

Trabajo de Diploma

En opción al título de Ingeniero Eléctrico

Tema: Estudio del Sistema Eléctrico de la Empresa Puerto Moa en vista a su separación del circuito OH-2 de la fábrica Pedro Sotto Alba.

Autor: Raúl Adrián Bravo López.

Tutores: MSc. Odalys Robles Laurencio.

Ing. Emilio Reyes Reyes.

Moa, Curso 2013-2014

"Año 56 de la Revolución"

Declaración de Autoridad:

Con relación al contenido de la presente tesis, el autor es responsable y certifica la propiedad intelectual a favor del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa Dr. "Antonio Núñez Jiménez", el cual podrá hacer el uso que estime pertinente con los resultados.

Para que así conste firmamos la presente:

A los ---- días del mes de ----- del -----

Raúl Adrián Bravo López

MSc. Odalys Robles Laurencio.

Ing. Emilio Reyes Reyes

Pensamiento:

"Mientras no seamos un pueblo realmente ahorrativo, que sepamos emplear con sabiduría y con responsabilidad cada recurso, no nos podemos llamar un pueblo eternamente revolucionario".

Fidel Castro Ruz



Dedicatoria:

Dedico este trabajo a Dios por darme la oportunidad de llegar hasta aquí. A mis padres por su dedicación y entrega en mi crianza, por sus sabios consejos y su incondicional amor. A mi hermana porque a pesar de vivir lejos siempre está conmigo. A mi novia por su comprensión y apoyo en todo este tiempo.

A mis tutores por la ayuda brindada en la realización de este trabajo.

A mis amigos, al resto de mi familia y en general a cada persona que ha hecho posible mi formación como profesional.

Resumen:

En este trabajo se realiza un estudio del Sistema Eléctrico de la Empresa Puerto Moa “Comandante Raúl Díaz Arguelles”, mostrándose la necesidad de realizar mejoras en su sistema eléctrico de distribución, lo cual contribuirá a la separación del mismo del circuito OH-2 de la fábrica de níquel Comandante “Pedro Sotro Alba” y permitirá reducir las pérdidas eléctricas en la empresa.

Se detallan las características del sistema eléctrico de la empresa y se describe su proceso tecnológico.

Se realiza un levantamiento de las cargas instaladas con lo cual se actualizan los diagramas monolineales por cada centro de carga.

Mediante las mediciones realizadas se calculan las pérdidas de energía eléctrica existentes, tanto en las líneas de distribución como las originadas por los transformadores.

Se diagnostican los principales problemas que afectan al sistema eléctrico de la empresa, proponiéndose un conjunto de medidas para su mejoramiento.

Se hace una valoración técnico-económica de las medidas propuestas, y por último se analiza el impacto medioambiental que significa el uso de las mismas.

Abstract:

In this work it's carried out a study of the Electric System AT the Port Moa Company "Major Raúl Díaz Arguelles", being shown the necessity to carry out improvements in their electric system of distribution, that will contribute to the separation of the same circuit OH2 of the nickel factory "Major Pedro Sotto Alba" and it will allow to reduce the electric losses in the company.

The characteristics of the company electric system are detailed and its technological process is described.

It's carried out a rising of the loads installed therefore the monolineal diagrams are upgraded by each load center.

Through the realized measurements the current electric power losses are calculated, such as in the distribution lines like those originated by the transformers.

The main problems that affect the electric system of the company are diagnosed, suggesting a group of measures for their improvement.

A technician-economic valuation of the measures suggested is made, and final the environmental impact that means the use of the same ones it's analyzed.

Índice

| | |
|--|-----------|
| Introducción General: | 1 |
| Capítulo 1_Marco teórico de la investigación y breve descripción del proceso tecnológico de la Empresa Puerto Moa | 4 |
| 1.1 Introducción | 4 |
| 1.2 Análisis Bibliográfico | 4 |
| 1.3 Aspectos importantes sobre los sistemas eléctricos..... | 6 |
| 1.3.1 Partes fundamentales de un sistema eléctrico | 6 |
| 1.3.2 Clasificación de los consumidores de energía eléctrica..... | 7 |
| 1.3.3 Pérdidas de energía eléctrica | 8 |
| 1.3.4 Calidad del servicio eléctrico | 10 |
| 1.4 Descripción del proceso tecnológico en la Empresa Puerto Moa | 13 |
| 1.5 Descripción del sistema de suministro eléctrico de la Empresa | 16 |
| 1.6 Conclusiones | 18 |
| Capítulo 2_Análisis y diagnóstico del Sistema Eléctrico de la Empresa Puerto Moa | 19 |
| 2.1 Introducción | 19 |
| 2.2 Determinación de las cargas eléctricas | 19 |
| 2.3 Actualización de los diagramas monolineales por centros de carga..... | 24 |
| 2.4 Análisis de las pérdidas en el sistema eléctrico de la Empresa..... | 25 |
| 2.4.1 Pérdidas técnicas por transporte | 25 |
| 2.4.2 Pérdidas de potencia en los transformadores eléctricos..... | 29 |
| 2.5 Diagnóstico del sistema eléctrico de la Empresa Puerto Moa (EPM) | 34 |
| 2.6 Posibles medidas a aplicar para el mejoramiento del sistema eléctrico de la EPM | 35 |
| 2.6.1 Cambio de transformadores | 36 |
| 2.6.2 Cambio del calibre de los conductores de las líneas | 36 |
| 2.6.3 Conexión de banco condensadores..... | 38 |

