00	202		
42	Fresa N° 5	30,00	204	60	
43	Soldadora SMAW	23,00	202	60	
44	Compresora PN A	13,00	200	15	
45	Compresora PN B	26,00	200	30	
46	Esmeril de Banco	4,00	202	15	
47	Fresa Taladro	7,50	204		30
48	Bomba del Horno	8,00	203	30	
49	Quemadores	9,90	203	30	
50	Extractor	11,00	202	15	

## **CAPÍTULO 3**

### **PROPUESTA DE RENOVACIÓN TÉCNICA EN EL ÁREA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

#### **3.1 Reordenamiento de las Cargas Eléctricas**

Como se vera en el Lay Out, descrito en el Plano N° 1 de la planta, es urgente redistribuir el sistema o proceso productivo reubicando las máquinas. Esto conllevará a una disminución del tiempo horas hombre y por consiguiente en un incremento de la producción y disminución del costo del producto. Es por tal motivo que se plantea un nuevo Lay Out el cual se muestra en el Plano N° 2 manteniendo la secuencia de procesos pero cambiando el orden de las máquinas y por consiguiente de las cargas ya sean estos motores, máquinas de soldar, lámparas, etc.

Los cambios efectuados en el proceso productivo básicamente consistieron en reordenar las máquinas del área de habilitado y dos en el área de maestranza o la sala de tornos como son:

- Compresora N & A (Circuito N° 1)
- Cizalla (Circuito N° 2)
- Troqueladora de aros (Circuito N° 3)
- Cortadora de aros (Circuito N° 4)
- Troquel de Asas (Circuito N° 5)
- Cortadora excéntrica (Circuito N° 7)
- Estampado de Gollete (Circuito N° 9)
- Doblado de asas (Circuito N° 10)
- Embutido de asas y aro (Circuito N° 11)
- Troquel de asas (Circuito N° 12)
- Avellanadora (Circuito N° 33)
- Roscadora (Circuito N° 32)

Ahora con los cambios propuestos sobre la ubicación de las máquinas en el proceso productivo de la fabricación de los cilindros para GLP es que se reconsideran los Tableros de Fuerza (TF) y de distribución (TD) de la siguiente manera:

- TF- I : Área de Habilitado.
- TF- II : Área de Habilitado.
- TF - III : Área de Soldadura.
- TF - IV : Área de Maestranza.
- TF - V : Área de Maestranza.
- TF - VI : Área de Maestranza.

TF – VII : Área de Soldadura.

TD - I : Iluminación y Tomacorrientes.

TD - II : Iluminación y Tomacorrientes.

TD - III : Oficinas y Gerencia.

### **3.2 Cálculo del Sistema Eléctrico de Fuerza**

Antes de comenzar el cálculo y la justificación de las cargas y conductores asignados por cada uno de los circuitos distribuidos en la planta debemos de acotar las siguientes características de los circuitos y de las máquinas:

1. Las máquinas como son de una antigüedad promedio de 10 a 15 años con motores eléctricos con una antigüedad de entre 4 y 8 años, algunos de ellos con rebobinados, los que en conjunto muestran un factor de potencia de 0,66 en promedio como se puede apreciar en la Tabla N° 13 para la planta.
2. Con el replanteo en las acometidas a las cargas se espera que la caída de tensión se mantenga dentro de los márgenes; no sea mayor del 2,5%, para cargas de fuerza, calefacción y alumbrado, o combinación de tales cargas y donde la caída de tensión total máxima en alimentadores y circuitos derivados hasta el punto de utilización más alejado no exceda del 4%, como lo especifica el CNE.

3. La planta muestra una gran disposición para realizar las instalaciones enterradas ya que no existen gran cantidad de muros divisorios y si muestra un gran patio por donde podemos hacer los tendidos de los cables de distribución para las cargas.

### **3.2.1 Cálculo de las Acometidas de Fuerza**

Para calcular los conductores debemos de tener el valor de la corriente a plena carga que circulará por este conductor no siendo el mismo que el leído y mostrado en las Tabla N° 9 ya que estas lecturas no corresponden al nuevo nivel de tensión que se espera obtener luego de redimensionar los conductores y modificar la instalación existente

$$I_{pc} = \frac{P_{pc}}{\sqrt{3}V_n \cdot \text{Cos}\phi} \quad (1)$$

Donde:

$I_{pc}$  : Corriente a plena carga

$P_{pc}$  : Potencia activa a plena carga, que es la máxima leída para cada aparato

$V_n$  : Tensión Nominal

$\text{Cos } \phi$  : Factor de potencia

Y como:

$$P_{pc} = \sqrt{3}V_{leído} \cdot I_{leído} \cdot \text{Cos}\phi \quad (2)$$

$I_{leído}$  : Corriente leída o registrada del muestreo

$V_{\text{leído}}$  : Tensión leída o registrada del muestreo

$\cos \varnothing$  : Factor de potencia

Combinando (1) y (2) tenemos:

$$I_{pc} = \frac{V_{\text{leído}} \cdot I_{\text{leído}}}{V_n} \quad (3)$$

Reemplazando valores de  $I_{\text{leído}}$  y  $V_{\text{leído}}$  de la Tabla N° 4 y  $V_n = 220V$  tenemos los valores presentados en la Tabla N° 16 siguiente:

Tabla N° 16.- Valores de corriente a plena carga (I<sub>pc</sub>) a 220 V

N°	Máquina	I leído (A)	V leído (V)	I <sub>pc</sub> (A)
1	Compresora N.&A.	16,00	200	14,55
2	Cizalla	26,00	201	23,75
3	Agujereado de Aro	3,80	201	3,47
4	Cort. Pestañad de Aro	1,90	200	1,73
5	Pestañado de Asas	4,00	198	3,60
6	Estampadora de Asas	54,00	196	48,11
7	Cortadora Excéntrica	12,00	198	10,80
8	Embutidora	95,00	196	84,64
9	Doblado Asas	13,00	197	11,64
10	Emb. de Asa y Aro 2	18,00	196	16,04
11	Emb. de Asa y Aro 1	19,00	193	16,67
12	Troqueladora	24,00	190	20,73
13	Pestañad. de fondos	8,00	197	7,16
14	Rebordea. de Tapas	4,60	198	4,14
15	Troquel de Tapas	5,00	192	4,36
16	Sold. De Grolletes	29,00	192	25,31
17	Sold. AS Ramos	64,00	192	55,85
18	Sold. AS Chipana.	49,00	190	42,32
19	Soldadora Asa Balón	15,00	197	13,43
20	Soldadora Aro	28,00	197	25,07
21	Soldadora rectific 1	28,00	197	25,07
22	Soldadora rectific 2	18,00	197	16,12
23	Bomba de Caudal	4,50	197	4,03
24	Bomba de Presión	3,00	197	2,69
25	Envalvuladora	3,50	200	3,18
26	Envalvuladora	2,00	200	1,82
27	Esmeril de banco	1,20	198	1,08
28	Torno A.	5,80	204	5,38
29	Torno B.	6,00	200	5,45
30	Torno C	3,00	204	2,78
31	Torno D	6,00	204	5,56
32	Taladro A	3,50	198	3,15
33	Taladro B	5,50	203	5,08
34	Compresora PH	8,00	197	7,16
35	Compresora Pintado	80,00	202	73,45
36	Compresora L.L.	14,00	192	12,22
37	Rectificadora A	6,50	200	5,91
38	Rectificadora B	7,30	200	6,64
39	Taladro de Mesa A	2,00	202	1,84
40	Taladro de Mesa B	2,00	202	1,84
41	Taladro de Piso	4,00	202	3,67
42	Fresa	15,00	204	13,91
43	Soldadora AE	23,00	202	21,12
44	Compresora PN 1	13,00	200	11,82
45	Compresora PN 2	26,00	200	23,64
46	Esmeril de Banco	4,00	202	3,67
47	Fresa Chica	3,50	204	3,25
48	Bomba del Horno	8,00	203	7,38
49	Quemadores	9,90	203	9,14
50	Extractor	11,00	203	10,15

La elección o el cálculo del conductor deberán de cumplir con cuatro condiciones básicas establecidas por el CNE:

1. Los conductores de un circuito derivado que alimentan un sólo motor deberán tener una capacidad de corriente no menor que el 125% de la corriente nominal a plena carga del motor.
2. Cuando el número de conductores en una canalización excede de tres, la capacidad de corriente permisible de cada conductor deberá reducirse según se indica en la Tabla N° 17.
3. Si la temperatura ambiente es mayor de 30 °C, se deberá multiplicar las capacidades de corriente dadas en la Tabla N° 18 por los factores de corrección de la Tabla N° 19 a fin de determinar la máxima corriente de carga permisible para los diferentes tipos de conductores.
4. La caída de tensión se mantenga dentro de los márgenes; no sea mayor del 2,5%, para cargas de fuerza, calefacción y alumbrado, o combinación de tales cargas y donde la caída de tensión total máxima en alimentadores y circuitos derivados hasta el punto de utilización más alejado no exceda del 4%.

Tabla N° 17.- Factores de corrección más de 3 conductores en canalización

Número de conductores	Factores de corrección correspondiente a la Tabla 4 - V
4 a 6	0.80
7 a 24	0.70
25 a 42	0.60
43 ó más	0.50

Tabla N° 18.- Capacidades de corriente permisibles en amperes de los conductores de cobre aislados.

No más de tres conductores en cada tubo (basadas en una temperatura ambiente de 30° C, salvo nota ++)

Sección Nominal mm <sup>2</sup>	TEMPERATURA MÁXIMA DE OPERACIÓN DEL CONDUCTOR							
	60°C	75°C	90°C	90°C	105°C	125°C	200°C	250°C
	Tipos TW, MTW	Tipos RHW, THW, THWN, XHHW	Tipo MI	Tipos TA, TBS, SA, SIS, MTW, +FEB, +FEPB, +RHH, +THHN, +XHHW, THW	Tipo THHW+ +	Tipos Al, AIA	Tipos A, AA, FEP, FEPB	Tipo TFE Solamente Níquel y Níquel recubierto de cobre
0.75	6	-	-	-	6	-	-	-
1.00	8	-	-	-	8	-	-	-
1.50	10	-	22	22+	10	-	-	-
2.50	18	20	27	27+	17	34	35	45
4	25	27	34	34+	25	44	46	62
6	35	38	42	42	33	55	58	79
10	46	50	60	60	46	75	80	110
16	62	75	78	78	62	97	110	135
25	80	95	100	100	80	125	140	165
35	100	120	125	125	100	155	175	200
50	125	145	150	150	125	190	215	240
70	150	180	190	190	150	240	265	290
95	180	215	225	225	180	290	320	345
120	210	245	260	260	210	330	360	390
150	240	285	300	300	240	380	-	-
185	275	320	330	330	275	430	-	-
240	320	375	400	400	320	500	-	-
300	355	420	455	455	355	570	-	-
400	430	490	530	530	430	680	-	-
500	490	580	595	595	490	780	-	-



De las condiciones antes mencionadas podemos presentar a  $I_d$ : como la corriente de diseño para el conductor y la formula que involucra y considera la temperatura del ambiente, el apilamiento de los conductores y una sobrecapacidad del 25% del conductor.

$$I_{Diseño} = 1,25 \frac{I_{pc}}{F_t \cdot F_a} \quad (4)$$

Donde:

$I_{Diseño}$  : Corriente con la cual se seleccionara el conductor.

$I_{pc}$  : Corriente de plena carga de las maquinas o motores.

$F_t$  : Factor de corrección de temperatura ambiente.

$F_a$  : Factor de corrección de apilamiento.

Sobre la caída de tensión, la expresión que utilizaremos para el cálculo de la caída de tensión que se produce en una línea la obtendremos considerando el circuito equivalente de una línea corta (inferior a unos 50km.), mostrado en la Figura N° 1, junto con su diagrama vectorial de la Figura N° 2:

*Figura N° 1.- Circuito equivalente de una línea corta.*

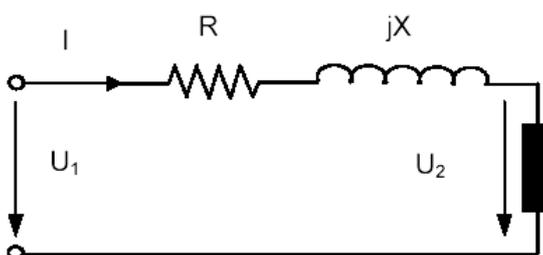
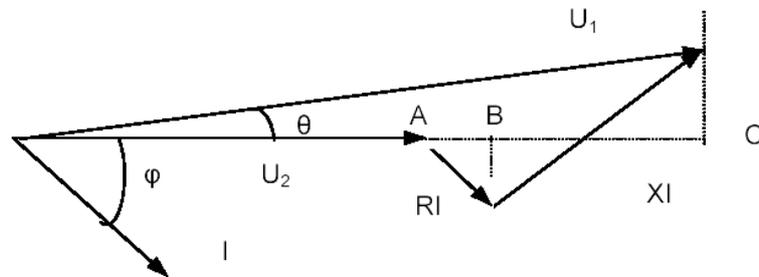


Figura N° 2.- Diagrama vectorial



Debido al pequeño valor del ángulo  $\theta$ , entre las tensiones en el origen y extremo de la línea, se puede asumir sin cometer prácticamente ningún error, que el valor de  $U_1$  es igual a su proyección horizontal, siendo por tanto el valor de la caída de tensión:

$$\Delta V = V_1 - V_2 \cong AB + BC = RI \cdot \cos\phi + XI \cdot \text{sen}\phi \quad (5)$$

Como la potencia transportada por la línea es:

$$P = \sqrt{3}V_1 I^* \cos\phi \quad (\text{En trifásico}) \quad (6)$$

$$P = V_1 I \cos\phi \quad (\text{En monofásico}) \quad (7)$$

Para simplificar la ecuación (5) basta con sustituir la intensidad de corriente a plena carga ( $I_{pc}$ ) y tener en cuenta que en trifásico la caída de tensión de línea será raíz de tres veces la caída de tensión de fase calculada según (5), y que en monofásico habrá que multiplicarla por un factor de dos para tener en cuenta tanto el conductor de ida como el de retorno.

Caída de tensión en trifásico:

$$\Delta V_{III} = (R + X \tan \varphi) \cdot \left(\frac{P}{V_1}\right) \quad (8)$$

Caída de tensión en monofásico:

$$\Delta V_I = 2(R + X \tan \varphi) \cdot \left(\frac{P}{V_1}\right) \quad (9)$$

Donde:

$\Delta V_{III}$  : Caída de tensión de línea en trifásico en voltios.

$\Delta V_I$  : Caída de tensión en monofásico en voltios.

R : Resistencia de la línea en  $\Omega$ .

X : Reactancia de la línea en  $\Omega$ .

P : Potencia en vatios transportada por la línea.

$V_1$  : Tensión de la línea según sea trifásica o monofásica.

Tan  $\varphi$  : Tangente del ángulo correspondiente al factor de potencia de la carga.

La reactancia X, de los conductores varía con el diámetro y la separación entre conductores. En el caso de redes de distribución aéreas trenzadas es sensiblemente constante al estar los conductores reunidos en haz, siendo del orden de  $X=0.1\Omega/\text{Km}$ , el valor que se puede utilizar para los cálculos sin error apreciable. En el caso de redes de distribución subterráneas, aunque se suelen obtener valores del mismo orden, es posible su cálculo de la separación entre conductores, determinando lo que se conoce como separación media geométrica entre ellos.

En ausencia de datos se puede estimar el valor de la reactancia inductiva como  $0.1\Omega/\text{Km}$ , o bien como un incremento adicional a la resistencia. Así podemos que para un conductor cuya sección sea como se muestra en la Tabla N° 20 recogida de la Guía Técnica de Aplicación de España, Anexo 2.

*Tabla N° 20.- Valores aproximados de la reactancia inductiva*

<i>Sección (mm<sup>2</sup>)</i>	<i>Reactancia Inductiva (X)</i>
120	0
150	0,15R
185	0,20R
240	0,25R

Para secciones menores o iguales a  $120\text{mm}^2$ , como es lo habitual en instalaciones de enlace como en instalaciones interiores, la contribución a la caída de tensión por la inductancia es despreciable frente al efecto de la resistencia, y por lo tanto las formulas (8) y (9) anteriores se pueden simplificar de la forma:

Caída de tensión en trifásico:

$$\Delta V_{III} = R \cdot \frac{P}{V_1} \quad (10)$$

Caída de tensión en monofásico:

$$\Delta V_I = 2R \cdot \frac{P_1}{V_1} \quad (11)$$

Si tenemos en cuenta que la resistencia de un cable se calcula como:

$$R = R_{tca} = R_{tcc} (1 + Y_s + Y_p) = c \cdot R_{tcc} \quad (12)$$

$$R_{tcc} = R_{20cc} [1 + \alpha(\theta - 20)] = \rho_{\theta} \cdot \frac{L}{S} \quad (13)$$

$$R_{20cc} = \rho_{20} \cdot \frac{L}{S} \quad (14)$$

$$\rho_{\theta} = \rho_{20} [1 + \alpha(\theta - 20)] \quad (15)$$

Donde:

$R_{tcc}$  : Resistencia del conductor en corriente alterna a la temperatura  $\theta$ .

$R_{tcc}$  : Resistencia del conductor en corriente continua a la temperatura  $\theta$ .

$R_{20cc}$  : Resistencia del conductor en corriente continua a la temperatura de 20° C.

$Y_S$  : Incremento de la resistencia debido al efecto piel (o efecto skin).

$Y_P$  : Incremento de la resistencia debido al efecto proximidad.

$\rho_{\theta}$  : Resistividad del conductor a la temperatura  $\theta$ .

$\rho_{20}$  : Resistividad del conductor a temperatura 20° C.

$S$  : Sección del conductor en  $\text{mm}^2$

$L$  : Longitud de la línea en m

$\alpha$  : Coeficiente de variación de resistencia específica por temperatura del conductor en  $^{\circ}\text{C}^{-1}$ .

*Tabla N° 21.- Valores de resistividad y del coeficiente de temperatura de los conductores mas utilizados.*

Material	$\rho_{20} (\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m})$	$\rho_{70} (\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m})$	$\rho_{90} (\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m})$	$\alpha (^{\circ}\text{C}^{-1})$
Cobre	0,018	0,021	0,023	0,00392
Aluminio	0,029	0,033	0,036	0,00403
Almelec (Al-Mg-Si)	0,032	0,038	0,041	0,00360

El efecto piel y el efecto de proximidad son mucho mas pronunciados en los conductores de gran sección. Su cálculo riguroso se detalla en la norma UNE 21144. No obstante y de forma aproximada para instalaciones de enlace e interiores en baja tensión es factible suponer un incremento de resistencia menor al 2% en alterna respecto del valor en continua.

$$c = (1 + Y_s + Y_p) = 1,02$$

Combinando las ecuaciones (12) y (13) anteriores se tiene:

$$R = c \cdot \rho_\theta \frac{L}{S} \quad (16)$$

Sustituyendo la ecuación (16) en (10) y (11) se puede despejar el valor de la sección mínima que garantiza una caída de tensión límite previamente establecida.

Cálculo de la sección en trifásico:

$$S = \frac{c \cdot \rho_\theta \cdot P \cdot L}{\Delta V_{III} \cdot V_I} \quad (17)$$

Cálculo de la sección en trifásico:

$$S = \frac{2c\rho_{\theta}PL}{\Delta V_I V_I} \quad (18)$$

Donde:

$S$  : Sección calculada según criterio de la máxima caída de tensión admisible.(mm<sup>2</sup>)

$c$  : Incremento de la resistencia alterna. (Se puede tomar  $c=1.02$ )

$\rho_{\theta}$  : Resistividad del conductor a la temperatura a de servicio prevista para el conductor.

$P$  : Potencia activa prevista en la línea. (W)

$\Delta V_{III}$  : Caída de tensión máxima admisible en voltios en las líneas trifásicas.

$\Delta V_I$  : Caída de tensión máxima admisible en voltios en las líneas trifásicas.

$V_I$  : Tensión nominal de la línea.(V)

En la práctica, para instalaciones de baja tensión tanto en interiores como de enlace o distribución es admisible despreciar el efecto piel y el efecto de proximidad, así como trabajar con el inverso de la resistividad que se denomina conductividad (“ $\gamma$ ”, en unidades  $m/\Omega mm^2$ ); Además, se suele utilizar la letra “e” para designar a la caída de tensión en voltios, tanto para el monofásico como en trifásico, y la letra V para designar tensión de línea. Con estas simplificaciones se obtiene las expresiones siguientes para determinar la sección mínima del conductor.