| | |
|---|------------|
| 2.7 Conclusiones | 40 |
| Capítulo 3_Valoración técnica – económica del trabajo e impacto medio ambiental..... | 42 |
| 3.1 Introducción | 42 |
| 3.2 Desarrollo de las medidas propuestas..... | 42 |
| 3.2.1 Pérdidas eléctricas con el cambio de calibre de los conductores de las líneas | 43 |
| 3.2.2 Pérdidas eléctricas con el cambio de transformadores..... | 44 |
| 3.2.3 Pérdidas eléctricas con la conexión de bancos condensadores..... | 47 |
| 3.3 Evaluación de las medidas propuestas..... | 50 |
| 3.4 Valoración económica de la investigación: | 52 |
| 3.4.1 Estudio de factibilidad económica Caso 1 | 53 |
| 3.4.2 Estudio de factibilidad económica Caso 2 | 54 |
| 3.4.3 Estudio de factibilidad económica Caso 3 | 55 |
| 3.5 Valoración ecológica e impacto medioambiental | 58 |
| 3.6 Conclusiones | 59 |
| Conclusiones generales..... | 61 |
| Recomendaciones..... | 62 |
| Bibliografía..... | 63 |
| Anexo #1_Levantamiento de las cargas instaladas.....I | I |
| Anexo #2_Mediciones realizadas.....IX | IX |
| Anexo #3_Diagramas monolineales.....XVI | XVI |

Introducción General:

Durante los últimos años el estado cubano ha efectuado una reforma económica, que viene empujando la modernización de nuestro país. Una de esas medidas ha consistido en el sinceramiento del mercado energético, teniéndose en la actualidad los precios y las tarifas en sus valores reales. Esto, sumado al logro de una menor inflación y devaluación, permite que la población y los agentes productivos y de servicios puedan realizar acciones de ahorro de energía, y ver los frutos de sus esfuerzos, que de no haber una estabilidad económica no podrían percibirse. Desde el año 2000, el antiguo Ministerio de industria básica (MINBAS) hoy MINEM, viene desarrollando una campaña informativa de ahorro de energía muy intensa a nivel del sector industrial, que tiene como objetivo la mejora de los hábitos de consumo en las entidades que acoge y la inducción al uso de equipos eficientemente energéticos, habiéndose obtenido hasta la fecha resultados muy favorables para el país. Cuba dedica más 50% del combustible para el suministro de energía eléctrica, estos se traduce a más de 4 millones de toneladas al año. Es crucial para hacer un uso óptimo de esta energía contar con un sistema de distribución que proporcione el mínimo de pérdidas técnicas. A nivel del sector productivo y de servicios, el objetivo es lograr el desarrollo de los programas de ahorro de energía a través de la formación y dinamización de un mercado de eficiencia energética, cuyo motor sean las propias fuerzas del mercado.

La Empresa Puerto Moa “Comandante Raúl Díaz Arguelles” (EPM) tiene más de 35 años prestando servicios a las diferentes empresas del Grupo Empresarial CUBANÍQUEL. A través del Puerto se establece un importante y vital intercambio económico con el exterior, principalmente relacionado con la industria del níquel.

Desde su surgimiento la empresa ha recibido el suministro de energía eléctrica de la fábrica de níquel "Comandante Pedro Sotto Alba" (PSA) a través del circuito OH-2, siendo ésta la encargada del cobro de dicho servicio. Dentro de la Empresa Puerto Moa radican otras entidades estatales relacionadas con la actividad portuaria pero que pertenecen a otros ministerios, cuyos consumos de electricidad son adicionados al

consumo general de la empresa incrementándose el costo del kWh debido a las tarifas establecidas por la PSA, quien realiza el cobro sin desglosar el consumo de cada una de dichas entidades por separado. Por otro lado la EPM ha presentado diversos problemas en su sistema eléctrico de distribución que incluyen deterioro de las líneas por falta de mantenimiento sistemático, inadecuada distribución de carga de sus transformadores y existencia de un bajo factor de potencia dando lugar así a la aparición significativa de pérdidas eléctricas, siendo estas la **situación problemática existente**.

Problema: Notables pérdidas de potencia en la Empresa Puerto Moa “Comandante Raúl Díaz Arguelles”.

Hipótesis: Si se realiza un estudio del Sistema Eléctrico de la Empresa Puerto Moa que permita determinar las principales causas de las pérdidas de potencia existentes, se podrá definir el conjunto de medidas para erradicar dichas pérdidas y reducir los gastos de la empresa por éste concepto.

Objetivo General: Realizar un estudio del Sistema Eléctrico de la Empresa Puerto Moa “Comandante Raúl Díaz Arguelles” que permita reducir los gastos por concepto de pérdidas eléctricas presentes en el mismo.

Objeto de estudio: Sistema de suministro eléctrico de la Empresa Puerto Moa.

Campo de acción: Eficiencia del Suministro Eléctrico.

Objetivos específicos:

1. Determinar el marco teórico correspondiente a los Sistemas de Suministro Eléctrico.
2. Actualizar los diagramas monolineales por cada centro de carga.
3. Realizar un diagnóstico de la eficiencia del sistema eléctrico de la empresa.
4. Proponer medidas para disminuir los consumos y mejorar el sistema eléctrico de la empresa.
5. Evaluar la factibilidad económica y el impacto medio ambiental de la propuesta.

Métodos a emplear en el desarrollo de la investigación

En el diseño de la investigación, se tuvieron en cuenta los siguientes métodos:

Análisis y Síntesis: Para el estudio y análisis del comportamiento del sistema eléctrico en la Empresa Puerto Moa, se tomaron en cuenta los antecedentes y los trabajos precedentes realizados anteriormente, en función del mejoramiento de los circuitos para la reducción de las pérdidas.

Histórico-Lógico: Para el análisis y la comprensión de las etapas por las cuales han transitado el sistema eléctrico a través de las mediciones registradas con los dispositivos de medición.