Para trifásicos:

$$S = \frac{P \cdot L}{\gamma \cdot e \cdot V} \quad (19)$$

Para monofásicos:

$$S = \frac{2P \cdot L}{\gamma \cdot e \cdot V} \quad (20)$$

Donde la conductividad se puede tomar de la siguiente tabla:

*Tabla N° 22.- Conductividades,  $\gamma$ , (en  $m/\Omega mm^2$ ) para el cobre y el aluminio. A distintas temperaturas.*

<b>Material</b>	$\gamma_{20}$	$\gamma_{70}$	$\gamma_{90}$
Cobre	56	48	44
Aluminio	35	30	28
Temperatura	20°C	70°C	90°C

Para calcular la temperatura máxima prevista en servicio de un cable se puede utilizar el siguiente razonamiento: su incremento de temperatura respecto de la temperatura ambiente  $T_0$  (25°C para cables enterrados y 40°C para cables al aire), es proporcional al cuadrado del valor eficaz de la intensidad, por tanto:

$$\Delta T = T - T_0 = C \cdot I^2$$

$$\Delta T_{m\acute{a}x} = C \cdot I_{m\acute{a}x}^2$$

Por tanto:

$$\frac{\Delta T}{I^2} = \frac{\Delta T_{m\acute{a}x}}{I_{m\acute{a}x}^2}$$

$$T = T_0 + (T_{m\acute{a}x} - T_0) \cdot \left(\frac{I}{I_{m\acute{a}x}}\right)^2 \quad (21)$$

Donde  $T_1$  temperatura real estimada en el conductor  
 $T_{m\acute{a}x}$ , temperatura máxima admisible para el conductor según su tipo de aislamiento.  
 $T_0$ , temperatura ambiente del conductor.  
 $I$ , intensidad prevista para el conductor.  
 $I_{m\acute{a}x}$ , intensidad máxima admisible para el conductor según el tipo de instalación.

Son estas formulas las que nos permitirán analizar y calcular las secciones adecuadas de los cables para portar las corrientes que accionen a las 50 máquinas de la planta; sin embargo, como es un cálculo iterativo netamente con muchas operaciones aritméticas existen programas de cálculo de conductores que nos evalúan a condiciones dadas de temperatura, apilamiento y modo de instalación además de encontrar la caída de tensión deseada. Uno de estos programas de cálculo es el de la firma CEPER el cual se utilizo como herramienta de cálculo el programa CEPERMATIC en el cálculo de conductores cuyos resultados se muestran en la Tabla N 23 siguiente.

Tabla N° 23: Secciones y caídas de tensión en los conductores de fuerza THW.

N°	Área	Máquina	I <sub>pc</sub> (A)	longitud (m)	Sección (mm <sup>2</sup> )	Caída de Tensión (%)	Caída de Tensión (V)
1	Habilitado	Compresora N.&A.	14,55	6	2,50	0,39%	0,86
2	Habilitado	Cizalla	23,75	8	4,00	0,56%	1,22
3	Habilitado	Agujereado de Aro	3,47	11	1,50	0,26%	0,57
4	Habilitado	Cort. Pestañad de Aro	1,73	13	1,50	0,15%	0,33
12	Habilitado	Troqueladora de asas	20,73	15	4,00	0,88%	1,94
5	Habilitado	Pestañado de Asas	3,60	18	1,50	0,44%	0,97
7	Habilitado	Cortadora Excéntrica	10,80	20	1,50	1,64%	3,62
6	Habilitado	Estampadora de Asas	48,11	24	10,00	1,42%	3,12
11	Habilitado	Emb. De Asa y Aro 1	16,67	27	2,50	2,07%	4,56
10	Habilitado	Doblado Asas	16,04	6	2,50	0,44%	0,97
8	Habilitado	Embutidora	84,64	8	25,00	0,35%	0,76
13	Habilitado	Pestañad. de fondos	7,16	7	1,50	0,36%	0,78
14	Habilitado	Rebordea. de Tapas	4,14	9	1,50	0,26%	0,56
15	Habilitado	Troquel de Tapas	4,36	12	1,50	0,36%	0,79
36	soldadura	Compresora Para A.S.	12,22	13	2,50	0,70%	1,57
16	soldadura	Sold. De Golletes	27,93	4	6,00	0,21%	0,47
17	soldadura	Sold. SAW LINCOLD	55,85	11	16,00	0,55%	1,21
18	soldadura	Sold. SAW WESTING H.	47,50	6	10,00	0,36%	0,77
19	soldadura	Sold. AMIGO 400	28,65	8	6,00	0,44%	0,96
20	soldadura	Sold. AMIGO 300	28,65	10	6,00	0,55%	1,20
21	soldadura	Sold. NR-400	26,86	13	4,00	1,06%	2,33
22	soldadura	Sold. SMAW	19,70	8	2,50	0,76%	1,67
27	Maestranza	Esmeril de banco	1,08	9	1,50	0,70%	0,14
28	Maestranza	Torno A.	50,07	9,5	16,00	0,35%	0,77
29	Maestranza	Torno B.	19,09	11	2,50	1,00%	2,20
30	Maestranza	Torno C	5,56	9	1,50	0,35%	0,76
31	Maestranza	Torno D	5,56	11	1,50	0,42%	0,93
9	Maestranza	Marcadora de Golletes	11,64	6	1,50	0,54%	1,20
32	Maestranza	Roscadora	13,50	5	2,50	0,30%	0,66
33	Maestranza	Avellanadota	5,08	9	1,50	0,32%	0,69
23	Ctrol de Calid.	Bomba de Caudal	4,03	14	1,50	0,39%	0,85
24	Ctrol de Calid.	Bomba de Presión	2,69	13	1,50	0,24%	0,52
25	Ctrol de Calid.	Envalvuladora	3,18	9	1,50	0,19%	0,43
26	Ctrol de Calid.	Envalvuladora	1,82	9	1,50	0,11%	0,24
34	Ctrol de Calid.	Compresora PH	7,16	12	1,50	0,61%	1,34
44	Ctrol de Calid.	Compresora PN A	11,82	7	1,50	0,65%	1,42
45	Ctrol de Calid.	Compresora PN B	23,64	9	4,00	0,62%	1,37
48	Ctrol de Calid.	Bomba del Horno	7,38	11	1,50	0,58%	1,27
49	Ctrol de Calid.	Quemadores	9,14	15	1,50	1,01%	2,21
50	Ctrol de Calid.	Extractor	10,10	8	1,50	0,61%	1,63
35	Maestranza	Compresora Pintado	73,45	5	16,00	0,29%	0,64
37	Maestranza	Cepillo	5,91	10	1,50	0,41%	0,91
38	Maestranza	Rectificadora Plano	6,64	14	1,50	0,65%	1,44
39	Maestranza	Taladro de Mesa A	1,84	12	1,50	0,15%	0,33
40	Maestranza	Taladro de Mesa B	1,84	11	1,50	0,14%	0,00
41	Maestranza	Taladro de Columna	3,67	8	1,50	0,20%	0,44
42	Maestranza	Fresa N° 5	27,82	6	6,00	0,32%	0,70
43	Maestranza	Soldadora SMAW	21,12	12	4,00	0,72%	1,59
46	Maestranza	Esmeril de Banco	3,67	12	1,50	0,30%	0,66
47	Maestranza	Fresa Taladro	6,95	15	1,50	0,74%	1,62

Sin embargo estos conductores si bien son suficientes para transportar la corriente de plena carga además el CNE también exige que para toda instalación que no sea de uso domiciliario, el calibre del conductor no sea menor a  $4\text{mm}^2$ , por lo tanto los conductores quedarán definidos como se indica en la Tabla N° 24.

### **3.2.2 Cálculo de los Elementos de Protección en las Acometidas de Fuerza**

Para proteger las acometidas de fuerza se utilizarán elementos de protección rápidos y efectivos como lo son los interruptores termomagnéticos que nos proporcionaran un resguardo contra sobre corriente tanto en caso de corto circuito como en sobre carga del conductor de cada circuito, y cuyo valor de ajuste es equivalente al valor de la corriente que es capaz de transportar el cable o su inmediato inferior.

Para este efecto y como consecuencia de lo dispuesto por el CNE Tomo V Utilización sección 3.5.1.5 de los valores nominales para estos elementos de protección se muestra en la Tabla N° 24 los valores nominales escogidos como elementos de protección para las acometidas de fuerza.

Tabla N° 24.- Valores nominales de elementos de protección para las acometidas de fuerza.

Circuito N°	Área	Máquina	I <sub>pc</sub> (A)	Sección (mm <sup>2</sup> )	Interruptor termomagnético
1	Habilitado	Compresora N.&A.	14,55	4	25
2	Habilitado	Cizalla	23,75	4	25
3	Habilitado	Agujereado de Aro	3,47	4	25
4	Habilitado	Cort. Pestañad de Aro	1,73	4	25
12	Habilitado	Troqueladora de asas	20,73	4	25
5	Habilitado	Pestañado de Asas	3,60	4	25
7	Habilitado	Cortadora Excéntrica	10,80	4	25
6	Habilitado	Estampadora de Asas	48,11	10	50
11	Habilitado	Emb. De Asa y Aro 1	16,67	4	25
10	Habilitado	Doblado Asas	16,04	4	25
8	Habilitado	Embutidora	84,64	25	90
13	Habilitado	Pestañad. de fondos	7,16	4	25
14	Habilitado	Rebordea. de Tapas	4,14	4	25
15	Habilitado	Troquel de Tapas	4,36	4	25
36	Soldadura	Compresora Para A.S.	12,22	4	25
16	Soldadura	Sold. De Golletes	27,93	6	35
17	Soldadura	Sold. SAW LINCOLD	55,85	16	75
18	Soldadura	Sold. SAW WESTING H.	47,50	10	50
19	Soldadura	Sold. AMIGO 400	28,65	6	35
20	Soldadura	Sold. AMIGO 300	28,65	6	35
21	Soldadura	Sold. NR-400	26,86	6	35
22	Soldadura	Sold. SMAW	19,70	4	25
27	Maestranza	Esmeril de banco	1,08	4	25
28	Maestranza	Torno A.	50,07	10	50
29	Maestranza	Torno B.	19,09	4	25
30	Maestranza	Torno C	5,56	4	25
31	Maestranza	Torno D	5,56	4	25
9	Maestranza	Marcadora de Golletes	11,64	4	25
32	Maestranza	Roscadora	13,50	4	25
33	Maestranza	Avellanadota	5,08	4	25
23	Ctrol de Calid.	Bomba de Caudal	4,03	4	25
24	Ctrol de Calid.	Bomba de Presión	2,69	4	25
25	Ctrol de Calid.	Envalvuladora	3,18	4	25
26	Ctrol de Calid.	Envalvuladora	1,82	4	25
34	Ctrol de Calid.	Compresora PH	7,16	4	25
44	Ctrol de Calid.	Compresora PN A	11,82	4	25
45	Ctrol de Calid.	Compresora PN B	23,64	4	25
48	Ctrol de Calid.	Bomba del Horno	7,38	4	25
49	Ctrol de Calid.	Quemadores	9,14	4	25
50	Ctrol de Calid.	Extractor	10,10	4	25
35	Maestranza	Compresora Pintado	73,45	16	75
37	Maestranza	Cepillo	5,91	4	25
38	Maestranza	Rectificadora Plano	6,64	4	25
39	Maestranza	Taladro de Mesa A	1,84	4	25
40	Maestranza	Taladro de Mesa B	1,84	4	25
41	Maestranza	Taladro de Columna	3,67	4	25
42	Maestranza	Fresa N° 5	27,82	6	35
43	Maestranza	Soldadora SMAW	21,12	4	25
46	Maestranza	Esmeril de Banco	3,67	4	25
47	Maestranza	Fresa Taladro	6,95	4	25

### **3.2.3 Determinación de los Alimentadores y Elementos de Protección de los Tableros de Fuerza**

Determinados los conductores para cada carga, procederemos a calcular los conductores alimentadores de los tableros de fuerza de donde se alimentan estas cargas que de acuerdo a la sección 3.1, del presente trabajo de tesis, son en total 7 y agrupan a las cargas de la manera como se muestra en la Tabla N° 25.

Tabla N° 25.- Agrupación de cargas según tableros de fuerza.

<i>Circuito N°</i>	<i>Área</i>	<i>Máquina</i>	<i>I pc (A)</i>	<i>Tablero de Fuerza</i>
1	Habilitado	Compresora N.&A.	14,55	TF-I
2	Habilitado	Cizalla	23,75	
3	Habilitado	Agujereado de Aro	3,47	
4	Habilitado	Cort. Pestañad de Aro	1,73	
12	Habilitado	Troqueladora de asas	20,73	
5	Habilitado	Pestañado de Asas	3,60	
7	Habilitado	Cortadora Excéntrica	10,80	
6	Habilitado	Estampadora de Asas	48,11	
11	Habilitado	Emb. De Asa y Aro 1	16,67	
10	Habilitado	Doblado Asas	16,04	
8	Habilitado	Embutidora	84,64	TF-II
13	Habilitado	Pestañad. de fondos	7,16	
14	Habilitado	Rebordea. de Tapas	4,14	
15	Habilitado	Troquel de Tapas	4,36	
36	soldadura	Compresora Para A.S.	12,22	
16	soldadura	Sold. De Golletes	27,93	TF-VII
17	soldadura	Sold. SAW LINCOLD	55,85	
18	soldadura	Sold. SAW WESTING H.	47,50	
19	soldadura	Sold. AMIGO 400	28,65	TF-III
20	soldadura	Sold. AMIGO 300	28,65	
21	soldadura	Sold. NR-400	26,86	
22	soldadura	Sold. SMAW	19,70	
27	Maestranza	Esmeril de banco	1,08	TF-VI
28	Maestranza	Torno A.	50,07	
29	Maestranza	Torno B.	19,09	
30	Maestranza	Torno C	5,56	
31	Maestranza	Torno D	5,56	
9	Maestranza	Marcadora de Golletes	11,64	
32	Maestranza	Roscadora	13,50	
33	Maestranza	Avellanadota	5,08	
23	Ctrol de Calid.	Bomba de Caudal	4,03	TF-V
24	Ctrol de Calid.	Bomba de Presión	2,69	
25	Ctrol de Calid.	Envalvuladora	3,18	
26	Ctrol de Calid.	Envalvuladora	1,82	
34	Ctrol de Calid.	Compresora PH	7,16	
44	Ctrol de Calid.	Compresora PN A	11,82	
45	Ctrol de Calid.	Compresora PN B	23,64	
48	Ctrol de Calid.	Bomba del Horno	7,38	
49	Ctrol de Calid.	Quemadores	9,14	
50	Ctrol de Calid.	Extractor	10,10	
35	Maestranza	Compresora Pintado	73,45	TF-IV
37	Maestranza	Cepillo	5,91	
38	Maestranza	Rectificadora Plano	6,64	
39	Maestranza	Taladro de Mesa A	1,84	
40	Maestranza	Taladro de Mesa B	1,84	
41	Maestranza	Taladro de Columna	3,67	
42	Maestranza	Fresa N° 5	27,82	
43	Maestranza	Soldadora SMAW	21,12	
46	Maestranza	Esmeril de Banco	3,67	
47	Maestranza	Fresa Taladro	6,95	

Ahora bien, de acuerdo con el CNE Tomo V de Utilización Los conductores que alimentan dos o más motores deberán tener una capacidad igual a la suma del valor nominal de la corriente a plena carga de todos los motores, más el 25% del valor de la corriente del motor de mayor potencia del grupo. Por lo que, se resumen los cálculos efectuados en la siguiente Tabla N° 26 cuyos valores de los calibres de los cables esta de acuerdo con la norma DGE 013-CS-1 “Cables de Energía En redes de distribución Subterránea” cuyos valores se muestran en la Tabla N° 63 del Apéndice.

*Tabla N° 26.- Circuitos Alimentadores de los tableros de fuerza*

<i>Tablero de Fuerza</i>	<i>Corriente de Alimentador (A)</i>	<i>longitud (m)</i>	<i>Cable NYY Sección (mm2)</i>	<i>Caída de Tensión (%)</i>	<i>Caída de Tensión (V)</i>	<i>Interruptor Termomagnético (A)</i>
TF-I	155,43	26,00	35	1,58	3,48	150
TF-II	137,50	49,00	50	1,93	4,26	175
TF-VII	157,46	54,00	50	2,47	5,43	175
TF-III	111,04	52,00	35	1,62	3,57	125
TF-VI	124,11	41,00	35	1,88	4,13	150
TF-V	86,86	38,00	25	1,69	3,73	125
TF-IV	153,16	15,00	35	1,97	0,90	150

### **3.3 Cálculo del Sistema de Iluminación y Tomacorrientes Para la Planta**

Vista la deficiencia del sistema de iluminación actual, el que no cumple con las normas de iluminación, ni con las respectivas secciones del CNE, se propone un cambio del sistema por uno eficiente y que brinde, de acuerdo al tipo de trabajo que el área requiere, una cantidad de luxes adecuado para tener un mejor

desenvolvimiento del trabajador y de esta manera mejorar los tiempos de producción así como evitar el daño a las maquinarias a causa de mala operación por una visibilidad reducida y en el caso de entrar en operaciones de mantenimiento esta se puedan realizar sin mayores inconvenientes.

### **3.3.1 Descripción de las áreas de trabajo y los luxes requeridos**

Para un mejor y detallado estudio de las zonas de trabajo es que se decide hacer una descripción de cada una de las zonas requeridas de iluminación artificial con cada característica relevante que influya en el momento de tomar los valores de los parámetros involucrados con la iluminación con los son los índices de refracción, factores de mantenimiento, etc.

Área 1 Habilitado 1.- Es una zona en la que se realiza el corte de las planchas tanto para las tapas y bases como para las asas y los anillos, también se realiza el embutido de las tapas y bases. Con las mismas características ambientales y techo estructural metálico se encuentran la zona donde se realiza produce a toda permanentemente. Cuenta con un techo de calaminas y solo una pared donde reflejaría la luz la cual se encuentra sin acabado exterior y pintura blanca, lo que disminuye la reflexión de la luz en el ambiente. Esta área cuenta con una extensión de 130,2 m<sup>2</sup> y con una altura de 5m.

Área 2 Habilitado 2.- Esta área tiene iguales características que la anterior, respecto a los trabajos que se realizan en ella pero posee un área de  $82,17\text{m}^2$  con una altura de 3,5 m y otra área de  $38,37\text{ m}^2$  con una altura de 5m.

Área 3 Soldadura.- En esta área se realizan trabajos de unión de piezas por fundición de metal de aporte a través de arco eléctrico y los trabajos son de poca precisión y debe haber localización de iluminación en las cabinas de soldado. Una parte de esta área cuenta con una extensión de  $86,18\text{ m}^2$  y una altura de 3,5m y otra parte de  $40\text{ m}^2$  y 5 m de altura.

Área 4 Torneado y Elaboración de Golletes.- Es una zona en la que se realiza el torneado de algunos repuestos y se elaboran los golletes para su posterior unión a las tapas de los balones. Es una área en donde la iluminación juega un papel importante puesto que la precisión de los trabajos que se realizan ahí repercuten en el conformado de los balones así como en el de las maquinas a reparar con el uso de los tornos y taladros. Cuenta con una extensión de  $90,35\text{ m}^2$  y una altura de 2,5 m.

Área 5 Control de Calidad.- Es una zona donde la producción tiene su control y se ven defectos desde rajaduras y raspones de 5cm hasta diminutas fisuras o huecos en el material del orden de los centésimos de milímetro. El control se realiza en la prueba hidrostática y neumática así como en el momento del envalvulado y después

del pintado. Esta área tiene una extensión de  $123\text{m}^2$  y 5m de altura y otra parte de  $97\text{m}^2$  con 4m de altura.

Área 6 Maestranza y Mantenimiento.- Es una zona en la que se realiza todo tipo de trabajos la mayoría de ellos de precisión media, al igual que en el área de habilitado cuenta con techo de canalones de eternit y una pared a un solo lado, que tiene un bajo nivel de reflexión además es una de las zonas donde hay muchos espacios muertos o desperdiciados y las maquinas que operan se encuentran en desfase con los puntos de luz artificiales cuenta con un área de  $48\text{m}^2$  y una altura de 4m.

### **3.3.2 Categorización de las Áreas o Zonas de Trabajo**

Categoría de iluminación de las áreas 1 y 2.- De acuerdo con la norma *DGE 017-AL-1*, el Área se encuentra dentro de la categoría de *planta de producción metalmecánica* donde, de la *Tabla V*, Valores de iluminación nominal para interiores en general, se tienen las características detalladas en la *Tabla N° 27*.

Categoría de iluminación de las áreas 3,4,5 y 6.- De acuerdo con la *norma DGE 017-AL-1* el Área se encuentra dentro de *planta de trabajo y tratamiento de metales*, cuyos valores de iluminación nominal para interiores en general, se tienen detalladas en la *Tabla N° 27*.

Tabla N° 27.- Características de iluminación de las áreas de la planta

<i>Tipo de Recinto o Actividad</i>	<i>Categoría de Iluminación</i>	<i>Color de Luz</i>	<i>Grado de Reproducción del Color</i>	<i>Limitación del Deslumbramiento Directo</i>	<i>Observaciones</i>
Puestos de trabajo ocupados permanentemente	D	bc, bn	3	2	300 LUX >E <sub>N</sub> cuando las condiciones del trabajo lo requieran
Soldadura	D	bc, bn	3	2	Se permite el uso de lámparas de vapor de sodio de alta presión para E <sub>n</sub> = 200Lux
Labrado duro y medio. Fresado torneado, cepillado, desviación permisible ≥0.1mm	D	bc, bn	3	2	Labrado duro y medio. Fresado torneado, cepillado, desviación permisible ≥0.1mm
Puestos de marcación y control de calidad	E	bc, bn, bd	3	1	

Los trabajadores en las áreas de trabajo son de edades distintas y desempeñan labores rotativas, es decir que intercambian labores durante ciertos periodos de tiempo por lo que se tuvo en cuenta para el diseño del sistema de iluminación una edad promedio de 35 años.

De las consideraciones dadas anteriormente tenemos un resumen de descripción de las áreas de trabajo y los luxes requeridos presentadas en la Tabla N° 28.