Hipotético-Deductivo: Para la elaboración de la hipótesis, cuya veracidad se intentará materializar en la investigación.

La observación científica: Para estar al tanto del desarrollo y el comportamiento del objeto de estudio de la investigación, para la validación de los resultados esperados en la investigación.

La entrevista: Para recopilar informaciones referentes al comportamiento precedente y actual del objeto de estudio, con el fin de diagnosticar su estado, teniendo en cuenta las necesidades que proporcionarán un camino correcto en la elaboración de un plan de acciones en función de la selección de un método eficaz para lograr los objetivos trazados.

Criterio de expertos: En la proposición de los métodos a implementar como resultado de la investigación, de acuerdo a los resultados esperados en el proceso investigativo, y de implementación.

Capítulo 1

Marco teórico de la investigación y breve descripción del proceso tecnológico de la Empresa Puerto Moa.

1.1 Introducción:

En este capítulo, se abordarán y se tendrán en cuenta diferentes aspectos teóricos que servirán de base para aplicar un conjunto de ideas en función de resolver la problemática planteada en la investigación. Se realizará un análisis bibliográfico correspondiente a diferentes trabajos relacionados con este tema y se hará una breve descripción del proceso tecnológico de la Empresa Puerto Moa, así como de su sistema de suministro eléctrico.

1.2 Análisis Bibliográfico:

En la confección y realización de este Trabajo de Diploma investigativo, debido a que se abordaron temas relacionados con los sistemas de suministro eléctrico, se analizaron diversos materiales relacionados con las mejoras en los circuitos de distribución, ya sean Tesis, libros de la carrera, materiales facilitados por la Empresa Puerto Moa, así como Internet. También se emplearon trabajos realizados en la entidad que, aunque no toquen precisamente estos temas si sirvió como una fuente de apoyo. Los mismos hicieron gran aporte en el desarrollo de esta investigación, con la intención de enriquecer los conocimientos sobre el tema al respecto y emplear así los métodos utilizados que dan solución a este caso investigativo.

- ❖ En el trabajo de tesis Lobaina Espinosa D., Moa 2010 [4]. Se realizó un estudio de las condiciones de explotación del circuito N°6 de la OBE de Moa. En este trabajo se caracteriza la carga instalada y se proponen variantes para mejorar las condiciones técnicas del circuito N°6. Se emplean herramientas informáticas para así definir los parámetros generales que caracterizan a las redes de distribución. Se proponen variantes técnico organizativas para reducir los niveles

de pérdidas de la red. Y se hace una valoración económica de las variantes propuestas.

- ❖ En el trabajo de tesis Rodríguez Fortúnez J., Moa 2009 [5]. Se detallan las características esenciales del actual Sistema Electroenergético Nacional, incluyéndose los servicios ofrecidos por la Organización Básica Eléctrica del municipio de Moa. Se describe las particularidades del circuito # 21 del municipio de Moa, partiendo de las características de cargas eléctricas, y el comportamiento del consumo en edificios multifamiliares. Se establecieron las curvas características de la demanda para cada uno de los días de la semana, teniendo en cuenta el horario de verano e invierno. Se determinan las pérdidas por desequilibrio hasta los primeros transformadores de cada una de las fases.
- ❖ En el trabajo de tesis de Blanco Fuentes E., Moa 2010. Se hace una selección y ajuste de las protecciones contra corto-circuitos en la Planta de Amoniaco en la Empresa Puerto Moa. Donde se realiza una propuesta de modernización de las protecciones eléctricas contra corto-circuitos, se realiza un análisis de las cargas instaladas en dicha planta, así como la actualización del monolineal. Finalmente se realiza un análisis de la importancia económica de la aplicación de esta propuesta así como el tiempo de recuperación que esta presenta. No se realiza un estudio con respecto al consumo de energía de dicha planta, así como el nivel de las pérdidas existentes.
- ❖ En el trabajo de tesis de Graña Alarcón O., Moa 2010. Se hace una investigación sobre el sistema de bombeo en la Planta de petróleo de la Empresa Puerto Moa. Valorándose técnica y económicamente el empleo de un accionamiento de velocidad variable para el control de bombas de desplazamiento positivo sobre los accionamientos clásicos de velocidad constante. No se realiza un análisis para determinar las principales causas del bajo factor de potencia existente, así como no se trazan un conjunto de medidas para mejorarlo.
- ❖ En el trabajo de Cisnero R, de 2007. Se muestra la necesidad de implementar un conjunto de medidas para reducir al máximo los niveles de pérdidas que existían en el circuito # 1 de Moa. Se hizo un diagnóstico del circuito. Se definieron las

pérdidas eléctricas y su clasificación, se actualizó el monolineal del circuito y se determinaron los niveles de pérdidas presentes en el circuito. Se valoró la factibilidad económica que representa la aplicación de las medidas propuestas teniendo en cuenta su tiempo de amortización.

1.3 Aspectos importantes sobre los sistemas eléctricos:

Podemos definir como **sistema eléctrico** al conjunto de plantas generadoras de energía eléctrica que enlazadas por líneas de transmisión y distribución, y subestaciones transformadoras, se ocupa de producir y entregar a los consumidores las cantidades necesarias de energía eléctrica que los mismos requieren. Una **red eléctrica** está compuesta por todos los elementos que componen la generación, transmisión y distribución de dicha energía.

A medida que se incrementa el desarrollo económico y social de un país, su sistema eléctrico también se expande y desarrolla ya sea para ganar en eficiencia o para seguir aumentando sus horizontes.

1.3.1 Partes fundamentales de un sistema eléctrico:

Estaciones generadoras: Es donde se transforma la energía mecánica (cinética) en eléctrica mediante un sistema de motor primario-generator

Líneas de transmisión y subtransmisión: Son los enlaces entre las estaciones generadoras y los sistemas de distribución y grandes consumidores industriales, en Cuba actualmente hay 440 V, 220 V y 110 V en transmisión, y en subtransmisión 33 kV y 13.8 kV.

Subestaciones de transformación: Son las encargadas de elevar el voltaje de generación para transmitirlo a grandes distancias y también bajarlo a diferentes niveles para su distribución y consumo.

Líneas de distribución: Son las encargadas de conectar las cargas individuales de un área dada con las líneas de transmisión y subtransmisión. Por su ubicación pueden ser aéreas, soterradas o mixtas.

Las líneas de transmisión manejan los bloques de energía, enlazan las estaciones generadoras con los sistemas de subtransmisión y con otros sistemas, en estos están los mayores niveles de voltaje. Las líneas que sirven de unión entre dos sistemas se denominan de enlace.

Este tipo de conexión entre los sistemas eléctricos reportan beneficios como:

- ❖ Reduce los costos de producción al reducir el número de generadores necesarios.
- ❖ Mejora el factor de carga del sistema.
- ❖ Aumenta las facilidades en los mantenimientos.

1.3.2 Clasificación de los consumidores de energía eléctrica:

- ❖ Residenciales
- ❖ Industriales
- ❖ Comercial y de Servicios

Se clasifican en tres categorías de acuerdo a la necesidad de suministro eléctrico que tenga cada consumidor.

Primera categoría: Aquellos que al faltarles la energía ponen en peligro vidas humanas, u ocasionan grandes pérdidas de producción y acarrear las pérdidas del control del proceso.

Segunda categoría: Los que al parar traen como consecuencias disminución de la producción, pérdidas de tiempo, etc.

Tercera categoría: Todos aquellos que no caen dentro de las categorías anteriores, ejemplos de ellos son equipos auxiliares y secundarios del proceso de producción industrial.

Las redes eléctricas se clasifican según su configuración en:

- ❖ Radiales
- ❖ En lazo
- ❖ Con maya o red

Estas redes de distribución aumentan su costo en confiabilidad del servicio en el mismo orden que aparece enumerado.

Radial: Red radial es aquella en que la corriente tiene una sola trayectoria desde la subestación de transmisión o subtransmisión hasta los primarios de los transformadores de distribución o hasta la carga dada. El mismo posee ventajas como bajo costo de inversión relativamente y simplicidad. Este a la vez tiene desventajas como falta de continuidad del servicio ante perturbaciones y fallas, debe saberse que más del 80% en líneas son temporales y pueden desaparecer solas.

Lazo: Se utiliza donde la zona de densidad de la carga (kW/m^2) es media o algo grande.

Malla: Existen dos versiones, uno con malla en el secundario y el otro con malla en el primario este sistema de distribución es más confiable y de mejores características de regulación de voltaje pero es más costoso, se usa exclusivamente en zonas de gran densidad de carga y generalmente es soterrado.

1.3.3 Pérdidas de energía eléctrica:

Las pérdidas de energía, obedecen a la ocurrencia de una serie de fenómenos, provocado por los parámetros que caracterizan a las redes y subestaciones, por las características de los materiales y equipos empleados y por las condiciones de operación existentes en el entorno. Dentro de estos fenómenos podemos citar: efecto Corona, efecto Joule, las corrientes de Eddy y de circulación, así como la circulación de potencia reactiva por las redes, las reactancias de líneas y suceptancias a tierra; que si bien es cierto son pequeñas, juntas incrementan los niveles de pérdidas.

Clasificación:

Las pérdidas de energía eléctrica se pueden clasificar en:

- *Pérdidas no Técnicas*
- *Pérdidas Técnicas*

Pérdidas no Técnicas: Son las pérdidas calculadas como la diferencia entre las pérdidas totales de un sistema eléctrico y las pérdidas técnicas estimadas para el

mismo. Considerando el origen de las pérdidas, como criterio de clasificación, tenemos:

- ❖ Por robo o hurto: realizado por personas que no tienen ningún trato ni contrato con la empresa concesionaria.
- ❖ Por fraude: realizado por clientes de la empresa concesionaria con la finalidad de reducir su consumo real.
- ❖ Por mala administración: corresponde a la energía no cobrada por problemas en la gestión administrativa.

Pérdidas técnicas: Por concepto pérdidas técnicas, es inherente al proceso que se sigue para suministrar energía a un usuario final desde el centro de generación o punto de venta de energía. Como bien sabemos, en la naturaleza y en el campo tecnológico, no existe una máquina perfecta, ni un elemento capaz de funcionar u operar con una eficiencia de 100%, lo que indica que las pérdidas técnicas en los sistemas de distribución siempre existirán pero que no debe sobrepasar los rangos aceptables de un óptimo funcionamiento. A su vez las pérdidas eléctricas se pueden clasificar por:

1. Tipo de pérdidas: Obedecen a la parte y el proceso del sistema donde se producen las pérdidas, así tenemos:

- ❖ *Pérdidas por transporte:* producidas por la circulación de la corriente en las redes y conductores de las líneas de transmisión, subtransmisión y redes de distribución primaria y secundaria.
- ❖ *Pérdidas por transformación:* se producen en los transformadores de AT/AT, AT/MT y MT/BT y dependen de su eficiencia y del factor de potencia de la carga que alimentan.
- ❖ *Pérdidas en las mediciones:* producidas en los equipos y aparatos para realizar las mediciones.