Tabla N° 28.- Descripción de las áreas de trabajo y luxes requeridos

Área	Categoría de iluminación	Luxes requeridos	Área (m <sup>2</sup> )	Altura (m)	Área Total (m <sup>2</sup> )
Habilitado 1	D	200	130,20	5,00	130,20
Habilitado 2	D	200	82,17 38,37	3,50 5,00	120,54
Soldadura	D	200	86,18 40,00	3,50 5,00	126,18
Sala de tornos	D	300	90,35	2,50	90,35
Control de calidad y horno	E	500 300	123,00 97,00	5,00 4,00	220,00
Maestranza	D	300	48,00	4,00	48,00

### 3.3.3 Cálculo del Sistema de Iluminación Propuesto

#### a) Método para la Determinación de las Lámparas

El sistema mas usado para calcular el número de lámparas para una instalación de alumbrado interior es el conocido como *Método De Flujo* o del *coeficiente de utilización*. En este método se admite que cuando en plano de trabajo de S m<sup>2</sup> recibe un flujo de  $\Phi_0$  Lumens, queda iluminado con una intensidad de iluminación E (valor medio en lux) que vale:

$$E = \frac{\Phi_0}{S} \quad (22)$$

Ecuación de intensidad de iluminación (lux)

Ahora, si bien no todo el flujo emitido por las lámparas llega al plano de trabajo.

Siendo  $\Phi_t$  el flujo total emitido por las lámparas.

$$U = \frac{\Phi_o}{\Phi_t} \quad (23)$$

Esta relación recibe el nombre de coeficiente de utilización y depende de las características del local y aparatos empleados. Por tanto:

$$E = \frac{\Phi_t \cdot U}{S} \quad (24)$$

Siendo “n” el número de lámparas y  $\Phi$  el flujo por lámpara, se tiene:

$$\Phi_t = n \cdot \Phi \quad (25)$$

O sea que:

$$E = \frac{\Phi \cdot n \cdot U}{S} \quad (26)$$

El flujo emitido por un aparato disminuye con el tiempo, debido a la disminución del rendimiento de las lámparas, a la suciedad acumulada en las mismas o en las luminarias a la disminución del poder de reflexión de paredes y techo, etc.

Para tener en cuenta esta circunstancia, la formula anterior se multiplica por un factor “d” inferior a la unidad, llamado factor de depreciación, o sea que:

$$E = \frac{\Phi \cdot n \cdot U \cdot d}{S} \quad (27)$$

Luego:

$$n = \frac{E \cdot S}{\emptyset \cdot U \cdot d} \quad (28)$$

Ecuación del cálculo del número de lámparas

E (Lux): Intensidad de iluminación del plano de trabajo, que depende de la labor o clase de trabajo a efectuarse y, cuyos valores se encuentran en las Tabla N° 64 del apéndice.

S (m<sup>2</sup>) : La superficie del plano de trabajo, que se deduce de las dimensiones del local.

$\emptyset$  : El flujo luminoso de la lámpara elegida, todas ellas iguales.

d : Llamado factor de depreciación que depende de la clase de aparatos empleados y de las condiciones del local.

U : El coeficiente de Utilización.

### **b) Determinación de los Tipos de la Lámpara**

Existe una gran variedad de lámparas de alto rendimiento y fácil instalación, así es que para escogerlas tenemos que realizar una comparación tanto en lo eficiente como en lo económico por lo que tomamos para tal fin datos del Manual De Iluminación De Jofel (Lima 1994) y de la revista Costos (134-Mayo.-2005).

De entre los más eficientes tenemos:

- Las lámparas fluorescentes de 36w y 40w.- son muy conocidas en el mercado, tienen alta eficiencia a bajo costo son fáciles de instalar y poseen luz blanca y neutra es decir bn y bd. Sus características se muestran en la Tabla N° 29.

*Tabla N° 29.- Características de las lámparas fluorescentes*

<i>Potencia de la Lamp.(W)</i>	<i>Flujo (Lúmenes)</i>	<i>Depreciación Del flujo (%)</i>	<i>Vida nominal (horas)</i>	<i>Temp. de Color (°K)</i>	<i>IRC</i>	<i>Eficiencia (lm/W)</i>	<i>Perdidas en el Balastro (w)</i>
36 w (ww)	3 200	83	7 800	3 450	67	76,19	6
40w (w)	3 200	83	7 500	3 450	57	69,56	6
40w (ww)	3 200	83	7 500	3 020	52	69,56	6

- Las lámparas de vapor de sodio de alta presión.- De todas las fuentes de luz blanca conocidas por el hombre usadas en iluminación general las lámparas de vapor de sodio de alta presión son las más eficaces hasta ahora. Sus características se muestran en la Tabla N° 30.

*Tabla N° 30.- Características de las lámparas de vapor de sodio de alta presión*

<i>Potencia de La Lamp.(W)</i>	<i>Flujo (Lúmenes)</i>	<i>Depreciación Del flujo (%)</i>	<i>Vida nominal (horas)</i>	<i>Temp. de Color (°K)</i>	<i>IRC</i>	<i>Eficiencia (lm/W)</i>	<i>Perdidas en el Balastro (w)</i>
70w	5 800	70	24 000	2 100	21	75,32	7
150w	14 000	70	24 000	2 100	21	84,84	15
250w	27 000	75	24 000	2 100	21	98,18	25
400w	50 000	71	24 000	2 100	21	113,63	40

- Las lámparas de Halogenuro Metálico.- incorpora todas las características deseables de una fuente de luz blanca, esto es, alta eficacia, vida razonablemente económica, excepcional rendimiento en color y buen mantenimiento en lúmenes. Sus características se muestran en la Tabla N° 31.

*Tabla N° 31.- Características de las lámparas de halogenuro metálico*

<i>Potencia de La Lamp.(W)</i>	<i>Flujo (Lúmenes)</i>	<i>Depreciación Del flujo (%)</i>	<i>Vida nominal (horas)</i>	<i>Temp. de Color (°K)</i>	<i>IRC</i>	<i>Eficiencia (lm/W)</i>	<i>Perdidas en el Balastro (w)</i>
250w	19 000	85	15 000	6 000	93	69,09	25
400w	25 000	85	15 000	6 000	85	56,81	40

De acuerdo a las tablas anteriores podemos analizar lo más conveniente para las áreas a iluminar teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

1. Nivel de reproducción del color; elemental para un área donde se realizara mantenimiento y reparaciones de equipos.
2. Eficiencia; necesario para un correcto uso del recurso energético.
3. Costo; que sea lo más viable posible tanto para la adquisición como para su mantenimiento.

De lo anterior deducimos:

1. Que aunque en el DGE -017 tabla V recomienda usar para casi todas las áreas de la planta metalmeccánica luz calida o neutra, es preferible usar luz blanca o de día por condiciones de seguridad; por lo que las lámparas de vapor de sodio de alta presión quedarían descartadas por esta condición.
2. Que si bien es cierto las lámparas de halogenuro metálico muestran ventajas considerables desde el punto de vista técnico con respecto a las lámparas fluorescentes poseen un costo mas elevado por lo que su uso debe de ser restringido.
3. Que en consecuencia el sistema de iluminación de la planta deberá de gozar con lámparas de ambos tipos tanto de halogenuro metálico como lámparas fluorescentes.
4. Que como las lámparas de halogenuro metálico son de mayor potencia podemos usarlas para las áreas de mayor altura para que tenga mayor cobertura desde lo alto y el terreno restante seria iluminado por las lámparas fluorescentes.

A continuación se muestra en la Tabla N° 32 de cálculo de luminarias para las áreas de la planta basada en la ecuación (28)

*Tabla N° 32.- Cálculo de luminarias por cada área*

Área	Lámpara	Lúmenes (ϕ)	Lúmenes requeridos	Área Total (m <sup>2</sup> )	Coeffic. De utilización	Factor de Mant.	N° de lámparas.
Habilitado 1	Halogenuro Metálico	19 000	200	130,20	0,54	0,7	4
Habilitado 2	Fluorescentes	6 400	200	82,17	0,65	0,7	6
	Halogenuro Metálico	19 000	200	38,37	0,65	0,7	1
Soldadura	Fluorescentes	6 400	200	86,18	0,52	0,7	8
	Halogenuro Metálico	19 000	200	40,00	0,54	0,7	1
Sala de tornos	Fluorescentes	6 400	300	90,35	0,56	0,7	10
Control de calidad horno	Halogenuro Metálico	19 000	500	123,00	0,57	0,7	8
	Fluorescentes	6 400	300	97,00	0,64	0,7	10
Maestranza	Fluorescentes	6 400	300	48,00	0,56	0,7	6

Nota.- los valores del número de luminarias fueron redondeados.

### **c) Cálculo del Circuito Eléctrico de Iluminación**

De acuerdo a la tabla anterior del número de luminarias para cada área y a las tablas de las propiedades de los fluorescentes y lámparas halógenas de mercurio debemos de considerar la potencia de la pérdida en el balastro, para calcular la potencia consumida total, calibre del conductor así como el ajuste del elemento de protección para cada uno de los circuitos de iluminación, cuyos resultados hallados en base al programa de cálculo de conductores de CEPER (CEPERMATIC 2.9) y la fórmula 29 se muestra a continuación en la Tabla N° 33.

$$I_n = \frac{W}{V \times \cos \phi} \quad (29)$$

De donde:

$I_n$  : Corriente del circuito en amperes

$W$  : Potencia de los aparatos de alumbrado (incluyendo perdidas en el balastro)

$V$  : Tensión de servicio (220 Volt.)

$\cos \phi$  : Factor de potencia de las lámparas (0.8 recogido del manual de westing house)

Tabla N° 33.- Elementos de los circuitos de alumbrado

ÁREA	Numero de luminarias	Potencia Unitaria (w)	Potencia Total (w)	Potencia del Área (w)	Corriente Total (A)	Conductor (mm <sup>2</sup> )	Ajuste del Térmico (A)
Habilitado 1	4	275	1 100	1 100	6,66	2,5	15
Habilitado 2	6	84	504	779	4,42	2,5	15
	1	275	275				
Soldadura	8	84	672	947	5,38	2,5	15
	1	275	275				
Sala de tornos	11	84	924	924	5,25	2,5	15
Control de calidad	8	275	2 200	2 200	12,50	2,5	15
Maestranza y horno	10	84	840	1 344	7,60	2,5	15
	6	84	504				

Cave resaltar, que para los circuitos de iluminación se tendrán dos tableros de distribución independientes de las cargas de fuerza y gozara de la disposición mostrada en el Plano N° 6 correspondiente al sistema de iluminación y tomacorrientes.

### 3.3.4 Circuitos de Tomacorrientes

Como es natural en toda planta deben de existir alimentadores de fuerza alternos para artefactos que puedan conectarse de forma auxiliar como, moladoras, taladros de mano etc. es por eso que se propone el sistema de tomacorrientes.

Estos circuitos deben de cumplir con lo dispuesto en el CNE TOMO V a lo que a su letra refiere:

- Un sólo tomacorriente instalado en un circuito derivado individual deberá tener una capacidad de corriente no menor que la del circuito derivado.
- Cuando dos o más tomacorrientes o salidas se conectan a un circuito derivado, un tomacorriente no deberá alimentar una carga total conectada con cordón y enchufe mayor que el máximo especificado en la Tabla N° 34.
- Cuando dos o más tomacorrientes o salidas se conectan a un circuito derivado, las capacidades nominales de los tomacorrientes deberán estar de acuerdo con los valores registrados en la Tabla N° 35.

*Tabla N° 34.- Carga máxima conectada con cordón y enchufe a un tomacorriente*

Capacidad Nominal de Circuito (A)	Capacidad Nominal del Tomacorriente (A)	Carga Máxima (A)
10 ó 15	10	8
10 ó 20	15	12
20	20	16
25	25	20

*Tabla N° 35.- Capacidades nominales de tomacorrientes para diferentes capacidades de los circuitos*

<b>Capacidad Nominal de Circuito (A)</b>	<b>Capacidad Nominal del Tomacorriente (A)</b>
10	10
15	10 ó 15
20	10 ó 20
25	25
35	35
45	35 ó 45

### **Calibre de los Conductores y Elementos de Protección.**

En las tablas anteriores se muestran las capacidades de corriente para los circuitos de tomacorrientes industriales. En vista que se trata de una planta metalmecánica de gran extensión y teniendo en cuenta que la mayor parte de reparaciones y mantenimiento de maquinaria se hace al interior de la planta es necesario contar con circuitos de tomacorrientes que puedan soportar cargas para maquinas de soldar móviles, de taladros de banco móviles, etc. es por eso que se decidió por un circuito con una capacidad e 25 amperios. El que se presenta en el Plano N° 6 y se muestra un resumen en la Tabla N° 36 siguiente.

*Tabla N° 36.- Características de los circuitos de tomacorrientes para la planta*

ÁREA	Numero Tomacorrientes	Capacidad del Circuito (A)	Capacidad de Tomacorriente (A)
HABILITADO 1 y 2	13	25	25
SOLDADURA	11	25	25
SALA DE TORNOS Y CONTROL DE CALIDAD	13	25	25
MAESTRANZA Y HORNO	9	25	25

### **3.3.5 Tableros de Distribución Para Iluminación y Tomacorrientes**

Finalmente se calcularan los elementos que integran al tablero de distribución donde se encontraran los interruptores de protección tanto para tomacorrientes como para el sistema de iluminación cuyos elementos están ya definidos en el sub. Capitulo anterior en 3.3.3.c.

### **Alimentadores y Elementos de Protección Para los Tableros de Distribución de la Planta**

De acuerdo al cálculo efectuado con el programa de CEPERMATIC con una corriente de 25 A con una longitud de cable promedio de 30m y con un FDP de 0.7 se obtuvo un conductor de cobre de 4 mm<sup>2</sup> para los circuitos de tomacorrientes por lo que a su vez estaría bien resguardado con un interruptor termomagnético de 25 A.

El alimentador para los tableros de distribución debe de cumplir con ser capaz de soportar la suma de todas la cargas mas 25% de la carga mayor, por lo que se efectúan la suma de las cargas de alumbrado y de tomacorrientes para cada tablero de distribución y se representan el la siguiente Tabla N° 37 a continuación:

*Tabla N° 37.- Cálculo de elementos de los tableros de distribución TD-I y TD-II*

<i>Tablero</i>	<i>Circuitos de Alumb. (A)</i>	<i>Circuitos de Tomac.(A)</i>	<i>25% Carga Máx.</i>	<i>I total (A)</i>	<i>Longitud del Alimentador (m)</i>	<i>Calibre del Alimentador (mm<sup>2</sup>)</i>	<i>Tipo del Conductor</i>	<i>Interruptor (A)</i>
<i>TD-I</i>	16.47	50	6.25	72.72	14	16	<i>THW</i>	80
<i>TD-II</i>	24.87	50	6.25	81.12	23	25	<i>THW</i>	90

### **3.4 Diseño y Cálculo de las Instalaciones Eléctricas Interiores y Oficinas**

#### **3.4.1 Diseño de los Circuitos Eléctricos**

De acuerdo con el área establecida para las oficinas y los demás ambientes administrativos será suficiente con tener un circuito de tomacorrientes, otro de alumbrado como se muestra en el plano 5, las respectivas tomas de señal de TV y de telefonía, para cubrir las necesidades de los 91.46m<sup>2</sup> cumpliendo con lo establecido por el CNE.

### **3.4.2 Cuadro de Cargas y Determinación de los Elementos del Tablero de Distribución para Interiores y Oficinas**

De acuerdo con el CNE se tiene que tener en cuenta por lo establecido por las Tablas Nos. 38 y 39 siguientes, referentes a las cargas de alumbrado y tomacorrientes así como su factor de demanda de acuerdo al tipo de establecimiento o recinto.

*Tabla N° 38.- Cargas mínimas de alumbrado general*

<b>Tipo de Local</b>	<b>Carga Unitaria W/m<sup>2</sup></b>
Auditorios	10
Bancos	25
Barberías, peluquerías y salones de belleza	25
Asociaciones o casinos	18
Locales de depósito y almacenamiento	2.5
Edificaciones comerciales e industriales	20
Edificaciones para oficinas	25
Escuelas	25
Garajes comerciales	5
Hospitales	20
Hospedajes	13
Hoteles, moteles, incluyendo apartamentos sin cocina (*)	20
Iglesias	8
Unidad(es) de vivienda (*)	25
Restaurantes	18
Tiendas	25
Salas de audiencia	18
En cualquiera de locales mencionados con excepción de las viviendas unifamiliares y apartamentos individuales de viviendas multifamiliares, se aplicara lo siguiente:	
Espacios para almacenamiento	2.5
Recibos, corredores y roperos	5
Salas de reuniones y auditorios	10

De la tabla anterior, podemos apreciar que para nuestro caso para edificaciones de oficinas corresponde a una carga unitaria de  $25\text{w/m}^2$  que servirá para calcular la carga instalada en la oficinas, por su puesto teniendo en cuenta una carga móvil de 2000 w para pequeñas aplicaciones, establecido por la Directiva N° 001-86-EM/DGE

“Determinación del Exceso de Potencia de Suministrasen Baja Tensión y Normalización de Potencias a contratar” y, los respectivos factores de demanda para calcular la demanda máxima así como el alimentador del tablero de distribución correspondiente.

*Tabla N° 39.- Factores de demanda para alimentadores de cargas de alumbrado*

<b>Tipo de Local</b>	<b>Partes de la carga a la cual se le aplica el factor</b>	<b>Factor de Demanda</b>
Unidades de Viviendas	Primeros 2,000 W o menos .....	100 %
	Siguientes 118,000 W .....	35%
	Sobre 120,000 W .....	25%
Edificaciones para oficinas	20,000 W o menos .....	100%
	sobre 20,000 W .....	70%
Escuelas	15,000 W o menos .....	100%
	sobre 15,000 W .....	50%
* Hospitales	Primeros 50,000 W o menos .....	40%
	Sobre 50,000 W .....	20%
* Hoteles y moteles incluyendo apartamentos sin facilidades de cocina	Primeros 20,000 W o menos .....	50%
	Siguientes 80,000 W .....	40%
	Sobre 100,000 W .....	30%
Locales de depósito y almacenamiento	Primeros 12,500 W o menos .....	100%
	Sobre 12,500 W .....	50%
Todos los demás	Watt totales .....	100%

De la tabla anterior, se observa que el factor de demanda para edificaciones de oficina en los primeros 20 000 w es del 100% dando lugar a la siguiente Tabla N° 40 del cuadro de cargas para el tablero de distribución de instalaciones interiores.

Tabla N° 40.- Cuadro de cargas para el TD-III de instalaciones interiores

<i>Concepto</i>	<i>Carga Instalada (w)</i>	<i>Factor de Demanda</i>	<i>Máxima Demanda (W)</i>
Alum. Y Tomac. 91.46x25=2286,71w	2 286,71	100	2 286,71
Pequeñas Aplicaciones	2 000,00	100	2 000,00
Total	4 286,71		4 286,71

Teniendo en cuenta que esta es la demanda, considerando un factor de potencia de 0.85, que esta sección de la planta va a tener, calculamos y que será repartida a partir de una acometida trifásica la acometida para el tablero de distribución TD-III.

Sabemos a partir de la ecuación (1) que:

$$I_n = \frac{4286,71}{\sqrt{3} \times 220 \times 0,85} = 13,24A$$

Por lo tanto para esta corriente sería suficiente un conductor de 2.5mm<sup>2</sup> como se observa de la Tabla N° 18; pero, al estar dentro de una instalación industrial se usará cable de 4mm<sup>2</sup>. Los demás Elementos de protección están establecidos en el Plano N° 5.

### **3.5 Compensación Reactiva Por Medio De Condensadores**

La utilización de la energía eléctrica, distribuida mediante redes de C.A., ya sea para fines industriales, comerciales o residenciales, lleva implícita la existencia de campos magnéticos para el establecimiento de los campos rotantes que mueven a los motores, para las reactancias de las lámparas de descarga o tubos fluorescentes, etc. Tales campos magnéticos requieren de la red de alimentación una cierta potencia reactiva (kVAr) que, si bien no significa un aumento directo de la potencia activa (kW) que se está utilizando, se traducen, al costo económico para aquellos usuarios a los que se les factura la energía reactiva, en mala regulación de la tensión de suministro (generalmente "baja tensión") mayores pérdidas en líneas y elementos de distribución y aumento de la potencia aparente (KVA) requerida para igual potencia activa utilizada.

Sin pretender ahondar mucho en el tema, ya que no es el objeto de este trabajo de tesis, diremos que como todo usuario de energía eléctrica N. & A. E.I.R.L. tiene una cierta tensión de alimentación  $V$  (Volts) que aplicada a los motores, artefactos de iluminación, máquinas de soldar, etc. dará lugar a una cierta corriente  $I$ : (amperes). Ambas magnitudes pueden ser representadas mediante vectores o, más propiamente, "fasores" que tendrán entre sí un cierto ángulo o desfasaje, que dependerá del tipo de carga considerada.

La importancia que cada una de las configuraciones de un sistema de distribución de cargas, desde el punto de vista energético, surge de considerar las distintas clases de potencia que un circuito eléctrico puede intercambiar con la red que lo alimenta como son:

*La potencia activa:* Es la que efectivamente se aprovecha como potencia útil en el eje de un motor, la que se transforma en calor en la resistencia de un calefactor, etc. Y que quedo definida en la ecuación (6) del sub capitulo 3.2.1

*La Potencia Reactiva:* Es la que los campos magnéticos de los motores, de los reactores ó balastos de iluminación etc. intercambian con la red sin significar un consumo de potencia activa en forma directa.

$$Q = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \text{Sen } \phi \quad (30)$$

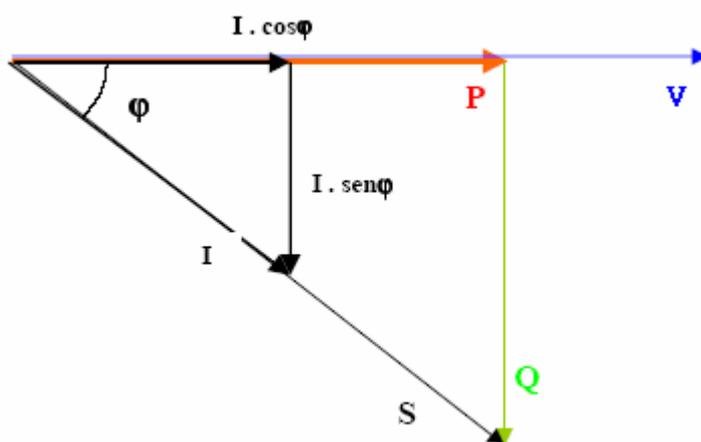
*La Potencia Aparente:* Es la que resulta de considerar la tensión aplicada al consumo y la corriente que éste demanda, esta potencia es lo que limita la utilización de transformadores, líneas de alimentación y demás elementos componentes de los circuitos eléctricos.

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \quad (31)$$

Efectuadas las definiciones de las potencias y teniendo en cuenta que tanto en las instalaciones industriales como comerciales y residenciales, el tipo de consumo es

preponderantemente inductivo puede decirse que el diagrama fasorial de un consumo tipo, teniendo en cuenta las potencias será el de la Figura N° 3.

Figura N° 3.- Diagrama fasorial de potencias



En esta figura se puede apreciar claramente que, para una misma potencia activa “P”, que efectivamente utilizemos, tendremos que la corriente “I” y la potencia aparente “S” son mínimas cuando el ángulo  $\phi = 0$  ó dicho de otra forma, cuando  $\cos \phi = 1$ . Al  $\cos \phi$  se lo identifica como "*Factor De Potencia*" o FDP siendo sus límites de variación entre 1 y 0, y su compensación ó aproximación a uno mediante el uso de capacitores en instalaciones industriales, como es el caso de N. & A. E.I.R.L, es una de las formas mas usadas a nivel mundial por ser versátil y relativamente económica.

### **3.5.1 Determinación de los KVAR de la Planta y la Compensación del FDP**

Como se puede observar en la Tabla N° 13, una de las características eléctricas del consumo en N. & A. E.I.R.L. la mayor potencia reactiva registrada fue de 88.303 KVAR; por lo que, el banco de capacitores debe de estar preparado para soportar esta potencia mas un adicional que se debe de considerar por posible incrementos de carga. Ahora bien, de acuerdo a lo explicado en el punto anterior podemos decir, despreciando las pérdidas  $I^2.R$  e  $I^2.X$  en líneas y demás elementos de distribución, que la potencia aparente que recibe un consumidor se descompone en activa y reactiva pudiendo hacerse el esquema de la figura anterior. La potencia activa debe ser inevitablemente suministrada por la red pero no sucede lo mismo con la reactiva que, salvo los casos especiales en que se disponga de máquinas sincrónicas, puede ser compensada con la *conexión de capacitores* quedando el esquema como el de la Figuras Nos. 4 y 5.

*Figura N° 4.- Consumo de potencias sin compensación reactiva*

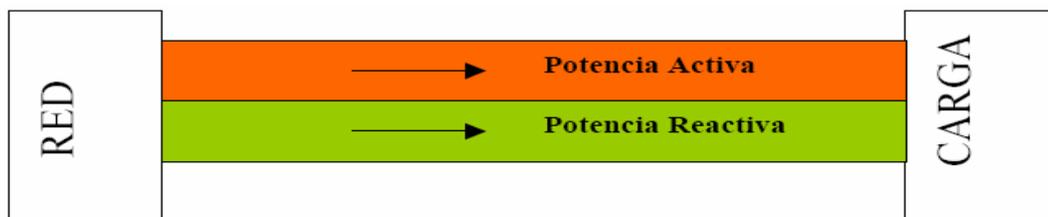
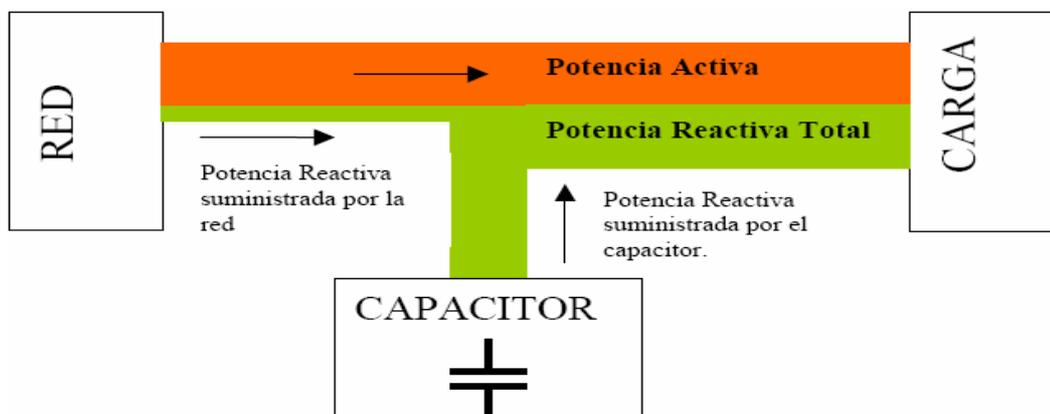


Figura N° 5.- Consumo de potencias con compensación reactiva

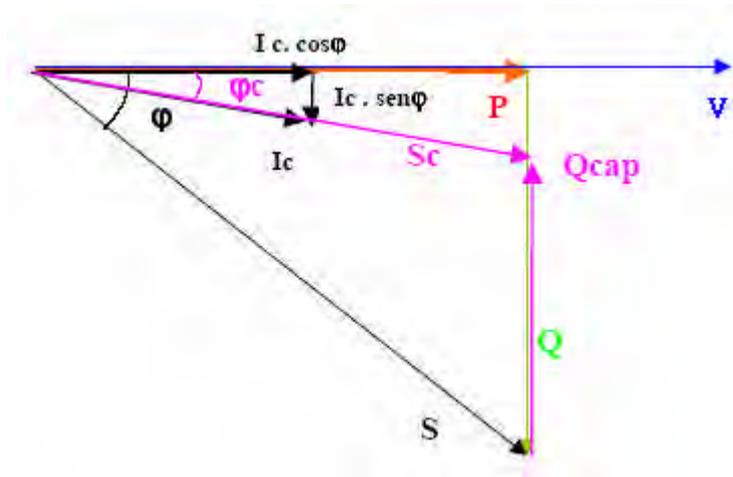


### 3.5.2 Cálculo del un Banco de Condensadores

El uso de capacitores para compensar el factor de potencia, ampliamente difundido en los países industrializados, se ha incentivado como consecuencia de la crisis energética de la actualización tarifaria y el consiguiente aumento de las penalidades también han contribuido significativamente los desarrollos de nuevos y mejores dieléctricos, el avance en los diseños y, en general, el adelanto tecnológico, que han significado capacitores de menores costos, con menores pérdidas y bajo porcentaje de fallas.

En el diagrama de la Figura N° 6 se observa la incidencia de aplicar una potencia reactiva capacitada a la instalación de valor  $Q_{cap}$ , produciéndose una disminución el ángulo  $\phi$  y con él una disminución de la corriente y la potencia aparente.

Figura N° 6.- Diagrama fasorial de potencias con compensación reactiva



Pues bien, con la ayuda de este grafico se ha llegado a la simplificación, mediante ecuaciones trigonométricas, al cálculo para potencia reactiva de compensación. Las funciones trigonométricas relacionadas con el ángulo  $\phi$  pueden calcularse fácilmente con las siguientes expresiones:

$$\operatorname{tg}\phi [-] = \frac{Q \text{ [kVAr]}}{P \text{ [kW]}} \quad (32)$$

$$\operatorname{Cos}\phi [-] = \frac{P \text{ [kW]}}{\sqrt{(P \text{ [kW]})^2 + (Q \text{ [kVAr]})^2}} \quad (33)$$

Mediante la incorporación de un capacitor o banco de capacitores de potencia  $Q_{\text{cap}}$ , el diagrama fasorial se altera y pasa a ser el de la Figura N° 4, en este caso los nuevos valores del ángulo  $\phi_c$  modificarán las ecuaciones anteriores

$$\text{tg}\phi_c [ \cdot ] = \frac{Q - Q_{\text{cap}} [\text{kVAr}]}{P [\text{kW}]} = \frac{Q [\text{kVAr}] - Q_{\text{cap}} [\text{kVAr}]}{P [\text{kW}]} = \text{Tg}\phi [ \cdot ] - \frac{Q_{\text{cap}} [\text{kVAr}]}{P [\text{kW}]}$$

... (34)

De esta última ecuación podemos despejar el capacitor o banco de capacitores necesario:

$$Q_{\text{cap}} [\text{kVAr}] = P \times ( \text{Tg}\phi - \text{Tg}\phi_c ) \quad (35)$$

Habitualmente, no se dispone de los valores de **Tgφ** y **Tgφ<sub>c</sub>**, es más común disponer de los valores de factor de potencia **cosφ** y **cosφ<sub>c</sub>**, por lo tanto, en la página siguiente usted podrá encontrar la Tabla N° 41 elaborada en base a los valores de ( **Tgφ - Tgφ<sub>c</sub>** ) **en función de los cosφ y cosφ<sub>c</sub>**, de modo de poder calcular fácilmente el capacitor o banco de capacitores de potencia Q<sub>cap</sub>. Con el factor de potencia inicial y sabiendo cual es el que se quiere alcanzar se entra en la Tabla N° 41 y se obtiene el coeficiente por el cual hay que multiplicar la potencia activa promedio para obtener la potencia reactiva, necesaria a instalar.

Tabla N° 41.- Coeficiente de Calculo de Factor de Potencia

Factor de potencia existente:  $\cos\phi$  ↓

Factor de potencia deseado:  $\cos\phi_c$  →

	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	1.00
0.40	1.672	1.698	1.725	1.752	1.779	1.807	1.835	1.865	1.896	1.928	1.963	2.000	2.041	2.088	2.149	2.291
0.41	1.605	1.631	1.658	1.685	1.712	1.740	1.769	1.799	1.829	1.862	1.896	1.933	1.974	2.022	2.082	2.225
0.42	1.541	1.567	1.594	1.621	1.648	1.676	1.705	1.735	1.766	1.798	1.832	1.869	1.910	1.958	2.018	2.161
0.43	1.480	1.506	1.533	1.560	1.587	1.615	1.644	1.674	1.704	1.737	1.771	1.808	1.849	1.897	1.957	2.100
0.44	1.421	1.448	1.474	1.501	1.529	1.557	1.585	1.615	1.646	1.678	1.712	1.749	1.790	1.838	1.898	2.041
0.45	1.365	1.391	1.418	1.445	1.472	1.500	1.529	1.559	1.589	1.622	1.656	1.693	1.734	1.781	1.842	1.985
0.46	1.311	1.337	1.364	1.391	1.418	1.446	1.475	1.504	1.535	1.567	1.602	1.639	1.680	1.727	1.788	1.930
0.47	1.258	1.285	1.311	1.338	1.366	1.394	1.422	1.452	1.483	1.515	1.549	1.586	1.627	1.675	1.736	1.878
0.48	1.208	1.234	1.261	1.288	1.315	1.343	1.372	1.402	1.432	1.465	1.499	1.536	1.577	1.625	1.685	1.828
0.49	1.159	1.186	1.212	1.239	1.267	1.295	1.323	1.353	1.384	1.416	1.450	1.487	1.528	1.576	1.637	1.779
0.50	1.112	1.139	1.165	1.192	1.220	1.248	1.276	1.306	1.337	1.369	1.403	1.440	1.481	1.529	1.590	1.732
0.51	1.067	1.093	1.120	1.147	1.174	1.202	1.231	1.261	1.291	1.324	1.358	1.395	1.436	1.484	1.544	1.687
0.52	1.023	1.049	1.076	1.103	1.130	1.158	1.187	1.217	1.247	1.280	1.314	1.351	1.392	1.440	1.500	1.643
0.53	0.980	1.007	1.033	1.060	1.088	1.116	1.144	1.174	1.205	1.237	1.271	1.308	1.349	1.397	1.458	1.600
0.54	0.939	0.965	0.992	1.019	1.046	1.074	1.103	1.133	1.163	1.196	1.230	1.267	1.308	1.356	1.416	1.559
0.55	0.899	0.925	0.952	0.979	1.006	1.034	1.063	1.092	1.123	1.156	1.190	1.227	1.268	1.315	1.376	1.518
0.56	0.860	0.886	0.913	0.940	0.967	0.995	1.024	1.053	1.084	1.116	1.151	1.188	1.229	1.276	1.337	1.479
0.57	0.822	0.848	0.875	0.902	0.929	0.957	0.986	1.015	1.046	1.079	1.113	1.150	1.191	1.238	1.299	1.441
0.58	0.785	0.811	0.838	0.865	0.892	0.920	0.949	0.979	1.009	1.042	1.076	1.113	1.154	1.201	1.262	1.405
0.59	0.749	0.775	0.802	0.829	0.856	0.884	0.913	0.942	0.973	1.006	1.040	1.077	1.118	1.165	1.226	1.368
0.60	0.714	0.740	0.767	0.794	0.821	0.849	0.878	0.907	0.938	0.970	1.005	1.042	1.083	1.130	1.191	1.333
0.61	0.679	0.706	0.732	0.759	0.787	0.815	0.843	0.873	0.904	0.936	0.970	1.007	1.048	1.096	1.157	1.299
0.62	0.646	0.672	0.699	0.726	0.753	0.781	0.810	0.839	0.870	0.903	0.937	0.974	1.015	1.062	1.123	1.265
0.63	0.613	0.639	0.666	0.693	0.720	0.748	0.777	0.807	0.837	0.870	0.904	0.941	0.982	1.030	1.090	1.233
0.64	0.581	0.607	0.634	0.661	0.688	0.716	0.745	0.775	0.805	0.838	0.872	0.909	0.950	0.998	1.058	1.201
0.65	0.549	0.576	0.602	0.629	0.657	0.685	0.714	0.743	0.774	0.806	0.840	0.877	0.919	0.966	1.027	1.169
0.66	0.519	0.545	0.572	0.599	0.626	0.654	0.683	0.712	0.743	0.775	0.810	0.847	0.888	0.935	0.996	1.138
0.67	0.488	0.515	0.541	0.568	0.596	0.624	0.652	0.682	0.713	0.745	0.779	0.816	0.857	0.905	0.966	1.108
0.68	0.459	0.485	0.512	0.539	0.566	0.594	0.623	0.652	0.683	0.715	0.750	0.787	0.828	0.875	0.936	1.078
0.69	0.429	0.456	0.482	0.509	0.537	0.565	0.593	0.623	0.654	0.686	0.720	0.757	0.798	0.846	0.907	1.049
0.70	0.400	0.427	0.453	0.480	0.508	0.536	0.565	0.594	0.625	0.657	0.692	0.729	0.770	0.817	0.878	1.020
0.71	0.372	0.398	0.425	0.452	0.480	0.508	0.536	0.566	0.597	0.629	0.663	0.700	0.741	0.789	0.849	0.992
0.72	0.344	0.370	0.397	0.424	0.452	0.480	0.508	0.538	0.569	0.601	0.635	0.672	0.713	0.761	0.821	0.964
0.73	0.316	0.343	0.370	0.396	0.424	0.452	0.481	0.510	0.541	0.573	0.608	0.645	0.686	0.733	0.794	0.936
0.74	0.289	0.316	0.342	0.369	0.397	0.425	0.453	0.483	0.514	0.546	0.580	0.617	0.658	0.706	0.766	0.909
0.75	0.262	0.289	0.315	0.342	0.370	0.398	0.426	0.456	0.487	0.519	0.553	0.590	0.631	0.679	0.739	0.882
0.76	0.235	0.262	0.288	0.315	0.343	0.371	0.400	0.429	0.460	0.492	0.526	0.563	0.605	0.652	0.713	0.855
0.77	0.209	0.235	0.262	0.289	0.316	0.344	0.373	0.403	0.433	0.466	0.500	0.537	0.578	0.626	0.686	0.829
0.78	0.183	0.209	0.236	0.263	0.290	0.318	0.347	0.376	0.407	0.439	0.474	0.511	0.552	0.599	0.660	0.802
0.79	0.156	0.183	0.209	0.236	0.264	0.292	0.320	0.350	0.381	0.413	0.447	0.484	0.525	0.573	0.634	0.776
0.80	0.130	0.157	0.183	0.210	0.238	0.266	0.294	0.324	0.355	0.387	0.421	0.458	0.499	0.547	0.608	0.750
0.81	0.104	0.131	0.157	0.184	0.212	0.240	0.268	0.298	0.329	0.361	0.395	0.432	0.473	0.521	0.581	0.724
0.82	0.078	0.105	0.131	0.158	0.186	0.214	0.242	0.272	0.303	0.335	0.369	0.406	0.447	0.495	0.556	0.698
0.83	0.052	0.079	0.105	0.132	0.160	0.188	0.216	0.246	0.277	0.309	0.343	0.380	0.421	0.469	0.530	0.672
0.84	0.026	0.053	0.079	0.106	0.134	0.162	0.190	0.220	0.251	0.283	0.317	0.354	0.395	0.443	0.503	0.645
0.85	0.000	0.026	0.053	0.080	0.107	0.135	0.164	0.194	0.225	0.257	0.291	0.328	0.369	0.417	0.477	0.620
0.86	####	0.000	0.027	0.054	0.081	0.109	0.138	0.167	0.198	0.230	0.265	0.302	0.343	0.390	0.451	0.593
0.87	####	####	0.000	0.027	0.054	0.082	0.111	0.141	0.172	0.204	0.238	0.275	0.316	0.364	0.424	0.567
0.88	####	####	####	0.000	0.027	0.055	0.084	0.114	0.145	0.177	0.211	0.248	0.289	0.337	0.397	0.540
0.89	####	####	####	####	0.000	0.026	0.057	0.086	0.117	0.149	0.184	0.221	0.262	0.309	0.370	0.512
0.90	####	####	####	####	####	0.000	0.029	0.058	0.089	0.121	0.156	0.193	0.234	0.281	0.342	0.484

Teniendo en cuenta los datos de la Tabla N° 13 recogidos a su vez del histograma de cargas proporcionados por Edelnor S.A.A. y un factor de aumento de carga de 1.5, el cual se sustenta por medio de los cálculos efectuados en 4.1, podemos calcular la potencia reactiva a instalar en el banco de condensadores reemplazando los datos de en la ecuación anterior:

$$P = 83,532 \times 1,5 = 125,3 \text{ KW}$$

$$\cos\phi = 0,66$$

$$\cos\phi_c = 0,98$$

$$( \text{Tg}\phi - \text{Tg}\phi_c ) = 0,935$$

$$Q_{\text{cap}} = 0,935 \times 125,3 = 117,15 \text{ KVAR}$$

Como es evidente este no es un valor de potencia reactiva comercial que esté en el mercado, es por eso que de acuerdo con las cotizaciones y recomendaciones realizadas por FAMETAL S.A. y PROMOTORES ELECTRICOS S.A. y, siendo 120 KVAR una potencia no muy lejana a la establecida para la compensación reactiva se escogió un banco de condensadores de 120 KVAR automático.

### **3.5.3 Cálculo del Alimentador y de su Elemento de Protección**

De acuerdo con el CNE sección 5.6.3.3, La capacidad de corriente de los conductores de los circuitos de condensadores no deberá ser menor al 135% de la corriente

nominal del condensador o banco de condensadores. Por lo tanto aplicaremos la ecuación (30) para determinar la corriente nominal del banco de condensadores.

$$Q = \sqrt{3} \cdot V \cdot I_c \cdot \text{sen } \phi$$

Por lo tanto:

$$I_c = \frac{Q}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \text{Sen} \phi} = \frac{120000}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot \text{Sen} 90} = 315 A$$

$$I_{dc} = 1,35 \times I_c$$

$$I_{dc} = 1,35 \times 315 = 425,25 A$$

Siendo  $I_{dc}$  la corriente de diseño para el conductor que alimente el banco de condensadores, seleccionamos el conductor de NYY 0.6/10kV 3x1-240mm<sup>2</sup> que es capaz de conducir 426A en tubería con tres conductores activos según la tabla de características del cable NYY de INDECO, valor que no dista del que exige la norma y es mas económico que un conductor de 300mm<sup>2</sup> que estaría sobredimensionado.

Para la conexión y desconexión del banco de condensadores según lo indica el CNE en 5.6.3.3 indica que se debe de proveer de un elemento de conexión y desconexión para cada cable activo que alimenta a este banco de condensadores y que su corriente nominal no debe de ser menor a 135% de la corriente nominal del banco de condensadores. Es por tal motivo que se recomienda para tal fin un Disyuntor de 425A sin embargo ya que este no es un valor normalizado escogemos uno de 400A el

que estará conectado en el tablero general del banco de condensadores y un interruptor termomagnético en de la misma capacidad en el tablero general.