2. Causa de las pérdidas: se agrupan de acuerdo a tres causas:

- ❖ *Pérdidas por efecto corona.*

- ❖ *Pérdidas por efecto joule.*
- ❖ *Pérdidas por corrientes parásitas e histéresis.*

La magnitud de las pérdidas estará en función de la carga a las que suministren energía, como sabemos, la carga es de una magnitud variable, y como las pérdidas estarán en función de la intensidad de la corriente suministrada, entonces los valores de las pérdidas también variarán, siendo mayores en las horas máximas de demanda. También debemos considerar la naturaleza de la carga, en la mayoría de los casos es de carácter inductivo, lo que provoca un desfase en el vector corriente con respecto al vector tensión. Eso es debido al consumo de potencia reactiva, requerida por los aparatos que contienen elementos inductivos, necesarios para establecer corrientes de magnetización.

Los parámetros eléctricos: Resistencia, Inductancia y Capacitancia, son los que nos permitirán cuantificar las pérdidas de potencias y energía; puesto que el resistor ofrece una oposición al paso de la corriente y el inductor y el capacitor que producen efectos reactivos y son conocidos como reactancias inductiva y capacitiva respectivamente, y que juntas producen las pérdidas técnicas de energía.

1.3.4 Calidad del servicio eléctrico:

La definición de la calidad de la energía es muy amplia. Esta se puede definir como la ausencia de interrupciones, sobretensiones, deformaciones producidas por armónicos en la red y variaciones de voltaje suministrado al usuario. Además le concierne la estabilidad de voltaje, la frecuencia y la continuidad del servicio eléctrico. Actualmente la calidad de la energía es el resultado de una atención continua. En años recientes, esta atención ha sido de mayor importancia debido al incremento del número de cargas sensibles en los sistemas eléctricos, las cuales, por sí solas resultan ser una causa de degradación en la calidad de la energía eléctrica. Debido a la importancia que representa la energía eléctrica en la actualidad, la cual es usada en la iluminación y operación de diversos equipos, así como en procesos industriales como de servicio, es importante contar con una buena calidad de energía. Esta además se ha empleado en la fabricación de la

mayoría de las cosas que utilizamos. Por consiguiente los disturbios y variaciones de voltaje que se producen en la red eléctrica afectan directamente al usuario. Estos no sólo afectan los equipos de los consumidores, sino que también perjudica la operación de la red de suministro. Los disturbios mencionados causan problemas como los que se citan a continuación:

- a) Operación incorrecta de controles remotos.
- b) Sobrecalentamiento de cables.
- c) Incremento de las pérdidas activas en los transformadores, por motores, líneas y otros equipos.
- d) Errores en medición.
- e) Operación incorrecta de sistemas de protección, entre otros.

Debido a estos problemas, algún componente de cualquier equipo puede sufrir un daño considerable al presentarse algún proceso transitorio que rebase su nivel de aislamiento. Otro ejemplo, un rectificador puede llegar a fallar si es expuesto a un voltaje transitorio por encima de cierto nivel. Podemos decir, que el objetivo de la calidad de la energía es encontrar caminos efectivos para corregir los disturbios y variaciones de voltaje en el lado del usuario, y proponer soluciones para corregir las fallas que se presentan en el lado del sistema de la compañías suministradoras de energía eléctrica, para lograr con ello un suministro de energía eléctrica con calidad.

Descripción de disturbios:

Los términos usados para describir los disturbios frecuentemente tienen diferente significado para diferentes usuarios. Pero muchos atributos de calidad de energía son comúnmente reconocidos. A continuación se da una breve descripción de algunos de los disturbios más comunes.

Pico de voltaje: Es un incremento en el nivel de voltaje que dura microsegundos. Es debido principalmente por fallas en la red eléctrica, descargas atmosféricas y switcheo de grandes cargas.

Depresión de voltaje (sags): Es un decremento momentáneo (varios ciclos de duración) en el nivel de voltaje. Es debido a la conexión de grandes cargas, descargas atmosféricas y fallas en la red eléctrica.

Dilatación de voltaje (swell): Es un incremento del voltaje de varios ciclos de duración. Es ocasionado por la desconexión de cargas grandes y no llega a ser un sobrevoltaje.

Sobrevoltaje: Es una condición de voltaje elevado (arriba del valor nominal) que a diferencia del swell de voltaje, dura mucho más tiempo. Es causado por una pobre regulación de voltaje.

Parpadeo (flickers): Se refiere a las fluctuaciones en el nivel de voltaje. Estas son debidas a la conexión de cargas cíclicas como hornos eléctricos o por oscilaciones subarmónicas (subarmónicas se refiere a señales de frecuencia menor a la fundamental). Por lo general este efecto se observa fácilmente en el cambio de intensidad bajo y alto de lámparas y ruido acelerado y desacelerado de motores.

Interrupciones de energía: Es la pérdida total de potencia. Por lo general se considera interrupción cuando el voltaje ha decrecido a un 15 % del valor nominal o menos. Este es debido a aperturas de líneas, daño de transformadores, operación de fusibles o equipos de protección de la red, entre otras posibilidades. También se consideran interrupciones de energía aquellas que duran milisegundos.

Ruido eléctrico: Es la distorsión (no necesariamente periódica) de la forma senoidal del voltaje. Este es debido a switcheo, transmisores de radio y equipo industrial de arco eléctrico.

Distorsión armónica: Es la distorsión (periódica) de la forma de onda senoidal del voltaje o corriente. Está originada por la operación de equipos no lineales como lo

son rectificadores y hornos de arco eléctrico. Este es un fenómeno en estado estable.

1.4 Descripción del proceso tecnológico en la Empresa Puerto Moa:

La Empresa puerto Moa es una empresa de servicios del grupo empresarial Cubaníquel la cual tiene un objeto social atípico ya que se dedica a la carga y descarga de buques de carga general y líquida en los puertos de Moa y Nicaro, además de la transportación de níquel y mercancías a las entidades del grupo empresarial Cubaníquel y servicios a terceros, transportación de mineral en la mina de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara, transportación de cromo en las minas Las Mercedes, mina More en Baracoa y carpintero en Sagua de Tánamo. Es la única empresa en el país donde se mina en el mar de donde se extrae el cieno carbonatado que se utiliza en el proceso metalúrgico de la Empresa Comandante Pedro Sotto Alba, además de prestar servicios de recepción y suministro de amoníaco, carbón y fuel-oil a las empresas productoras de níquel. Esta empresa cuenta con 6 unidades empresariales de base productivas y otras áreas de servicio, las cuales a continuación se relacionan y se describen en el mismo orden.

- ❖ Explotación Portuaria Moa
- ❖ Explotación Portuaria Nicaro
- ❖ Recepción y Suministro
- ❖ Producto Básico Nicaro
- ❖ Marítimo Coral
- ❖ Transporte
- ❖ Mantenimiento
- ❖ Comercial
- ❖ Recursos Humanos
- ❖ Dirección General

Unidad Empresarial de Base Explotación Portuaria Moa: Esta actividad cuenta con dos muelles uno de productos líquidos y otro para carga general, el muelle de carga general cuenta con dos grúas Pórticos de la serie Kirovet de 10 y 12 Ton para

la monta y descarga de mercancías, contenedores y productos secos como azufre, carbón, cromo y otros, además realizan operaciones en el Campo de Boyas de Moa.

Unidad Empresarial de Base Explotación Portuaria Nicaro: Esta actividad cuenta con un muelle mixto donde se descargan cargas líquidas y secas, cuenta con una grúa Pórtico de 20 Ton de fabricación americana para las cargas y descargas de mercancías, además realizan operaciones en el Campo de Boyas de Felton.

Unidad Empresarial de Base Producto Básico Nicaro: Esta actividad se dedica a la Recepción y Suministro de materias primas fundamentales como son amoniaco, Fuel-Oil y beneficio de carbón, para ellos cuenta con instalaciones como son los tanques de almacenamiento de petróleo, balas de almacenamiento de amoniaco y un molino donde se beneficia el carbón, además de instalaciones para el suministro del petróleo y una brigada de mantenimiento que se ocupa de las instalaciones.

Unidad Empresarial de Base Recepción y Suministro: Esta actividad cuenta con los tanques de almacenamiento de combustibles donde se suministra el petróleo a las plantas de níquel Che Guevara y Pedro Sotto Alba, también se recepciona combustible a consignación, una planta de amoniaco donde se recibe el amoniaco y se prepara el agua amoniacal para la plantas productoras, una planta de carbón donde este se almacena y beneficia que luego va ser utilizado en la fábrica Che Guevara.

Unidad Empresarial de Base Coral Marítimo: Esta actividad es la que garantiza la extracción, minado y proceso de coral a la empresa Pedro Sotto Alba, además de dedicarse a las operaciones de atraque y desatraque de buques en los puertos de Moa y Nicaro, además de las operaciones en los Campos de Boyas de Moa y Felton y de cabotaje nacional.

Unidad Empresarial de Base Transporte: Esta unidad empresarial de base es la encargada de la transportación del níquel desde las plantas productoras al puerto, por otra parte, se transportan las mercancías de importación, tránsito y cabotaje que se descargan en el puerto, hacia sus respectivos lugares de destino.

Unidad Empresarial de Base Mantenimiento: Esta actividad es la que garantiza la reparación y mantenimiento de todos los equipos y medios técnicos con que cuenta la empresa, tales como: Montacargas, Grúas de Pórtico, Velas, entre otros, así como proporciona el mantenimiento a los propios locales e instalaciones de la empresa.

Dirección Comercial: Es un área dedicada fundamentalmente a la gestión y distribución de los insumos de la empresa, además de la rectorar toda la actividad comercial que se lleve a cabo en la empresa puerto Moa.

Dirección de Recursos Humanos: Es una dirección dedicada a la gestión y planificación y distribución de los recursos humanos, garantizando la capacitación, la protección e higiene del trabajo, entro otros.

Dirección General: Como dirección general es la actividad rectora de la empresa, agrupando varias actividades fundamentales como es el área de asesoría Jurídica, Economía y Grupo técnico.

Recordar que dentro del área de la empresa radican otras entidades que aunque no constituyen unidades empresariales de base del Puerto, su actividad fundamental si constituye un eslabón fundamental dentro de la actividad marítima portuaria, ellas son la Aduana, Capitanía de Puerto, Mambisa y Los Prácticos. La Aduana dedicada a la fiscalización y control de Medios de transporte Internacional, mercancías y viajeros, así como el procesamiento de las estadísticas del comercio exterior y la protección de la sociedad socialista de flagelos como las drogas y el terrorismo. Capitanía de puerto se dedica a la protección de nuestras costas evitando que sirvan de puente al narcotráfico internacional, la inmigración ilegal, entre otras. Los prácticos garantizan la seguridad naval de los buques tanto a la entrada como salida del puerto. Por su parte Consignataria Mambisa es la encargada de facilitar la prestación de servicios a los buques que arriben al puerto.

1.5 Descripción del sistema de suministro eléctrico de la Empresa:

Debido a la no-existencia en la empresa de un esquema monolineal de suministro eléctrico actualizado, fue necesaria la confección del mismo. Para esto se realizó un recorrido por los diferentes centros de carga de la empresa en el cuál se hizo un levantamiento por equipos para determinar la potencia instalada en cada uno de ellos y las líneas que componen el sistema aéreo de distribución.