### **3.6 Implementación de un Sistema de Puesta a Tierra**

Es más que conocido que por seguridad y cumplimiento de las normas, todo tipo de instalación eléctrica guarde una protección contra fallas a tierra y, resguarde la integridad tanto de los equipos como de las personas que se encontraran en las cercanías de un circuito o maquinaria energizada y que presente una falla a tierra; por tanto, es objetivo del presente trabajo de tesis obtener una solución a esta necesidad de la planta de N. & A E.I.R.L.;por tal motivo, es necesario conocer dos aspectos fundamentales para la implementación de un sistema de puesta a tierra como son la máxima resistencia a tierra del electrodo y el calibre del conductor de puente de unión a tierra.

#### **3.6.1 Resistencia Máxima de Puesta a Tierra**

En el CNE sección 3.6.9.3 se menciona que la resistencia a tierra de un electrodo deberá ser a lo más de 25 Ohms. Cuando sea mayor, se deberá conectar dos o más electrodos en paralelo. Se recomienda que los electrodos sean probados periódicamente con el fin de determinar su resistencia.

### **3.6.2 Determinación de los Conductores a Tierra**

Los conductores a tierra deben de ser de cobre o de material cuyas propiedades eléctricas y mecánicas sean similares a este, capaz de conducir la electricidad en condiciones ambientales corrosivas y puede ser un conductor sólido, cableado, desnudo o cubierto y sus calibres se disponen a partir de la Tabla N° 42 siguiente recogido del CNE sección 3.6.10.4.

*Tabla N° 42.- Conductor de puesta a tierra para sistemas de corriente alterna*

<b>Sección nominal del conductor mayor de la acometida o su equivalente para conductores en paralelo (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Sección nominal del conductor de puesta a tierra (cobre) (mm<sup>2</sup>)</b>
35 o menor sección	10
50	16
70	25
95 - 185	35
240 - 300	50
400 a 500	70
Más de 500	95

Si bien es cierto, el menor calibre para conductor a tierra es de 10 mm<sup>2</sup> según lo especificado por la tabla anterior pues no es excluyente que se usen conductores de menor calibre para puesta a tierra según lo manifestado en 3.10.2 del CNE, es por tal motivo que de acuerdo con las cometidas de fuerza a las cargas y tableros para la planta de N. & A. E.I.R.L. se obtienen los siguientes conductores a tierra presentados en las Tablas Nos. 43, 44 y 45 siguientes.

Tabla N° 43.- Tabla de conductores a tierra de las diferentes cargas

Circuito N°	Área	Máquina	Sección del Cable de Acometida (mm <sup>2</sup> )	Sección del Cable de Puesta a Tierra (mm <sup>2</sup> )
1	Habilitado	Compresora N.&A.	4	4
2	Habilitado	Cizalla	4	4
3	Habilitado	Agujereado de Aro	4	4
4	Habilitado	Cort. Pestañad de Aro	4	4
12	Habilitado	Troqueladora de asas	4	4
5	Habilitado	Pestañado de Asas	4	4
7	Habilitado	Cortadora Excéntrica	4	4
6	Habilitado	Estampadora de Asas	10	10
11	Habilitado	Emb. De Asa y Aro 1	4	4
10	Habilitado	Doblado Asas	4	4
8	Habilitado	Embutidora	25	10
13	Habilitado	Pestañad. de fondos	4	4
14	Habilitado	Rebordea. de Tapas	4	4
15	Habilitado	Troquel de Tapas	4	4
36	Soldadura	Compresora Para A.S.	4	4
16	Soldadura	Sold. De Golletes	6	6
17	Soldadura	Sold. SAW LINCOLD	16	10
18	Soldadura	Sold. SAW WESTING H.	10	10
19	Soldadura	Sold. AMIGO 400	6	6
20	Soldadura	Sold. AMIGO 300	6	6
21	Soldadura	Sold. NR-400	6	6
22	Soldadura	Sold. SMAW	4	4
27	Maestranza	Esmeril de banco	4	4
28	Maestranza	Torno A.	10	10
29	Maestranza	Torno B.	4	4
30	Maestranza	Torno C	4	4
31	Maestranza	Torno D	4	4
9	Maestranza	Marcadora de Golletes	4	4
32	Maestranza	Roscadora	4	4
33	Maestranza	Avellanadota	4	4
23	Ctrol de Calid.	Bomba de Caudal	4	4
24	Ctrol de Calid.	Bomba de Presión	4	4
25	Ctrol de Calid.	Envalvuladora	4	4
26	Ctrol de Calid.	Envalvuladora	4	4
34	Ctrol de Calid.	Compresora PH	4	4
44	Ctrol de Calid.	Compresora PN A	4	4
45	Ctrol de Calid.	Compresora PN B	4	4
48	Ctrol de Calid.	Bomba del Horno	4	4
49	Ctrol de Calid.	Quemadores	4	4
50	Ctrol de Calid.	Extractor	4	4
35	Maestranza	Compresora Pintado	16	10
37	Maestranza	Cepillo	4	4
38	Maestranza	Rectificadora Plano	4	4
39	Maestranza	Taladro de Mesa A	4	4
40	Maestranza	Taladro de Mesa B	4	4
41	Maestranza	Taladro de Columna	4	4
42	Maestranza	Fresa N° 5	6	6
43	Maestranza	Soldadora SMAW	4	4
46	Maestranza	Esmeril de Banco	4	4
47	Maestranza	Fresa Taladro	4	4

*Tabla N° 44.- Tabla de conductores a tierra en los tableros de fuerza*

<i>Numero</i>	<i>Área</i>	<i>Tablero de Fuerza</i>	<i>Sección del Cable de Acometida (mm<sup>2</sup>)</i>	<i>Sección del Cable de Puesta a Tierra (mm<sup>2</sup>)</i>
1	Habilitado	TF-I	35	10
2	Habilitado	TF-II	50	16
3	Soldadura	TF-VII	70	25
4	Soldadura	TF-III	50	16
5	Maestranza	TF-VI	35	10
6	Control de Calidad	TF-V	25	10
7	Maestranza	TF-IV	35	10

*Tabla N° 45.- Tabla de conductores a tierra en los tableros de distribución*

<i>Numero</i>	<i>Área</i>	<i>Tablero de Fuerza</i>	<i>Sección del Cable de Acometida (mm<sup>2</sup>)</i>	<i>Sección del Cable de Puesta a Tierra (mm<sup>2</sup>)</i>
1	Habilitado y Soldadura	TD-I	16	10
2	Maestranza y Ctrol. de C.	TD-II	25	10
3	Oficinas	TD-III	4.0	4.0

Una vez que ya hemos obtenido y cumplido con las dos mas condiciones más importantes que debe de cumplir un sistema de tierra como son la resistencia máxima de un pozo a tierra y los calibres adecuados de los conductores a tierra, pues mostramos a continuación algunos aspectos a tener en cuenta propuestos en el CNE que no dejan de ser importantes al momento de la instalación del un sistema a tierra para N. & A. E.I.R.L.

1. La conductividad de cada conductor a tierra debe de estar garantizada y por lo tanto, estos conductores deben de ser de un solo tramo y no tener uniones ni empalmes salvo en el caso de las barras colectoras a tierra.

2. Debe de existir una compatibilidad galvánica y conductiva en los componentes que conforma el sistema tierra para garantizar la correcta conducción de corriente el al mismo tiempo soportar las inclemencias corrosivas del medio en el que esta instalado.
3. Los conectores y terminales que sirven de elementos de sujeción a los cables deben de tener la sección adecuada a fin de evitar falsos contactos o sobre esfuerzos mecánicos en su ajuste.
4. todos los elementos, equipos que pudieran estar energizados, tales como cajas de paso, cajas de conexión, tableros, carcasas de motores, transformadores, etc. deberán de ser conectados a tierra por medio de un puente a tierra con el conductor adecuado.
5. Por ultimo pero no menos importante, es recomendable tener los sistemas de tierra separados para cargas de fuerza y cargas donde existan equipos electrónicos como lo son los equipos de computo en las oficinas, es por tal motivo que se propone dos pozos de tierra para la planta de N. & A. E.I.R.L., uno para las cargas de la planta en si y otro para las instalaciones interiores de oficinas, dichos pozos se detallan en los Planos Nos. 8 y 5 respectivamente.

### **3.7 Cálculo De La Acometida Principal**

Como uno de los últimos pasos a seguir en este trabajo de tesis, antes de realizar las evaluaciones económicas, debemos de determinar nuestras condiciones de carga finales y así solicitar una potencia contratada adecuada al concesionario en este caso Edelnor S.A.A.

#### **3.7.1 Calculo de la Potencia a Contratar**

De acuerdo con la Norma 001-86-EM/DGE Para el caso de suministros de uso industrial, para la determinación de la demanda máxima se aplicará lo siguiente:

$$D. M. = \text{Carga del equipo eléctrico de mayor potencia} \times 1 + (\text{resto de cargas fijas} + C. M.) \times 0.6 \quad (36)$$

Y,

$$C.F. = C.A. + C.E. \quad (37)$$

Donde:

D.M. : Máxima demanda

C.F. : Cargas fijas

C.A. : Cargas de alumbrado

C.E. : Cargas especiales

C. M. = 2 000 W

Ahora calcularemos potencia instalada mediante la suma de todas las cargas de fuerza, alumbrado, tomacorrientes y cargas en oficinas, cuyos datos lo recogemos de las Tablas Nos. 16, 33 y 40. De la Tabla N° 16 tenemos las corrientes a plena carga y; por lo tanto, considerando un  $\cos \phi$  de 0.67, como es el promedio registrado, y una tensión de 220v tenemos las cargas fijas de fuerza que se presenta en la Tabla N° 46 conjuntamente con las otras cargas.

*Tabla N° 46.- Cargas instaladas en la planta*

<i>Tipo de Carga</i>	<i>Potencia Instalada (kw)</i>
De Fuerza	217,66
Máxima Carga	21,6
Alumbrado en planta	7,21
Alumbrado en oficinas	4,29
Cargas fijas	229,16

Por lo tanto reemplazando en (37) y (36):

$$C.F. = 217,66 + 721 + 4,29 = 229,16 \text{ kW}$$

$$D.M. = 21,6 \times 1 + (229,16 - 21,6) \times 06 = 146,136 \text{ kW}$$

Sin embargo como la misma Norma 001-86-EM/DGE establece que Las potencias normalizadas a contratar superiores a 10 kW deberán adoptar valores enteros, se solicitara una potencia contratada de 145 kW.

### **3.7.2 Cálculo del Calibre del Alimentador**

Para el cálculo del alimentador y posteriormente del elemento de protección general para las instalaciones, es necesario recurrir nuevamente a la ecuación (6) para determinar la corriente que soportara este conductor.

$$In = \frac{MD}{\sqrt{3} \times 0,22 \times \text{Cos}\phi}$$

Donde:

MD : Máxima demanda (kW)

Cos $\phi$  : Factor de potencia con compensación reactiva (0,98)

Reemplazando:

$$In = \frac{145}{\sqrt{3} \times 0,22 \times 0,98} = 388,30A$$

$$Id = 1,25 \times 388,30 = 485,37 A$$

Siendo Id la corriente de diseño para el conductor de la acometida y que de acuerdo con el la Tabla N° 63 de la norma DGE 013-CS-1 “Cables de Energía En redes de distribución Subterránea” del apéndice y el calculo efectuado por medio del programa CEPERMATIC seleccionamos el cable NYY 0.6/1KV 3x1-300+1x50mm<sup>2</sup>.

### **3.7.3 Determinación de Elemento de Protección**

Los elementos de protección adecuados para este conductor y por lo tanto para la instalación en general serán una protección mediante un interruptor termomagnético de 480 A; sin embargo al no estar normalizado y teniendo en cuenta que un interruptor termomagnético de 500 A podría someter al conductor a calentamientos innecesarios seleccionaremos uno de 450 A para proteger al mismo.

## **CAPÍTULO 4**

### **EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO DE REMODELACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

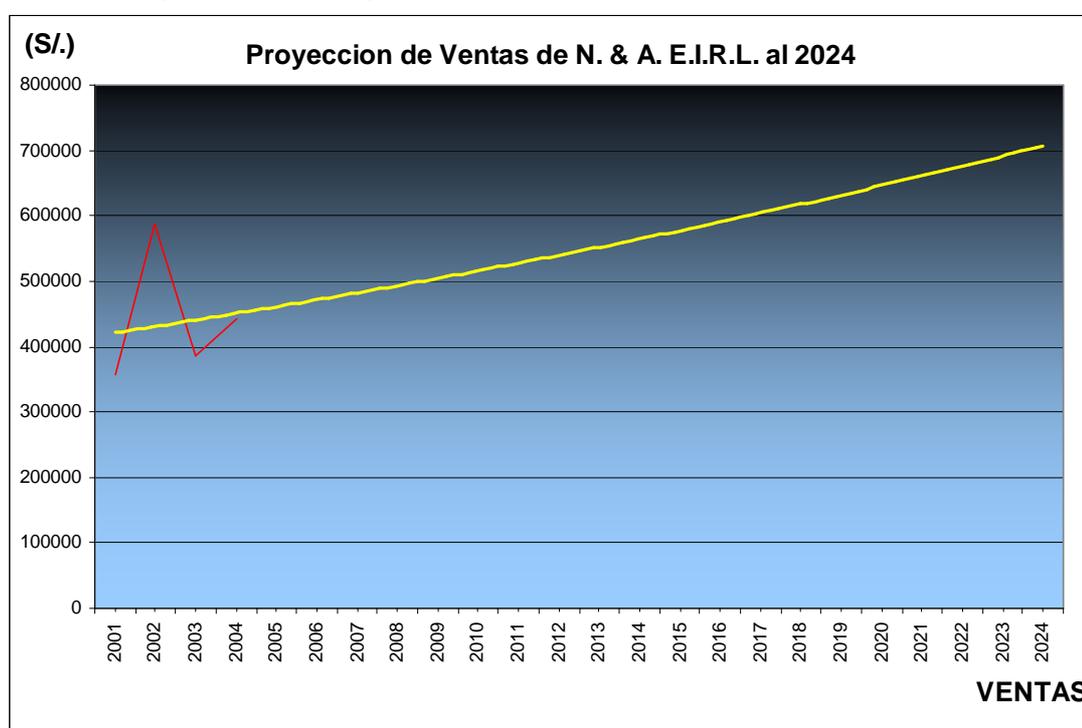
#### **4.1 Análisis de Factibilidad Económica de la Compensación Reactiva.**

Como se observa en las Figura Nos. 4 y 5 en el sub. capítulo 3.5.1, el compensar la potencia reactiva consumida, disminuye el consumo energético en general y esto no tiene ningún significado si es que no tuviera una repercusión económica, la cual se muestra de manifiesto con una disminución en el monto de facturación mensual o anual por consumo de energía reactiva.

Este cargo por energía reactiva es una variable que depende del tipo de opción tarifaria a la que se acoge el cliente. Para el caso de N. & A. E.I.R.L. cuya opción tarifaria esta regulada en BT4, el cargo por energía reactiva que exceda el 30% del total de la energía activa es de 4,15 ctm S/. por kVAR-H según se muestra en la Tabla N° 65 del apéndice.

Antes de realizar la evaluación económica, por cualquier indicador, debemos de estimar los consumos y costos de energía mediante una relación con la producción y por ende las ventas proyectadas a partir las estadísticas del cuadro de ventas de la Tabla N° 1, de la cual se obtiene el Cuadro N° 14 siguiente

*Cuadro N° 14.- Crecimiento estimado de las ventas a 20 años*



Este crecimiento estimado también nos refleja un crecimiento en la producción y por lo tanto del consumo eléctrico que se traduce a 1,5 veces en 20 años el consumo actual.

Ahora que tenemos una estimación de crecimiento procederemos a calcular los valores de ahorros de consumo anuales a la que estaría afectada la empresa por la inversión de un banco de condensadores.

Dicho ahorro se calculara en base a las formulas siguientes:

$$CPM_{ER} = C_{ER} \times (KVAR-H/mes - 0.3KW-H/mes) \quad (38)$$

$$CA_{ER} = CCA \times 12 \times (CM_{ER}) \quad (39)$$

Donde:

$CPM_{ER}$ : Costo promedio mensual de la energía reactiva (S/.)

$CA_{ER}$  : Costo anual mensual de la energía reactiva (S/.)

$CCA$  : Coeficiente de crecimiento anual

$C_{ER}$  : Cargo consumo de energía reactiva (4,15 ctm S/. por kVAR-H)

Se utilizo una hoja de cálculo para aplicar las formulas anteriores basándonos en los máximos consumos de energía recogidos del la Tabla N° 13, de dicha hoja de cálculo se muestran los resultados en la Tabla N° 47 siguiente.

*Tabla N° 47.- Costo y consumos anuales estimados de energía reactiva a 20 años*

Año	CCA	Consumo EA (KW-H/mes)	Consumo ER (KVAR-H/mes)	Consumo ER a facturar (KVAR-H/mes)	$CPM_{ER}$ (S/.)	$CA_{ER}$ (S/.)
1 año	1,00	20 883,00	22 077,00	15 812,10	656,20	7 874,43
2 año	1,03	21 432,55	22 657,97	16 228,21	673,47	8 081,65
3 año	1,05	21 982,11	23 238,95	16 644,32	690,74	8 288,87
4 año	1,08	22 531,66	23 819,92	17 060,42	708,01	8 496,09
5 año	1,11	23 081,21	24 400,89	17 476,53	725,28	8 703,31
6 año	1,13	23 630,76	24 981,87	17 892,64	742,54	8 910,53
7 año	1,16	24 180,32	25 562,84	18 308,75	759,81	9 117,76
8 año	1,18	24 729,87	26 143,82	18 724,86	777,08	9 324,98
9 año	1,21	25 279,42	26 724,79	19 140,96	794,35	9 532,20
10 año	1,24	25 828,97	27 305,76	19 557,07	811,62	9 739,42
11 año	1,26	26 378,53	27 886,74	19 973,18	828,89	9 946,64
12 año	1,29	26 928,08	28 467,71	20 389,29	846,16	10 153,86
13 año	1,32	27 477,63	29 048,68	20 805,39	863,42	10 361,09
14 año	1,34	28 027,18	29 629,66	21 221,50	880,69	10 568,31
15 año	1,37	28 576,74	30 210,63	21 637,61	897,96	10 775,53
16 año	1,39	29 126,29	30 791,61	22 053,72	915,23	10 982,75
17 año	1,42	29 675,84	31 372,58	22 469,83	932,50	11 189,97
18 año	1,45	30 225,39	31 953,55	22 885,93	949,77	11 397,20
19 año	1,47	30 774,95	32 534,53	23 302,04	967,03	11 604,42
20 año	1,50	31 324,50	33 115,50	23 718,15	984,30	11 811,64

Como es evidente estos pagos en energía reactiva no se realizarían con la compensación reactiva y para calcular cuan factible es invertir en ella deberemos de calcular los valores de los indicadores económicos de Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) dada por las siguientes formulas.

La formula para el VAN es:

$$VAN = -CI + \sum_{i=1...n} (BN_i / (1+TI)^i) \quad (40)$$

Donde:

CI : Capital de Inversión

VAN : Valor Actual Neto

BN<sub>i</sub> : Beneficio Neto del Año i

TI : Tasa interés comparativo

La TIR (Tasa Interna de Retorno) es aquella tasa que hace que el valor actual neto (VAN) sea igual a cero.

Algebraicamente:

$$VAN = 0 = -CI + \sum_{i=1...n} BN_i / (1+TIR)^i$$

Para nuestro caso cada beneficio neto al año sería cada pago que no realizaríamos por consumo de energía reactiva por los 20 años estimados y nuestro capital de inversión sería el costo del equipo e instalación del banco de condensadores. Para estas condiciones mostramos los resultados en la Tabla N° 48 siguiente.

*Tabla N° 48.- Indicadores económicos de factibilidad de la compensación reactiva con un banco de condensadores para N. & A.E.I.R.L.*

CI (S/.)	19 755,56
TI (%)	12
VAN (S/.)	48 380,27
TIR (%)	42

#### **4.2 Metrado y Presupuesto del Proyecto.**

Como uno de los aportes del presente trabajo de tesis se presentará a continuación el presupuesto y metrado correspondiente a la remodelación de las instalaciones eléctricas, el cual estará dividido en tres secciones o tablas principales y 13 partidas principales. Cada sección corresponderá a los circuitos de fuerza y aterramiento, pozos de tierra y por último a los circuitos de los tableros de iluminación y tomacorrientes de la planta y oficinas.

Cabe resaltar que a cada tablero de distribución o circuito se le ha asignado una partida para una mejor implementación y que el desarrollo del proyecto sea conforme la Gerencia de N. & A. E.I.R.L. estime de mayor urgencia.

Después de las tablas de metrado se mostrará a continuación las incidencias propias de los materiales, mano de obra y equipos, en el costo de la instalación y por ultimo los índices y factores unitarios de S/ - m<sup>2</sup> de instalación y S/. – Kw instalados.

Tabla N° 49.- Medrado y presupuesto del sistema de cargas de fuerza y aterramientos de TF-I

1.1 CIRCUITO DE FUERZA TF-I							(S/.)	5 645,13
PARTIDA	DESCRIPCIÓN	Costo M.O. (S/.)	Costo. MAT. (S/.)	Costo EQUIP. (S/.)	Costo Unitario (S/.)	UNIDAD	CANTIDAD	SUB TOTAL (S/.)
1.1.1	Tablero eléctrico para empotrar en pared de 30 polos	133,46	296,11	4,00	433,57	UNIDAD	1,00	433,57
1.1.2	Interruptor termomagnético de 3x30 A	11,12	110,98	0,33	122,43	UNIDAD	8,00	979,44
1.1.3	Interruptor termomagnético de 3x50 A	11,12	110,98	0,33	122,43	UNIDAD	1,00	122,43
1.1.4	Excavación para tubería de 20 y 30 mm Φ a 0.3m, suelo normal, a pulso	3,50	0,00	0,11	3,61	m	34,00	122,74
1.1.5	Demolición de piso E=4", en forma manual	8,14	0,00	0,24	8,38	m2	13,60	113,97
1.1.6	Picado de Muro de ladrillos para empotrado de tuberías y tablero	9,05	0,00	0,27	9,32	m2	2,00	18,64
1.1.7	Eliminación de excedentes manual c/volquete DH=30 metros, D=10km	14,71	0,00	49,32	64,03	m3	3,00	192,09
1.1.8	Relleno y compactado a mano con material refinado propio	11,63	0,00	0,35	11,98	m3	4,08	48,88
1.1.9	Resane de piso de cemento pulido E=4" MEZCLA 1:4	23,05	15,73	1,15	39,93	m2	13,60	543,02
1.1.10	Tarrajeo de muros interiores MEZ C:A 1:5 E=1.5cm	8,09	2,66	0,40	11,15	m2	2,00	22,30
1.1.11	Tubería conduit de 20 mm Φ, inc unión + 2% de desperdicio	2,41	6,65	0,07	9,13	M	101,50	926,70
1.1.12	Tubería conduit de 35 mm Φ, inc unión + 2% de desperdicio	3,47	16,36	0,10	19,93	M	23,00	458,39
1.1.13	Tubería conduit flexible de 20 mm Φ	3,34	9,53	0,57	13,44	M	16,00	215,00
1.1.14	Tubería conduit flexible de 35 mm Φ	3,12	18,33	1,10	22,55	M	2,00	45,09
1.1.15	Boquillas de protección de 20 mm Φ	0,09	0,55	0,03	0,68	UNIDAD	16,00	10,82
1.1.16	Boquillas de protección de 35 mm Φ	0,11	0,65	0,04	0,80	UNIDAD	2,00	1,60
1.1.17	Conectores para tubería flexible de 20 mm Φ	0,59	3,45	0,21	4,24	UNIDAD	16,00	67,90
1.1.18	Conectores para tubería flexible de 35 mm Φ	0,94	5,52	0,33	6,79	UNIDAD	2,00	13,58
1.1.19	Canal tipo "c" de 4" e = 4.5mm, para soportería (trabajado)	1,58	4,52	0,27	6,38	Kg	27,00	172,15
1.1.20	Codos para tubería conduit de R = 130 mm, 20 mm Φ	0,88	2,50	0,15	3,53	UNIDAD	8,00	28,20
1.1.21	Codos para tubería conduit de R = 200 mm, 35 mm Φ	1,33	3,80	0,23	5,36	UNIDAD	2,00	10,72
1.1.22	Cableado y conexión de THW 3x4 +1x4 mm2	0,90	3,62	0,22	4,74	m	110,50	523,67
1.1.23	Cableado y conexión THW 3x10 + 1x10 mm2	1,94	7,75	0,47	10,16	m	24,00	243,72
1.1.24	Terminales de cobre para cable 4 mm2	0,35	2,35	0,14	2,84	UNIDAD	64,00	181,98
1.1.25	Terminales de cobre para cable 10 mm2	0,56	3,70	0,22	4,48	UNIDAD	8,00	35,82
1.1.26	Caja de terminales 120x160mm	2,83	8,08	0,48	11,39	UNIDAD	8,00	91,09
1.1.27	Caja de terminales 210x280mm	5,37	15,34	0,92	21,63	UNIDAD	1,00	21,63

Tabla N° 50.- Medrado y presupuesto del sistema de cargas de fuerza y aterramientos de TF-II

1.2 CIRCUITO DE FUERZA TF-II							(S/.)	3 076,94
PARTIDA	DESCRIPCIÓN	Costo M.O. (S/.)	Costo. MAT. (S/.)	Costo EQUIP. (S/.)	Costo Unitario (S/.)	UNIDAD	CANTIDAD	SUB TOTAL (S/.)
1.2.1	Tablero eléctrico para empotrar en pared de 18 polos	88,98	195,84	2,67	287,49	UNIDAD	1,00	287,49
1.2.2	Interruptor termomagnético de 3x30 A	11,12	110,98	0,33	122,43	UNIDAD	4,00	489,72
1.2.3	Interruptor termomagnético de 3x90 A	11,12	140,35	0,33	151,80	UNIDAD	1,00	151,80
1.2.4	Excavación para tubería de 20 y 40 mm F de 0.3m, suelo normal, a pulso	3,50	0,00	0,11	3,61	m	20,00	72,20
1.2.5	Demolición de piso E=4", en forma manual	8,14	0,00	0,24	8,38	m2	8,00	67,04
1.2.6	Picado de Muro de ladrillos para empotrado de tuberías y tablero	9,05	0,00	0,27	9,32	m2	1,50	13,98
1.2.7	Eliminación de excedentes manual c/volquete DH=30 metros, D=10km	14,71	0,00	49,32	64,03	m3	2,00	128,06
1.2.8	Relleno y compactado a mano con material refinado propio	11,63	0,00	0,35	11,98	m3	2,40	28,75
1.2.9	Resane de piso de cemento pulido E=4" MEZCLA 1:4	23,05	15,73	1,15	39,93	m2	8,00	319,42
1.2.10	Tarrajeo de muros interiores MEZ C:A 1:5 E=1.5cm	8,09	2,66	0,40	11,15	m2	1,50	16,73
1.2.11	Tubería conduit de 20 mm Φ, inc unión + 2% de desperdicio	2,41	6,65	0,07	9,13	m	31,00	283,03
1.2.12	Tubería conduit de 40 mm Φ, inc unión + 2% de desperdicio	3,47	16,36	0,10	19,93	m	9,00	179,37
1.2.13	Tubería conduit flexible de 20 mm Φ	3,34	9,53	0,57	13,44	m	8,00	107,50
1.2.14	Tubería conduit flexible de 40 mm Φ	3,32	19,55	1,17	24,05	m	2,00	48,09
1.2.15	Boquillas de protección de 20 mm Φ	0,09	0,55	0,03	0,68	UNIDAD	8,00	5,41
1.2.16	Boquillas de protección de 40 mm Φ	0,12	0,70	0,04	0,86	UNIDAD	2,00	1,72
1.2.17	Conectores para tubería flexible de 20 mm Φ	0,59	3,45	0,21	4,24	UNIDAD	8,00	33,95
1.2.18	Conectores para tubería flexible de 40 mm Φ	1,04	6,10	0,37	7,50	UNIDAD	2,00	15,01
1.2.19	Canal tipo "c" de 4" e = 4.5mm, para soportería (trabajado)	1,58	4,52	0,27	6,38	Kg	15,00	95,64
1.2.20	Codos para tubería conduit de R = 130 mm, 20 mm Φ	0,88	2,50	0,15	3,53	UNIDAD	8,00	28,20
1.2.21	Codos para tubería conduit de R = 255 mm, 40 mm Φ	1,86	5,30	0,32	7,47	UNIDAD	2,00	14,95
1.2.22	Cableado y conexión de THW 3x4 +1x4 mm2	0,90	3,62	0,22	4,74	m	38,75	183,64
1.2.23	Cableado y conexión THW 3x25 + 1x10 mm2	4,97	19,90	1,19	26,06	m	11,25	293,23
1.2.24	Terminales de cobre para cable 4 mm2	0,35	2,35	0,14	2,84	UNIDAD	32,00	90,99
1.2.25	Terminales de cobre para cable 10 mm2	0,56	3,70	0,22	4,48	UNIDAD	2,00	8,95
1.2.26	Terminales de cobre para cable 25 mm2	0,84	5,60	0,34	6,78	UNIDAD	6,00	40,66
1.2.27	Caja de terminales 120x160mm	2,83	8,08	0,48	11,39	UNIDAD	4,00	45,54
1.2.28	Caja de terminales 240x320mm	6,42	18,35	1,10	25,87	UNIDAD	1,00	25,87

Tabla N° 51.- Metrado y presupuesto del sistema de cargas de fuerza y aterramientos de TF-III

1.3 CIRCUITO DE FUERZA TF-III							(S/.)	2 855,32
PARTIDA	DESCRIPCIÓN	Costo M.O. (S/.)	Costo. MAT. (S/.)	Costo EQUIP. (S/.)	Costo Unitario (S/.)	UNIDAD	CANTIDAD	SUB TOTAL (S/.)
1.3.1	Tablero eléctrico para empotrar en pared de 18 polos	88,98	195,84	2,67	287,49	UNIDAD	1,00	287,49
1.3.2	Interruptor termomagnético de 3x30 A	11,12	110,98	0,33	122,43	UNIDAD	1,00	122,43
1.3.3	Interruptor termomagnético de 3x40 A	11,12	110,98	0,33	122,43	UNIDAD	3,00	367,29
1.3.4	Excavación para tubería de 20 y 25 mm □ de 0.3m, suelo normal, a pulso	3,50	0,00	0,11	3,61	m	27,00	97,47
1.3.5	Demolición de piso E=4", en forma manual	8,14	0,00	0,24	8,38	m2	10,80	90,50
1.3.6	Picado de Muro de ladrillos para empotrado de tuberías y tablero	9,05	0,00	0,27	9,32	m2	1,50	13,98
1.3.7	Eliminación de excedentes manual c/volquete DH=30 metros, D=10km	14,71	0,00	49,32	64,03	m3	2,00	128,06
1.3.8	Relleno y compactado a mano con material refinado propio	11,63	0,00	0,35	11,98	m3	3,24	38,82
1.3.9	Resane de piso de cemento pulido E=4" MEZCLA 1:4	23,05	15,73	1,15	39,93	m2	10,80	431,22
1.3.10	Tarrajeo de muros interiores MEZ C:A 1:5 E=1.5cm	8,09	2,66	0,40	11,15	m2	1,50	16,73
1.3.11	Tubería conduit de 20 mm □, inc unión + 2% de desperdicio	2,41	6,65	0,07	9,13	m	9,00	82,17
1.3.12	Tubería conduit de 25 mm □, inc unión + 2% de desperdicio	2,99	9,99	0,09	13,07	m	31,00	405,17
1.3.13	Tubería conduit flexible de 20 mm □	3,34	9,53	0,57	13,44	m	2,00	26,87
1.3.14	Tubería conduit flexible de 25 mm □	2,99	16,21	0,97	20,17	m	6,00	121,04
1.3.15	Boquillas de protección de 20 mm □	0,09	0,55	0,03	0,68	UNIDAD	2,00	1,35
1.3.16	Boquillas de protección de 25 mm □	0,09	0,55	0,03	0,68	UNIDAD	6,00	4,06
1.3.17	Conectores para tubería flexible de 20 mm □	0,59	3,45	0,21	4,24	UNIDAD	2,00	8,49
1.3.18	Conectores para tubería flexible de 25 mm □	0,59	3,45	0,21	4,24	UNIDAD	6,00	25,46
1.3.19	Canal tipo "c" de 4" e = 4.5mm, para soportería (trabajado)	1,58	4,52	0,27	6,38	kg	11,99	76,44
1.3.20	Codos para tubería conduit de R = 130 mm, 20 mm □	0,88	2,50	0,15	3,53	UNIDAD	2,00	7,05
1.3.21	Codos para tubería conduit de R = 150 mm, 25 mm □	0,98	2,80	0,17	3,95	UNIDAD	6,00	23,69
1.3.22	Cableado y conexión de THW 3x4 +1x4 mm2	0,90	3,62	0,22	4,74	m	11,25	53,31
1.3.23	Cableado y conexión THW 3x6 + 1x6 mm2	1,32	5,30	0,32	6,94	m	38,75	268,90
1.3.24	Terminales de cobre para cable 4 mm2	0,35	2,35	0,14	2,84	UNIDAD	8,00	22,75
1.3.25	Terminales de cobre para cable 6 mm2	0,38	2,56	0,15	3,10	UNIDAD	24,00	74,34
1.3.26	Caja de terminales 120x160mm	2,83	8,08	0,48	11,39	UNIDAD	1,00	11,39
1.3.27	Caja de terminales 150x200mm	4,04	11,55	0,69	16,29	UNIDAD	3,00	48,86

Tabla N° 52.- *Metrado y presupuesto del sistema de cargas de fuerza y aterramientos de TF-IV*

1.4 CIRCUITO DE FUERZA TF-IV							(S/.)	6 425,51
PARTIDA	DESCRIPCIÓN	Costo M.O. (S/.)	Costo. MAT. (S/.)	Costo EQUIP. (S/.)	Costo Unitario (S/.)	UNIDAD	CANTIDAD	SUB TOTAL (S/.)
1.4.1	Tablero eléctrico para empotrar en pared de 36 polos	133,46	296,11	4,00	433,57	UNIDAD	1,00	433,57
1.4.2	Interruptor termomagnético de 3x30 A	11,12	110,98	0,33	122,43	UNIDAD	8,00	979,44
1.4.3	Interruptor termomagnético de 3x40 A	11,12	110,98	0,33	122,43	UNIDAD	1,00	122,43
1.4.4	Interruptor termomagnético de 3x80 A	11,12	140,35	0,33	151,80	UNIDAD	1,00	151,80
1.4.5	Excavación para tubería de 20, 25 Y 35 mm □ de 0.3m, suelo normal, a pulso	3,50	0,00	0,11	3,61	m	73,20	264,25
1.4.6	Demolición de piso E=4", en forma manual	8,14	0,00	0,24	8,38	m2	29,28	245,37
1.4.7	Picado de Muro de ladrillos para empotrado de tuberías y tablero	9,05	0,00	0,27	9,32	m2	2,00	18,64
1.4.8	Eliminación de excedentes manual c/volquete DH=30 metros, D=10km	14,71	0,00	49,32	64,03	m3	3,50	224,11
1.4.9	Relleno y compactado a mano con material refinado propio	11,63	0,00	0,35	11,98	m3	8,78	105,23
1.4.10	Resane de piso de cemento pulido E=4" MEZCLA 1:4	23,05	15,73	1,15	39,93	m2	29,28	1 169,09
1.4.11	Tarrajeo de muros interiores MEZ C:A 1:5 E=1.5cm	8,09	2,66	0,40	11,15	m2	2,00	22,30
1.4.12	Tubería conduit de 20 mm □, inc unión + 2% de desperdicio	2,41	6,65	0,07	9,13	m	87,00	794,31
1.4.13	Tubería conduit de 25 mm □, inc unión + 2% de desperdicio	2,99	9,99	0,09	13,07	m	6,00	78,42
1.4.14	Tubería conduit de 35 mm □, inc unión + 2% de desperdicio	3,47	16,36	0,10	19,93	m	5,00	99,65
1.4.15	Tubería conduit flexible de 20 mm □	3,34	9,53	0,57	13,44	m	16,00	215,00
1.4.16	Tubería conduit flexible de 25 mm □	2,99	16,21	0,97	20,17	m	2,00	40,35
1.4.17	Tubería conduit flexible de 35 mm □	3,12	18,33	1,10	22,55	m	2,00	45,09
1.4.18	Boquillas de protección de 20 mm □	0,09	0,55	0,03	0,68	UNIDAD	16,00	10,82
1.4.19	Boquillas de protección de 25 mm □	0,09	0,55	0,03	0,68	UNIDAD	2,00	1,35
1.4.20	Boquillas de protección de 35 mm □	0,11	0,65	0,04	0,80	UNIDAD	2,00	1,60
1.4.21	Conectores para tubería flexible de 20 mm □	0,59	3,45	0,21	4,24	UNIDAD	16,00	67,90
1.4.22	Conectores para tubería flexible de 25 mm □	0,59	3,45	0,21	4,24	UNIDAD	2,00	8,49
1.4.23	Conectores para tubería flexible de 35 mm □	0,94	5,52	0,33	6,79	UNIDAD	2,00	13,58
1.4.24	Canal tipo "c" de 4" e = 4.5mm, para soportería (trabajado)	1,58	4,52	0,27	6,38	kg	29,97	191,09
1.4.25	Codos para tubería conduit de R = 130 mm, 20 mm □	0,88	2,50	0,15	3,53	UNIDAD	16,00	56,40
1.4.26	Codos para tubería conduit de R = 150 mm, 25 mm □	0,98	2,80	0,17	3,95	UNIDAD	2,00	7,90
1.4.27	Codos para tubería conduit de R = 200 mm, 35 mm □	1,33	3,80	0,23	5,36	UNIDAD	2,00	10,72
1.4.28	Cableado y conexión de THW 3x4 +1x4 mm2	0,90	3,62	0,22	4,74	m	108,75	515,37
1.4.29	Cableado y conexión THW 3x6 + 1x6 mm2	1,32	5,30	0,32	6,94	m	7,50	52,04
1.4.30	Cableado y conexión THW 3x16 + 1x10 mm2	3,20	12,79	0,77	16,76	m	6,25	104,72
1.4.31	Terminales de cobre para cable 4 mm2	0,35	2,35	0,14	2,84	UNIDAD	64,00	181,98
1.4.32	Terminales de cobre para cable 6 mm2	0,38	2,56	0,15	3,10	UNIDAD	8,00	24,78
1.4.33	Terminales de cobre para cable 10 mm2	0,56	3,70	0,22	4,48	UNIDAD	2,00	8,95
1.4.34	Terminales de cobre para cable 16 mm2	0,62	4,10	0,25	4,96	UNIDAD	6,00	29,77
1.4.35	Caja de terminales 120x160mm	2,83	8,08	0,48	11,39	UNIDAD	8,00	91,09
1.4.36	Caja de terminales 150x200mm	4,04	11,55	0,69	16,29	UNIDAD	1,00	16,29
1.4.37	Caja de terminales 210x280mm	5,37	15,34	0,92	21,63	UNIDAD	1,00	21,63

Tabla N° 53.- Medrado y presupuesto del sistema de cargas de fuerza y aterramientos de TF-V

1.5 CIRCUITO DE FUERZA TF-V							(S/.)	6 079,44
PARTIDA	DESCRIPCIÓN	Costo M.O. (S/.)	Costo. MAT. (S/.)	Costo EQUIP. (S/.)	Costo Unitario (S/.)	UNIDAD	CANTIDAD	SUB TOTAL (S/.)
1.5.1	Tablero eléctrico para empotrar en pared de 36 polos	133,46	296,11	4,00	433,57	UNIDAD	1,00	433,57
1.5.2	Interruptor termomagnético de 3x30 A	11,12	110,98	0,33	122,43	UNIDAD	10,00	1 224,30
1.5.3	Excavación para tubería de 20 mm $\Phi$ a 0.3m, suelo normal, a pulso	3,50	0,00	0,11	3,61	M	71,80	259,20
1.5.4	Demolición de piso E=4", en forma manual	8,14	0,00	0,24	8,38	m2	28,72	240,67
1.5.5	Picado de Muro de ladrillos para empotrado de tuberías y tablero	9,05	0,00	0,27	9,32	m2	2,00	18,64
1.5.6	Eliminación de excedentes manual c/volquete DH=30 metros, D=10km	14,71	0,00	49,32	64,03	m3	2,00	128,06
1.5.7	Relleno y compactado a mano con material refinado propio	11,63	0,00	0,35	11,98	m3	8,62	103,22
1.5.8	Resane de piso de cemento pulido E=4" MEZCLA 1:4	23,05	15,73	1,15	39,93	m2	28,72	1 146,73
1.5.9	Tarrajeo de muros interiores MEZ C:A 1:5 E=1.5cm	8,09	2,66	0,40	11,15	m2	2,00	22,30
1.5.10	Tubería conduit de 20 mm $\Phi$ , inc unión + 2% de desperdicio	2,41	6,65	0,07	9,13	M	101,80	929,43
1.5.11	Tubería conduit flexible de 20 mm $\Phi$	3,34	9,53	0,57	13,44	M	20,00	268,75
1.5.12	Boquillas de protección de 20 mm $\Phi$	0,09	0,55	0,03	0,68	UNIDAD	20,00	13,53
1.5.13	Conectores para tubería flexible de 20 mm $\Phi$	0,59	3,45	0,21	4,24	UNIDAD	20,00	84,87
1.5.14	Canal tipo "c" de 4" e = 4.5mm, para soportería (trabajado)	1,58	4,52	0,27	6,38	Kg	30,00	191,28
1.5.15	Codos para tubería conduit de R = 130 mm, 20 mm $\Phi$	0,88	2,50	0,15	3,53	UNIDAD	20,00	70,50
1.5.16	Cableado y conexión de THW 3x4 +1x4 mm2	0,90	3,62	0,22	4,74	M	127,25	603,04
1.5.17	Terminales de cobre para cable 4 mm2	0,35	2,35	0,14	2,84	UNIDAD	80,00	227,48
1.5.18	Caja de terminales 120x160mm	2,83	8,08	0,48	11,39	UNIDAD	10,00	113,86

Tabla N° 54.- Medrado y presupuesto del sistema de cargas de fuerza y aterramientos de TF-VI