La energía eléctrica consumida por la empresa se obtiene de la generación de la planta termoeléctrica de la empresa Moa Nickel Pedro Soto Alba S.A con un voltaje de 13.8 KV, la energía eléctrica se distribuye a través de una línea aérea OH-2 de 5.16 Km desde la Sub – Estación de Moa Nickel (Pedro Soto Alba) hasta la planta de Amoniaco, con conductores ACSR-120, con una sección transversal de 120 mm^2 y una resistencia igual a 0.270 Ohm/Km. El resto de las líneas de distribución es mediante conductores de AC-35 con resistencia igual a 0.91 Ohm/Km.

La alimentación de los transformadores de cada centro de carga está protegida por fusibles, en la empresa existen 7 centros de cargas que son los siguientes.

1. Centro de carga Explotación Portuaria
2. Centro de carga Taller Automotor
3. Centro de carga de Marítimo
4. Centro de carga Base de Petróleo
5. Centro de carga Planta de Amoniaco
6. Centro de carga de Planta de Carbón
7. Centro de carga de Campo de Boyas

Centro de carga Explotación Portuaria: Este se alimenta a través de un transformador de 13.8/0.44 KV de una potencia de 1000 kVA, el cuál alimenta una pizarra con interruptores de cajas moldeadas que alimenta las oficinas de Explotación Portuaria, Dirección, Recursos Humanos, Comedor Prácticos, Capitanía, Muelle I, Grúas Pórticos, Bomba de Combustible.

Centro de carga Taller Automotor: Este se alimenta a través de un transformador de 13.8/0.44 KV de una potencia de 100 kVA, el cuál alimenta una pizarra con interruptores de cajas moldeadas que alimenta el área del taller automotor, el área de maquinado, soldadura, ponchera, en los que existen tres máquinas de soldar eléctricas, además de taladro, tornos, esmeriladoras, además de alimentar el taller de carpintería, el edificio de la comercial, almacén, taller equipos pesados y torre de alumbrado II del muelle II. Además de las oficinas de la aduana y de transporte.

Centro de carga de Marítimo: Este se alimenta a través de un transformador de 13.8/0.44 kV de una potencia de 160 kVA, este transformador alimenta una pizarra general de distribución con interruptores de caja moldeada los cuales alimentan las diferentes cargas como son el edificio administrativo, el comedor, el taller de mantenimiento de equipos marítimos, los equipos que se utilizan en la reparaciones de las patanas como son máquinas de soldar, compresores, extractores de aires, hidroblasteador y alumbrado exteriores.

Centro de carga Base de Petróleo: Este se alimenta a través de un transformador de 13.8/0.44 kV de una potencia de 630 kVA y hay otro de igual característica que esta de reserva sin conectarse al sistema, el cuál alimenta una pizarra con interruptores del tipo AK que a su vez alimentan los diferentes equipos que intervienen en el proceso de la planta, entre ellos tenemos bombas de petróleo con una potencia de 200 kW cada una, además del alumbrado interior y exterior de la planta.

Centro de carga Planta de Amoniaco: Este se alimenta a través de un transformador de 13.8/0.44 kV de una potencia de 1000 kVA, el cuál alimenta una pizarra con interruptores del tipo AK que a su vez alimentan los diferentes equipos que intervienen en el proceso de la planta, además del alumbrado interior y el exterior.

Centro de carga de Planta de Carbón: Este se alimenta a través de un transformador de 13.8/0.44 KV de una potencia de 100 kVA, el cuál alimenta una

pizarra con interruptores de caja moldeada que a su vez alimentan el molino de carbón el cual está compuesto por un tromel, zaranda, trituradora, además de alimentar un transformador que alimenta el alumbrado exterior y el perimetral.

Centro de carga Campo de Boyas: Este se alimenta a través de un transformador de 13.8/0.44 KV de una potencia de 100 kVA, alimenta un transformador que alimenta el alumbrado exterior.

1.6 Conclusiones:

En este capítulo de forma general se abordaron temas relacionados con los sistemas eléctricos de distribución, conociendo sus principales características. Se realizó un análisis de algunos trabajos precedentes relacionados de una forma u otra con el tema. Por último se realizó una pequeña descripción sobre el proceso tecnológico de la empresa y la importancia económica que esta posee, así como también su sistema de suministro eléctrico.

Capítulo 2

Análisis y diagnóstico del Sistema Eléctrico de la Empresa Puerto Moa.

2.1 Introducción:

En este capítulo se hará un análisis del Sistema Eléctrico de la Empresa Puerto Moa, determinando e identificando las principales causas que incurren en las pérdidas de energía eléctrica así como las medidas para la reducción de estas. Para la realización del mismo se tomara como base las mediciones eléctricas realizadas y el levantamiento de las cargas instaladas lo cual permitirá también la actualización de los diagramas monolineales por cada centro de carga.

2.2 Determinación de las cargas eléctricas:

En la determinación de las cargas eléctricas primeramente se tomaron los valores nominales de cada centro de carga basado en un levantamiento realizado por cada área de la empresa, como se expresa en el anexo # 1, se realizaron mediciones para conocer el comportamiento real de las mismas en diferentes horarios del día, pudiéndose expresar los valores de potencia activa, reactiva, aparente, corrientes, tensiones, factor de potencia y otros parámetros por centros de carga y subestaciones principales de la empresa. Para determinar la potencia de carga en las áreas no metradas fue necesario hacer mediciones puntuales, equipo por equipo y un inventario de los consumidores existentes en las distintas oficinas, talleres y otros. En estas mediciones se utilizaron lecturas de voltímetros, amperímetros fijos, instrumentos digitales portátiles y analizadores de redes conectados a las principales subestaciones. Estas se llevaron a cabo en áreas metradas y no metradas, durante los meses de Abril y Mayo, pudiéndose observar una pequeña muestra en el anexo # 2. A continuación se mostraran las características de los principales equipos de medición que se encuentran instalados y que fueron utilizados para estas mediciones, las figuras 2.1 y 2.2 muestran dos de los 8 analizadores de redes que se

hayan dentro de la empresa, lo cual significa una garantía a la hora de realizar estudios sobre el comportamiento del sistema eléctrico de la empresa.