1.6 CIRCUITO DE FUERZA TF-VI							(S/.)	4 611,46
PARTIDA	DESCRIPCIÓN	Costo M.O. (S/.)	Costo. MAT. (S/.)	Costo EQUIP. (S/.)	Costo Unitario (S/.)	UNIDAD	CANTIDAD	SUB TOTAL (S/.)
1.6.1	Tablero eléctrico para empotrar en pared de 30 polos	133,46	296,11	4,00	433,57	UNIDAD	1,00	433,57
1.6.2	Interruptor termomagnético de 3x30 A	11,12	110,98	0,33	122,43	UNIDAD	7,00	857,01
1.6.3	Interruptor termomagnético de 3x50 A	11,12	110,98	0,33	122,43	UNIDAD	1,00	122,43
1.6.4	Excavación para tubería de 20 y 30 mm □ a 0.3m, suelo normal, a pulso	3,50	0,00	0,11	3,61	m	42,70	154,15
1.6.5	Demolición de piso E=4", en forma manual	8,14	0,00	0,24	8,38	m2	17,08	143,13
1.6.6	Picado de Muro de ladrillos para empotrado de tuberías y tablero	9,05	0,00	0,27	9,32	m2	2,00	18,64
1.6.7	Eliminación de excedentes manual c/volquete DH=30 metros, D=10km	14,71	0,00	49,32	64,03	m3	2,00	128,06
1.6.8	Relleno y compactado a mano con material refinado propio	11,63	0,00	0,35	11,98	m3	5,12	61,39
1.6.9	Resane de piso de cemento pulido E=4" MEZCLA 1:4	23,05	15,73	1,15	39,93	m2	17,08	681,97
1.6.10	Tarrajeo de muros interiores MEZ C:A 1:5 E=1.5cm	8,09	2,66	0,40	11,15	m2	2,00	22,30
1.6.11	Tubería conduit de 20 mm □, inc unión + 2% de desperdicio	2,41	6,65	0,07	9,13	m	57,70	526,80
1.6.12	Tubería conduit de 35 mm □, inc unión + 2% de desperdicio	3,47	16,36	0,10	19,93	m	9,00	179,37
1.6.13	Tubería conduit flexible de 20 mm □	3,34	9,53	0,57	13,44	m	14,00	188,12
1.6.14	Tubería conduit flexible de 35 mm □	3,12	18,33	1,10	22,55	m	2,00	45,09
1.6.15	Boquillas de protección de 20 mm □	0,09	0,55	0,03	0,68	UNIDAD	14,00	9,47
1.6.16	Boquillas de protección de 35 mm □	0,11	0,65	0,04	0,80	UNIDAD	2,00	1,60
1.6.17	Conectores para tubería flexible de 20 mm □	0,59	3,45	0,21	4,24	UNIDAD	14,00	59,41
1.6.18	Conectores para tubería flexible de 35 mm □	0,94	5,52	0,33	6,79	UNIDAD	2,00	13,58
1.6.19	Canal tipo "c" de 4" e = 4.5mm, para soportería (trabajado)	1,58	4,52	0,27	6,38	kg	23,98	152,87
1.6.20	Codos para tubería conduit de R = 130 mm, 20 mm □	0,88	2,50	0,15	3,53	UNIDAD	14,00	49,35
1.6.21	Codos para tubería conduit de R = 200 mm, 35 mm □	1,33	3,80	0,23	5,36	UNIDAD	2,00	10,72
1.6.22	Cableado y conexión de THW 3x4 +1x4 mm2	0,90	3,62	0,22	4,74	m	72,13	341,80
1.6.23	Cableado y conexión THW 3x10 + 1x10 mm2	1,94	7,75	0,47	10,16	m	11,25	114,25
1.6.24	Terminales de cobre para cable 4 mm2	0,35	2,35	0,14	2,84	UNIDAD	56,00	159,24
1.6.25	Terminales de cobre para cable 10 mm2	0,56	3,70	0,22	4,48	UNIDAD	8,00	35,82
1.6.26	Caja de terminales 120x160mm	2,83	8,08	0,48	11,39	UNIDAD	7,00	79,70
1.6.27	Caja de terminales 210x280mm	5,37	15,34	0,92	21,63	UNIDAD	1,00	21,63

Tabla N° 55.- *Metrado y presupuesto del sistema de cargas de fuerza y aterramientos de TF-VII*

1.7 CIRCUITO DE FUERZA TF-VII							(S/.)	6 425,51
PARTIDA	DESCRIPCIÓN	Costo M.O. (S/.)	Costo. MAT. (S/.)	Costo EQUIP. (S/.)	Costo Unitario (S/.)	UNIDAD	CANTIDAD	SUB TOTAL (S/.)
1.7.1	Tablero eléctrico para empotrar en pared de 36 polos	133,46	296,11	4,00	433,57	UNIDAD	1,00	433,57
1.7.2	Interruptor termomagnético de 3x30 A	11,12	110,98	0,33	122,43	UNIDAD	8,00	979,44
1.7.3	Interruptor termomagnético de 3x40 A	11,12	110,98	0,33	122,43	UNIDAD	1,00	122,43
1.7.4	Interruptor termomagnético de 3x50 A	11,12	140,35	0,33	151,80	UNIDAD	1,00	151,80
1.7.5	Excavación para tubería de 20, 25 Y 35 mm Φ de 0.3m, suelo normal, a pulso	3,50	0,00	0,11	3,61	m	73,20	264,25
1.7.6	Demolición de piso E=4", en forma manual	8,14	0,00	0,24	8,38	m2	29,28	245,37
1.7.7	Picado de Muro de ladrillos para empotrado de tuberías y tablero	9,05	0,00	0,27	9,32	m2	2,00	18,64
1.7.8	Eliminación de excedentes manual c/volquete DH=30 metros, D=10km	14,71	0,00	49,32	64,03	m3	3,50	224,11
1.7.9	Relleno y compactado a mano con material refinado propio	11,63	0,00	0,35	11,98	m3	8,78	105,23
1.7.10	Resane de piso de cemento pulido E=4" MEZCLA 1:4	23,05	15,73	1,15	39,93	m2	29,28	1 169,09
1.7.11	Tarrajeo de muros interiores MEZ C:A 1:5 E=1.5cm	8,09	2,66	0,40	11,15	m2	2,00	22,30
1.7.12	Tubería conduit de 20 mm Φ, inc unión + 2% de desperdicio	2,41	6,65	0,07	9,13	m	87,00	794,31
1.7.13	Tubería conduit de 25 mm Φ, inc unión + 2% de desperdicio	2,99	9,99	0,09	13,07	m	6,00	78,42
1.7.14	Tubería conduit de 35 mm Φ, inc unión + 2% de desperdicio	3,47	16,36	0,10	19,93	m	5,00	99,65
1.7.15	Tubería conduit flexible de 20 mm Φ	3,34	9,53	0,57	13,44	m	16,00	215,00
1.7.16	Tubería conduit flexible de 25 mm Φ	2,99	16,21	0,97	20,17	m	2,00	40,35
1.7.17	Tubería conduit flexible de 35 mm Φ	3,12	18,33	1,10	22,55	m	2,00	45,09
1.7.18	Boquillas de protección de 20 mm Φ	0,09	0,55	0,03	0,68	UNIDAD	16,00	10,82
1.7.19	Boquillas de protección de 25 mm Φ	0,09	0,55	0,03	0,68	UNIDAD	2,00	1,35
1.7.20	Boquillas de protección de 35 mm Φ	0,11	0,65	0,04	0,80	UNIDAD	2,00	1,60
1.7.21	Conectores para tubería flexible de 20 mm Φ	0,59	3,45	0,21	4,24	UNIDAD	16,00	67,90
1.7.22	Conectores para tubería flexible de 25 mm Φ	0,59	3,45	0,21	4,24	UNIDAD	2,00	8,49
1.7.23	Conectores para tubería flexible de 35 mm Φ	0,94	5,52	0,33	6,79	UNIDAD	2,00	13,58
1.7.24	Canal tipo "c" de 4" e = 4.5mm, para soportería (trabajado)	1,58	4,52	0,27	6,38	kg	29,97	191,09
1.7.25	Codos para tubería conduit de R = 130 mm, 20 mm Φ	0,88	2,50	0,15	3,53	UNIDAD	16,00	56,40
1.7.26	Codos para tubería conduit de R = 150 mm, 25 mm Φ	0,98	2,80	0,17	3,95	UNIDAD	2,00	7,90
1.7.27	Codos para tubería conduit de R = 200 mm, 35 mm Φ	1,33	3,80	0,23	5,36	UNIDAD	2,00	10,72
1.7.28	Cableado y conexión de THW 3x4 +1x4 mm2	0,90	3,62	0,22	4,74	m	108,75	515,37
1.7.29	Cableado y conexión THW 3x6 + 1x6 mm2	1,32	5,30	0,32	6,94	m	7,50	52,04
1.7.30	Cableado y conexión THW 3x16 + 1x10 mm2	3,20	12,79	0,77	16,76	m	6,25	104,72
1.7.31	Terminales de cobre para cable 4 mm2	0,35	2,35	0,14	2,84	UNIDAD	64,00	181,98
1.7.32	Terminales de cobre para cable 6 mm2	0,38	2,56	0,15	3,10	UNIDAD	8,00	24,78
1.7.33	Terminales de cobre para cable 10 mm2	0,56	3,70	0,22	4,48	UNIDAD	2,00	8,95
1.7.34	Terminales de cobre para cable 16 mm2	0,62	4,10	0,25	4,96	UNIDAD	6,00	29,77
1.7.35	Caja de terminales 120x160mm	2,83	8,08	0,48	11,39	UNIDAD	8,00	91,09
1.7.36	Caja de terminales 150x200mm	4,04	11,55	0,69	16,29	UNIDAD	1,00	16,29
1.7.37	Caja de terminales 210x280mm	5,37	15,34	0,92	21,63	UNIDAD	1,00	21,63

Tabla N° 56.- *Metrado y presupuesto del sistema de cargas de fuerza y aterramientos De TG*

1.8 CIRCUITO DE FUERZA TG							(S/.)	65 917,07
PARTIDA	DESCRIPCIÓN	Costo M.O. (S/.)	Costo. MAT. (S/.)	Costo EQUIP. (S/.)	Costo Unitario (S/.)	UNIDAD	CANTIDAD	SUB TOTAL (S/.)
1.8.1	Tablero eléctrico auto soportado de 36 polos	180,23	1 453,50	45,30	1 679,03	UNIDAD	1,00	1 679,03
1.8.2	Banco de condensadores automático de 120kVAR	180,23	155,04	45,30	15 729,53	UNIDAD	1,00	15 729,53
1.8.3	Interruptor termomagnético de 3x30 A	11,12	110,98	0,33	122,43	UNIDAD	1,00	122,43
1.8.4	Interruptor termomagnético de 3x80 A	11,12	140,35	0,33	151,80	UNIDAD	1,00	151,80
1.8.5	Interruptor termomagnético de 3x90 A	11,12	140,35	0,33	151,80	UNIDAD	1,00	151,80
1.8.6	Interruptor termomagnético de 3x125 A	14,32	194,49	0,35	209,16	UNIDAD	1,00	209,16
1.8.7	Interruptor termomagnético de 3x150 A	14,32	233,39	0,35	248,06	UNIDAD	2,00	496,12
1.8.8	Interruptor termomagnético de 3x175 A	14,32	272,29	0,35	286,96	UNIDAD	2,00	573,92
1.8.9	Interruptor termomagnético de 3x225 A	21,16	350,09	0,35	371,60	UNIDAD	1,00	371,60
1.8.10	Interruptor termomagnético de 3x450 A	24,65	700,18	0,35	725,18	UNIDAD	2,00	1 450,35
1.8.11	Muro de ladrillos KK mezcla 1:4 tipo IV de saga	14,83	12,87	0,74	28,44	m2	11,28	320,80
1.8.12	Excavación para tubería de 0.3m, suelo normal, a pulso	3,50	0,00	0,11	3,61	m	105,10	379,41
1.8.13	Demolición de piso E=4", en forma manual	8,14	0,00	0,24	8,38	m2	52,55	440,37
1.8.14	Eliminación de excedentes manual c/volquete DH=30 metros, D=10km	14,71	0,00	49,32	64,03	m3	6,00	384,18
1.8.15	Relleno y compactado a mano con material refinado propio	11,63	0,00	0,35	11,98	m3	31,53	377,73
1.8.16	Resane de piso de cemento pulido E=4" MEZCLA 1:4	23,05	15,73	1,15	39,93	m2	52,55	2 098,22
1.8.17	Tarrajeo de muros interiores MEZ C:A 1:5 E=1.5cm	8,09	2,66	0,40	11,15	m2	22,56	251,54
1.8.18	Tubería conduit de 20 mm Φ, inc unión + 2% de desperdicio	2,41	6,65	0,07	9,13	m	6,00	54,78
1.8.19	Tubería conduit de 35 mm Φ, inc unión + 2% de desperdicio	2,99	9,99	0,09	13,07	m	25,70	335,90
1.8.20	Tubería conduit de 40 mm Φ, inc unión + 2% de desperdicio	3,47	16,36	0,10	19,93	m	46,10	918,77
1.8.21	Tubería conduit de 50 mm Φ, inc unión + 2% de desperdicio	5,17	21,63	0,16	26,96	m	182,60	4 922,90
1.8.22	Tubería conduit de 65 mm Φ, inc unión + 2% de desperdicio	6,21	28,89	0,19	35,29	m	53,60	1 891,54

Tabla N° 56 (Continuación).- Metrado y presupuesto del sistema de cargas de fuerza y aterramientos de TG

<b>PARTIDA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Costo M.O. (S/.)</b>	<b>Costo. MAT. (S/.)</b>	<b>Costo EQUIP. (S/.)</b>	<b>Costo Unitario (S/.)</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>SUB TOTAL (S/.)</b>
1.8.23	Tubería conduit de 100 mm $\Phi$ , inc unión + 2% de desperdicio.	9,15	40,56	0,19	49,90	m	5,00	249,50
1.8.24	Codos para tubería conduit de R = 130 mm, 20 mm $\Phi$	0,88	2,50	0,15	3,53	UNIDAD	2,00	7,05
1.8.25	Codos para tubería conduit de R = 200 mm, 35 mm $\Phi$	1,33	3,80	0,23	5,36	UNIDAD	2,00	10,72
1.8.26	Codos para tubería conduit de R = 255 mm, 40 mm $\Phi$	1,86	5,30	0,32	7,47	UNIDAD	4,00	29,89
1.8.27	Codos para tubería conduit de R = 255 mm, 50 mm $\Phi$	2,15	6,15	0,37	8,67	UNIDAD	10,00	86,72
1.8.28	Codos para tubería conduit de R = 255 mm, 65 mm $\Phi$	2,24	6,40	0,38	9,02	UNIDAD	2,00	18,05
1.8.29	Codos para tubería conduit de R = 285 mm, 100 mm $\Phi$	5,47	15,64	0,94	22,05	UNIDAD	2,00	44,10
1.8.30	Cableado y conexión de NYY 3x4 + 1x4 mm <sup>2</sup>	1,55	6,20	0,37	8,12	m	7,50	60,93
1.8.31	Cableado y conexión NYY 3x16 + 1x10 mm <sup>2</sup>	4,17	16,67	1,00	21,83	m	32,13	701,40
1.8.32	Cableado y conexión NYY 3x25 + 1x10 mm <sup>2</sup>	6,69	26,74	1,60	35,04	m	57,63	2018,90
1.8.33	Cableado y conexión NYY 3x35 + 1x10 mm <sup>2</sup>	7,59	30,36	1,82	39,77	m	101,50	4037,08
1.8.34	Cableado y conexión NYY 3x50 + 1x16 mm <sup>2</sup>	13,02	52,07	3,12	68,21	m	126,75	8645,43
1.8.35	Cableado y conexión NYY 3x70 + 1x25 mm <sup>2</sup>	15,50	62,02	3,72	81,24	m	67,00	5443,14
1.8.36	Cableado y conexión NYY 3x240 + 1x50 mm <sup>2</sup>	52,49	209,95	12,60	275,03	m	7,50	2062,76
1.8.37	Cableado y conexión NYY 3x300 + 1x50 mm <sup>2</sup>	61,24	244,96	14,70	320,90	m	20,00	6418,04
1.8.38	Terminales de cobre para cable 4 mm <sup>2</sup>	0,35	2,35	0,14	2,84	UNIDAD	4,00	11,37
1.8.39	Terminales de cobre para cable 10 mm <sup>2</sup>	0,56	3,70	0,22	4,48	UNIDAD	12,00	53,72
1.8.40	Terminales de cobre para cable 16 mm <sup>2</sup>	0,62	4,10	0,25	4,96	UNIDAD	10,00	49,61
1.8.41	Terminales de cobre para cable 25 mm <sup>2</sup>	0,84	5,60	0,34	6,78	UNIDAD	14,00	94,86
1.8.42	Terminales de cobre para cable 35 mm <sup>2</sup>	1,28	8,56	0,51	10,36	UNIDAD	18,00	186,44
1.8.43	Terminales de cobre para cable 50 mm <sup>2</sup>	1,63	10,86	0,65	13,14	UNIDAD	10,00	131,40
1.8.44	Terminales de cobre para cable 70 mm <sup>2</sup>	2,30	15,34	0,92	18,56	UNIDAD	6,00	111,37
1.8.45	Terminales de cobre para cable 240 mm <sup>2</sup>	4,53	30,21	1,81	36,55	UNIDAD	6,00	219,32
1.8.46	Terminales de cobre para cable 300 mm <sup>2</sup>	5,02	33,45	2,01	40,47	UNIDAD	6,00	242,85
1.8.47	Caja de paso de metal de e=3.00mm 480x550x450mm	134,82	385,20	23,11	543,13	UNIDAD	1,00	543,13
1.8.48	Caja de paso de metal de e=3.00mm 440x460x450mm	108,50	310,00	18,60	437,10	UNIDAD	1,00	437,10
1.8.49	Caja de paso de metal de e=3.00mm 340x360x450mm	96,43	275,50	16,53	388,46	UNIDAD	1,00	388,46
1.8.50	Caja de paso de metal de e=3.00mm 350x440x450mm	96,43	275,50	16,53	388,46	UNIDAD	1,00	388,46

Tabla N° 57.- Metrado y presupuesto del pozo de tierra para los tableros y circuitos de fuerza

2.1 POZO DE TIERRA PARA TABLEROS DE FUERZA (25 ohm > Rt)							(S/.)	752.69
PARTIDA	DESCRIPCIÓN	Costo M.O. (S/.)	Costo. MAT. (S/.)	Costo EQUIP. (S/.)	Costo Unitario (S/.)	UNIDAD	CANTIDAD	SUB TOTAL (S/.)
2.1.1	Varilla de cobre electrolítico de 2.4m x 3/4"	12,25	136,85	8,21	157,31	UNIDAD	1,00	157,31
2.1.2	Arcilla de ventonita	0,25	0,70	0,04	0,99	kg	45,00	44,42
2.1.3	Conductor de cobre de 50mm2	3,33	9,52	0,57	13,42	m	15,00	201,35
2.1.4	Conectores de cobre	5,62	16,05	0,96	22,63	UNIDAD	2,00	45,27
2.1.5	Caja de registro de concreto	12,25	35,00	2,10	49,35	UNIDAD	1,00	49,35
2.1.6	Tierra de chacra	47,90	35,00	2,10	85,00	m3	3,00	255,00

Tabla N° 58.- Metrado y presupuesto del pozo de tierra para los tableros alumbrado y tomacorrientes

2.2 POZO DE TIERRA PARA TABLEROS I, II y III (25 ohm > Rt)							(S/.)	651,23
PARTIDA	DESCRIPCIÓN	Costo M.O. (S/.)	Costo. MAT. (S/.)	Costo EQUIP. (S/.)	Costo Unitario (S/.)	UNIDAD	CANTIDAD	SUB TOTAL (S/.)
2.2.1	Varilla de cobre electrolítico de 2.4m x 5/8"	12,50	101,15	6,07	119,72	UNIDAD	1,00	119,72
2.2.2	Arcilla de Ventonita	0,25	0,70	0,04	0,99	Kg	45,00	44,42
2.2.3	Conductor de cobre de 25mm <sup>2</sup>	2,28	6,50	0,39	9,17	M	15,00	137,48
2.2.4	Conectores de cobre	5,62	16,05	0,96	22,63	UNIDAD	2,00	45,27
2.2.5	Caja de registro de concreto	12,25	35,00	2,10	49,35	UNIDAD	1,00	49,35
2.2.6	Tierra de chacra	47,90	35,00	2,10	85,00	m <sup>3</sup>	3,00	255,00

Tabla N° 59.- Metrado y presupuesto del sistema de iluminación y tomacorrientes TD-I

<b>3.1 CIRCUITO DE DISTRIBUCION TD-I</b>							(S/.)	<b>12 660,19</b>
<b>PARTIDA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Costo M.O. (S/.)</b>	<b>Costo. MAT. (S/.)</b>	<b>Costo EQUIP. (S/.)</b>	<b>Costo Unitario (S/.)</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>SUB TOTAL (S/.)</b>
3.1.1	Tablero eléctrico para empotrar en pared de 18 polos	88,98	195,84	2,67	287,49	UNIDAD	1,00	287,49
3.1.2	Interruptor termomagnético de 2x15 A	8,35	32,64	0,25	41,24	UNIDAD	3,00	123,72
3.1.3	Interruptor termomagnético de 3x30 A	11,12	110,98	0,33	122,43	UNIDAD	2,00	244,86
3.1.4	Interruptor termomagnético de 3x90 A	11,12	140,35	0,33	151,80	UNIDAD	1,00	151,80
3.1.5	Salida para tomacorrientes de fuerza de 25A, TUB. CONDUIT 3/4 emp. En piso, Cable 4mm2 IP 55	112,60	158,01	5,63	276,24	UNIDAD	24,00	6 629,76
3.1.6	Salida para techo C/TUB SAP 3/4 CABLE 2.5mm2	33,78	36,98	1,01	71,77	UNIDAD	20,00	1 435,40
3.1.7	Artefacto de luz, fluorescentes 2x36w, luminaria industrial para suspender	33,78	65,50	0,33	99,61	UNIDAD	14,00	1 394,54
3.1.8	Artefacto de luz, Halogenuro metálico 250w,	33,78	364,99	0,33	398,77	UNIDAD	6,00	2 392,62

Tabla N° 60.- Metrado y presupuesto del sistema de iluminación y tomacorrientes TD-II

3.2 CIRCUITO DE DISTRIBUCION TD-II							(S/.)	15 276,73
PARTIDA	DESCRIPCIÓN	Costo M.O. (S/.)	Costo. MAT. (S/.)	Costo EQUIP. (S/.)	Costo Unitario (S/.)	UNIDAD	CANTIDAD	SUB TOTAL (S/.)
3.2.1	Tablero eléctrico para empotrar en pared de 18 polos	88,98	195,84	2,67	287,49	UNIDAD	1,00	287,49
3.2.2	Interruptor termomagnético de 2x15 A	8,35	32,64	0,25	41,24	UNIDAD	3,00	123,72
3.2.3	Interruptor termomagnético de 3x30 A	11,12	110,98	0,33	122,43	UNIDAD	2,00	244,86
3.2.4	Interruptor termomagnético de 3x90 A	11,12	140,35	0,33	151,80	UNIDAD	1,00	151,80
3.2.5	Salida para tomacorrientes de fuerza de 25A, TUB CONDUIT 3/4 emp en piso, Cable 4mm2 IP 55	112,6	158,01	5,63	276,24	UNIDAD	22,00	6077,28
3.2.6	Salida para techo C/TUB SAP 3/4 CABLE 2.5mm2	33,78	36,98	1,01	71,77	UNIDAD	35,00	2511,95
3.2.7	Artefacto de luz, fluorescentes 2x36w, luminaria industrial para suspender	33,78	65,50	0,33	99,61	UNIDAD	27,00	2689,47
3.2.8	Artefacto de luz, Halogenuro metálico 250 W	33,78	364,99	0,33	398,77	UNIDAD	8,00	3190,16

Tabla N° 61.- Metrado y presupuesto del sistema de iluminación y tomacorrientes TD-III

<b>3.3 CIRCUITO DE DISTRIBUCION TD-III</b>							<b>(S/.)</b>	<b>3 162,60</b>
<b>PARTIDA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Costo M.O. (S/.)</b>	<b>Costo. MAT. (S/.)</b>	<b>Costo EQUIP. (S/.)</b>	<b>Costo Unitario (S/.)</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>SUB TOTAL (S/.)</b>
3.3.1	Tablero eléctrico para empotrar en pared de 30 polos	66,73	161,57	2,00	230,30	UNIDAD	1,00	230,30
3.3.2	Interruptor termomagnético de 2x15 A	8,35	32,64	0,25	41,24	UNIDAD	2,00	82,48
3.3.3	Interruptor termomagnético de 3x30 A	11,12	110,98	0,33	122,43	UNIDAD	1,00	122,43
3.3.4	Salida para tomacorrientes BIPOL DOBLE C/TUB SAP 3/4 cable 2.5mm2	42,23	23,31	2,11	67,65	UNIDAD	14,00	947,10
3.3.5	Salida para techo o pared C/TUB SAP 3/4 CABLE 2.5mm2	33,78	36,98	1,01	71,77	UNIDAD	12,00	861,24
3.3.6	Artefacto de luz, foco ahorrador 25x125, luminaria niquelada	24,35	26,90	1,69	52,94	UNIDAD	12,00	635,28
3.3.7	Salida para línea telefónica	32,67	18,82	1,63	53,12	UNIDAD	2,00	106,24
3.3.8	Salida para timbre zumbador SAP, cable 1.5mm2	66,73	54,34	3,34	124,41	UNIDAD	1,00	124,41
3.3.9	Salida para señal de TV	32,67	18,82	1,63	53,12	UNIDAD	1,00	53,12

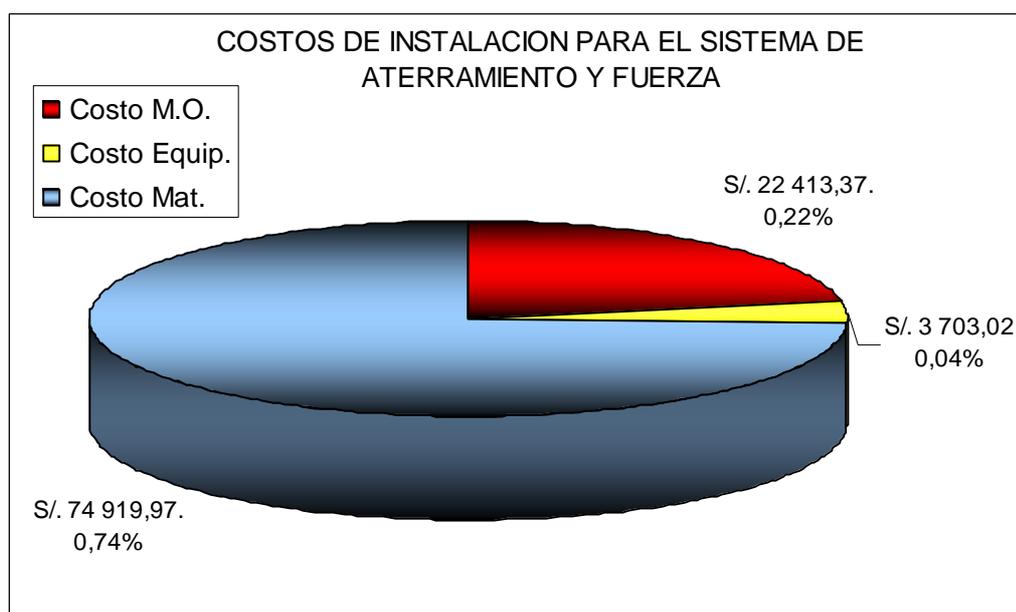
Ahora mostraremos a continuación la tabla de resumen correspondiente al costo de instalación por cada sección.

*Tabla N° 62.- Resumen de costos de instalación*

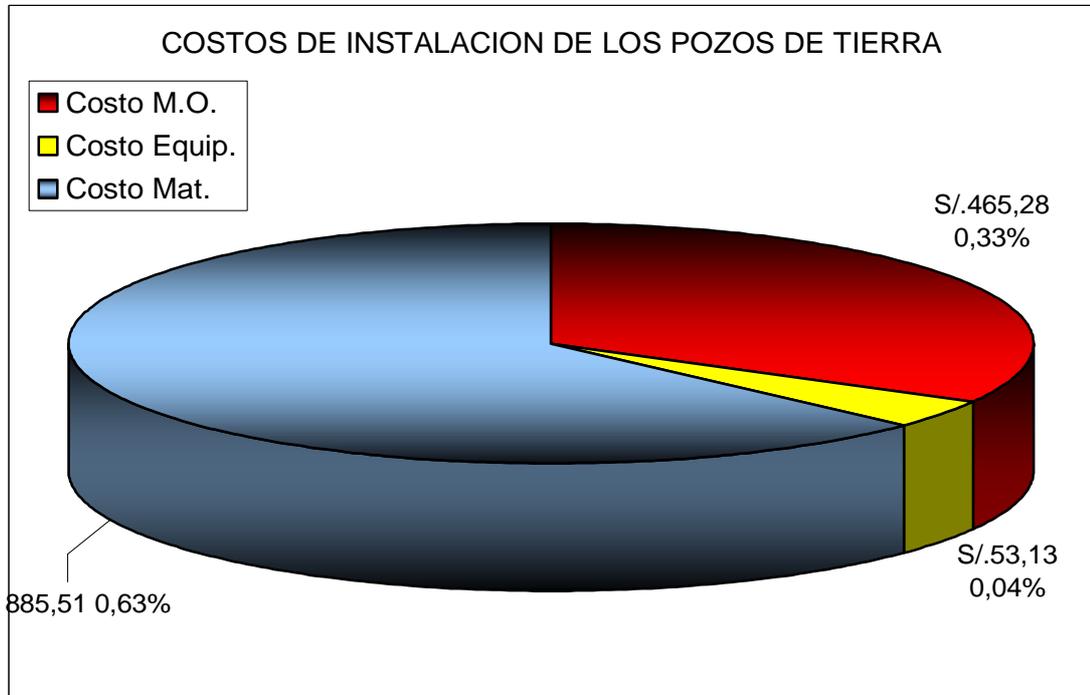
<i>SECCIÓN</i>	<i>Costo M.O. (S/.)</i>	<i>Costo EQUIP. (S/.)</i>	<i>Costo. MAT. (S/.)</i>	<i>SUB TOTAL (S/.)</i>
Iluminación y Tomacorrientes	10 738,25	414,50	19 946,77	31 099,52
Pozos de Tierra	465,28	53,13	885,51	1 403,92
Fuerza y Aterramientos	22 413,37	3 703,02	74 919,97	101 036,37
			<b>Total (S/.)</b>	<b>133 539,81</b>

De la tabla anterior, podemos cuantificar claramente que costo tiene mayor incidencia sobre el costo total de la instalación, esto es útil para tener mayor control y mayor cuidado al momento de planificar la ejecución del proyecto de instalaciones.

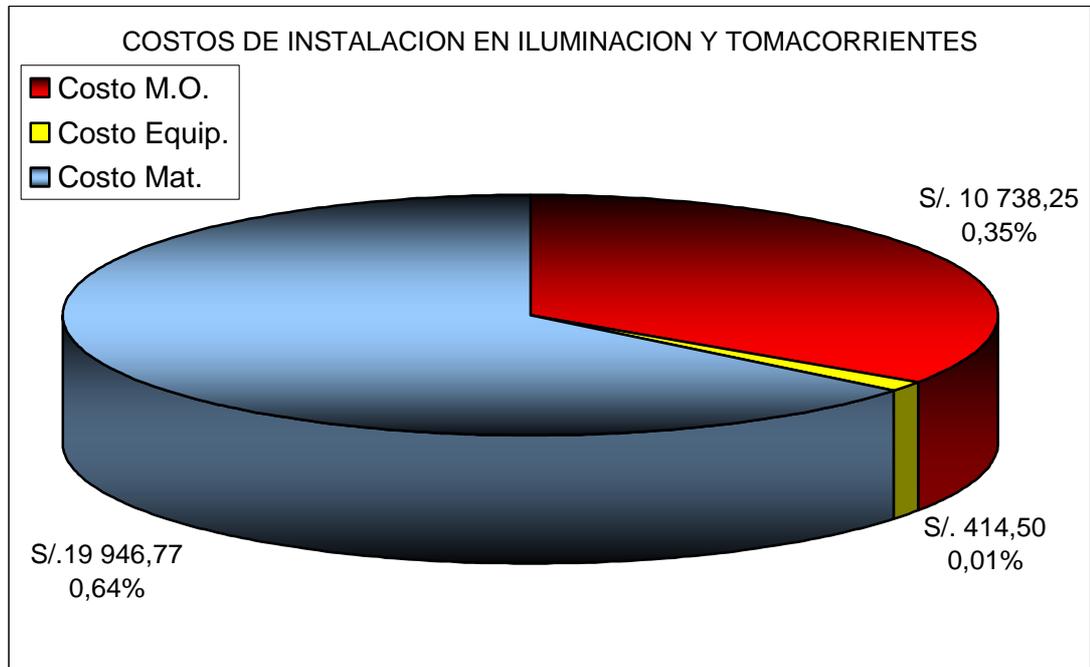
*Cuadro N° 15.- Costos de instalación para el sistema de fuerza y aterramiento*



*Cuadro N° 16.- Costos de instalación para los pozos de tierra*



*Cuadro N° 17.- Costos De Instalación Para Iluminación y Tomacorrientes*



Por ultimo; pero no menos importante, es recomendable tener en cuenta el costo de una instalación eléctrica por m<sup>2</sup> de área construida; así como el costo unitario por potencia instalada. Esto es posible calcular dividiendo cada costo de instalación involucrado ente el área del predio y la potencia instalada en este que para el caso de N. & A. E.I.R.L. son los siguientes:

Potencia Instalada (Kw) : 229,16 (De la Tabla N° 46)

Área de la planta (m<sup>2</sup>) : 1 491,80 (De Plano N° 1)

Costo De instalación eléctrica por m<sup>2</sup> construido:

$$\text{CIE-m}^2 = 133\,539,81 / 1\,491,80 = 81,52 \text{ S/-m}^2$$

Costo de la Instalación eléctrica por KW instalado:

$$\text{CIE-KW} = 133\,539,81 / 229,16 = 582,73 \text{ S/-kw}$$

## CONCLUSIONES

1. Se han puesto de manifiesto las deficiencias en cuanto a las instalaciones eléctricas de una empresa industrial en crecimiento, típica del sector metalmecánica. Estas deficiencias tienen un periodo de tipo similar al propio funcionamiento de la planta, lo que nos hace deducir que no es solo voluntad de creatividad lo que hace de una empresa líder en un mercado si no también el conocimiento de las normas y su aplicación por el bien de todos los operarios y trabajadores que laboran en ella.
2. Se encuentra, dentro de estas deficiencias eléctricas, mayor cuidado en las instalaciones y maquinarias de producción, seguidas de las maquinarias para la reparación o maestranza y por último y más descuidadas las instalaciones que cubren las necesidades básicas para el trabajo como los circuitos de alumbrado. Esto se ve de manifiesto al observar la Tabla N° 15 en la que la mayoría de interruptores termomagnéticos están dispuestos para los procesos productivos, no existen elemento de protección alguno para el sistema de iluminación y al

no ver que existe un sistema de puesta tierra en ninguna parte de la planta o de las oficinas.

3. Se ha logrado presentar una alternativa para el cambio de las instalaciones eléctricas partiendo desde la reorganización de las máquinas o LAY OUT de la planta como se puede ver claramente comparando los Planos Nos. 1 y 2. Este cambio ha sido posible única y exclusivamente bajo el conocimiento del proceso de producción de la planta así como de la factibilidad de realizar este cambio teniendo en cuenta las embargaduras o tamaños de las máquinas.
4. Durante todo el desarrollo de la propuesta técnica para las instalaciones eléctricas para N. & A. E.I.R.L. se da conocimiento de las normas a en las que se basan los cálculos de conductores, potencia instalada, iluminación puesta a tierra entre otros, llegándose a cumplir con el principal objetivo del presente trabajo de tesis dando resultados que discrepan de las condiciones actuales de las instalaciones tanto en los sistemas de fuerza como en los de iluminación y tomacorrientes.
5. El diseño propuesto para las instalaciones eléctricas, desarrolla un concepto de seguridad a través del manejo y control de las máquinas por un tablero bien ubicado para rápido acceso para la desconexión de alguna máquina o circuito en falla franca, basado en el cumplimiento del CNE. Además de lo anterior se logra independizar los sistemas de puesta a tierra para los circuitos de fuerza y los circuitos de iluminación y de tomacorrientes, evitando la exposición de

descargas a tierra provenientes de los circuitos de fuerza a de los equipos de computo que hubiera en las oficinas.

6. Desde el punto de vista técnico y económico, se ha logrado dar una especial importancia al sistema de iluminación, dándole mayor libertad de aumentar la producción nocturna sin correr riesgo de accidente que algún trabajador pueda ser objeto por falta de visibilidad. Esto no hubiese sido posible al costo que se muestra en las Tablas Nos. 59 y 60, si es que no se hubiera optado por un sistema de iluminación mixto en la que intervengan fluorescentes y lámparas de halogenuro metálico debidamente colocadas.
7. Teniendo en cuenta que la planta posee un factor de potencia muy bajo ( $\text{Cos}\Phi=0,67$ ), se la compensación por medio de un banco de condensadores se muestra como una alternativa económica totalmente factible, demostrado por los valores de los indicadores de la Tabla N° 48, pues se considera una inversión factible, desde el punto de vista económico financiero, cuando los valores del VAN son mayores a cero y cuando la TIR es superior al 20 %.
8. Del metrado y presupuesto realizado encontramos que la mayor incidencia del costo de una instalación industrial radica en los materiales, con un promedio del 72% del valor de la instalación, se convierte en la mayor preocupación desde el punto de vista material de un Ing. residente pues la pérdida, robo o deterioro involucrara un sobre costo al proyecto. Además debemos de mencionar que el costo por la mano de obra tiene una incidencia que va por el

orden del 25% y es el rendimiento del trabajador el que puede generar sobre utilidades o sobre costos, por tal motivo que el bienestar del trabajador va ligado íntegramente con el bienestar de la ejecución de un proyecto.

9. Se dan a conocer índices técnico económicos útiles para la estimación del costo de una instalación eléctrica de una industria metalmecánica típica con los valores unitarios de inversión por kW instalado y por m<sup>2</sup> de área construida. Dando una herramienta practica para el ingeniero proyectista o montanista

## **BIBLIOGRAFÍA**

- 1. CÓDIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD "SISTEMA DE UTILIZACIÓN" TOMO V**

R.M N° 139-1982-EM/DGE (p. 02/Junio/1982)

- 2. CÓDIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD "SUMINISTRO"**

R.M N° 366-2001-EM/VME (p. 06/Agosto/2001)

- 3. NORMA DE ALUMBRADO DE INTERIORES Y CAMPOS DEPORTIVOS**

R.D. N° 168-82-EM/DGE 31.05.1982, Norma DGE 017-AI-1/1982

- 4. NORMA DE DETERMINACIÓN DEL EXCESO DE POTENCIA DE SUMINISTROS EN BAJA TENSIÓN Y NORMALIZACIÓN DE POTENCIAS A CONTRATAR**

R.D. N° 192-86-EM/DGE 18.12.1986, Norma N° DGE N° 001-86-EM/DGE

**5. NORMA DE CONEXIONES PARA SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA HASTA 10 Kw**

R.D. N° 080-78-EM/DGE 16.03.1978, Norma N° DGE 011-CE-1

**6. NORMA DE CABLES DE ENERGÍA EN REDES DE DISTRIBUCIÓN SUBTERRÁNEA.**

R.D. N° 039-87-EM/DGE 1978.04.24 , Norma N° DGE 013-CS-1/1978

**7. CÁLCULO DE CAIDAS DE TENSIÓN**

Guía práctica Anexo-2 2003, Ministerio de la Ciencia y la Tecnología de España

**8. NORMA DGE – SIMBOLOS GRAFICOS EN ELECTRICIDAD**

Secciones 1 hasta la sección 15

**9. SIGNIFICADOS Y EXPLICACIÓN DE LOS CÓDIGOS IP E IK**

Guía práctica Anexo-1 2003, Ministerio de la Ciencia y la Tecnología de España

**10. INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN OBRAS DE CONSTRUCCIÓN**

Norma técnica de prevención NTP 271, ministerio del trabajo, España 2002

**11. CATÁLOGOS DE CABLES INDECO**

**12. CÁATALOGOS DE CABLES CEPER**

## **APÉNDICE**

*Tabla N° 63.- Capacidad de corriente admisible para cables NYY multipolares o un sistema de cables unipolares tendidos y funcionando bajo suelo.*

Sección Nominal	0.6/1 KV			
	1 Conductor		2 Conductores	3 y 4 Conductores
	Disposición			
	PLANO	TREBOL		
mm <sup>2</sup>	A	A	A	A
6	-	-	67	55
10	-	-	87	73
16	-	-	110	95
25	-	-	140	130
35	-	-	170	160
50	-	-	200	190
70	-	-	250	235
120	-	-	345	320
185	485	425	440	395
300	635	555	570	515
500	800	700	-	-

Norma N° DGE 013-CS-1/1978

*Tabla N° 64.- Categorías y valores de iluminación para tipos genéricos de actividades en interiores.*

<b>Tipo de Actividad</b>	<b>Categoría de Iluminación</b>	<b>Iluminación Nominal lx</b>
Espacios públicos con alrededores oscuros.	A	20 – 30 – 50
Simple orientación para visitas cortas temporales.	B	50 – 75 – 100
Recintos de trabajo donde las tareas visuales sólo ocasionalmente.	C	100 – 150 – 200
Realización de tareas visuales de gran contraste o gran tamaño.	D	200 – 300 – 500
Realización de tareas visuales de contraste medio o pequeño tamaño.	E	500 – 750 – 1000
Realización de tareas visuales de bajo contraste muy pequeño tamaño.	F	1000 – 1500 – 2000
Realización de tareas visuales de bajo contraste o muy pequeño tamaño a través de un prolongado periodo.	G	2000 – 3000 – 5000
Realización de tareas visuales muy prolongadas y exactas.	H	5000 – 7500 - 10000

Norma DGE 017-AI-1/1982

Tabla N° 65.- Cargo de energía en opción tarifaria BT4

<i>Tarifa</i>	<i>Descripcion</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cargo (Sin IGV)</i>
TARIFA BT4:	TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE UNA POTENCIA 1E1P		
	Cargo Fijo Mensual	S./cliente	4,02
	Cargo por Energía Activa	ctm. S./kW.h	13,58
	Cargo por Potencia Contratada o Máxima Demanda para Clientes:		
	Presentes en Punta	S./kW-mes	66,85
	Presentes Fuera de Punta	S./kW-mes	60,69
	Alumbrado Público	S./kW-mes	86,07
	<b>Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa</b>	<b>ctm. S./kVarh</b>	<b>4,15</b>

## **PLANOS**