Analizador Eléctrico Multifunción (EMA 10):

El EMA10 es un instrumento que ha sido diseñado para monitorear, almacenar y analizar toda variable eléctrica en una línea de distribución. Este muestra parámetros como corrientes (I) y tensiones (U) en fases y líneas, potencia activa (P), reactiva (Q) y aparente (S), factor de potencia por fase y promedio, frecuencia (f), % de armónicos de corriente (Thd i) y tensión (Thd u). Todos estos datos son mostrados por un display LCD con una resolución de 128x128 puntos y son almacenados si se desea por una memoria RAM interna de 128 Kbyte. Para su operación cuenta con 5 botones con los cuales es posible acceder a todas sus opciones. Posee un peso de 0.43 Kg y dimensiones de 144x144x66 mm. Voltaje de suministro de fuerza de 85-265 V 50/60 Hz/dc. El voltaje de aislamiento es de 3700 Vac rms x min. Posee 3 entradas con rango de 10-650Vrms entre fases. Valor permanente de sobrevoltaje hasta 750 Vac.

Analizador Eléctrico Multifunción (PM700):

Este instrumento analiza y calcula los mismos parámetros que el EMA 10, variando solamente en algunas características técnicas y de operación. Posee un peso de 0.37 Kg, dimensiones de 96x96x88 mm, tensión medida de 10 a 480V CA (L-L directa) de 10 a 277 V CA (L-N directa). Su rango de frecuencia es de 45-65 Hz, medición fuera del rango de 1.2 Un, impedancia 2 MΩ(L-L) / 1 MΩ(L-N), sobrecarga admitida 10 A continuo, 50 A durante 10 segundos por hora, 120 A durante 1 segundo por hora.



Fig. 2.1 Analizador de Red EMA 10 instalado en el circuito Aduana- Transporte



Fig. 2.2 Analizador de Red PM700 instalado en la en el Planta de Amoniaco

Amperímetro de Gancho, digital (Kaynos TES 3060):

Instrumento de medición portátil que mide tensión (U): para corriente alterna hasta 750 V, corriente directa hasta 1000 V, corriente(A): 200 A, potencia activa: monofásica, potencia reactiva: monofásica, potencia aparente: monofásica, $\cos \varphi$: monofásico.

Para conocer el comportamiento de estos parámetros fue necesario comenzar haciendo un análisis de las cargas eléctricas de los diferentes centros de carga, teniendo presente los siguientes parámetros: potencia activa P, potencia aparente S, potencia reactiva Q, corriente I, Tensión U y $\cos \varphi$. En algunos casos usando el triángulo de potencia y aplicando el teorema de Pitágoras se calcula la potencia reactiva (Q).

$$S^2 = P^2 + Q^2, \text{ (kVA)} \quad (2.1)$$

Despejando Q:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}, \text{ (kVAr)} \quad (2.2)$$

Para el cálculo de la corriente de carga promedio se utiliza la siguiente ecuación:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n I_{\text{carga}}}{n}, \text{ (A)} \quad (2.3)$$

Donde:

n: número de mediciones realizadas.

I_{carga} : corriente de carga medida en amperes.

I: corriente de carga promedio.

Luego:

$$P_{\text{real}} = \sqrt{3} * I * U * \cos \varphi, \text{ (kW)} \quad (2.4)$$

Donde:

P_{real} : potencia real de cada consumidor independiente.

$\cos\varphi$: coseno del ángulo encontrado mediante las mediciones, o calculado a partir de los valores de P y S, mediante la fórmula:

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} \quad (2.5)$$

Para encontrar la tensión promedio se utiliza el mismo procedimiento que para la corriente de carga promedio:

$$U = \frac{\sum_{i=1}^n U_{\text{trabajo}}}{n}, (V) \quad (2.6)$$

Donde:

U : voltaje promedio de trabajo expresado en volts.

$$S_{\text{real}} = \sqrt{P_{\text{real}}^2 + Q_{\text{real}}^2}, (kVA) \quad (2.7)$$

Independiente a las mediciones que aparecen en el anexo #2 se realizaron otras mediciones puntuales, dos veces al día en cada uno de los centros de cargas durante una semana en el mes de Abril, notándose, que generalmente cuando no hay buques, no se está bombeando petróleo para las empresas productoras y en los talleres no están conectados la mayoría de sus equipos, el valor de las cargas eléctricas es muy pequeño, se registra un valor parecido en el horario nocturno donde predomina el alumbrado exterior, observándose una mayor incidencia en los transformadores de Explotación Portuaria (T1), Planta de Petróleo (T4) y Planta de Amoniaco (T5), debido a que en la noche no trabajan la mayoría de los equipos que tienen grandes consumos, como: las bombas de petróleo, compresores, máquinas de soldar entre otras y cuando trabajan culminan prácticamente a las 11:00 PM, los valores de las potencias y demás de estas cargas se comportan de manera muy similar a los registrados durante el día.

Las mediciones con mayor incidencia en los cálculos realizados coincidieron cuando estaban en funcionamiento los equipos que por su potencia repercuten en el mayor consumo de energía eléctrica del sistema eléctrico estudiado, tales como las máquinas de soldar, bombas, compresores y otros, así como los aires

acondicionados y las consolas en las áreas de oficinas. La figura 2.3 muestra el consumo promedio en kWh de la empresa en diferentes horarios del día. Nótese que la máxima demanda está comprendida en los horarios de la tarde, cuando todavía se encuentra el personal de oficina y son más usados los equipos de climatización y computadoras.

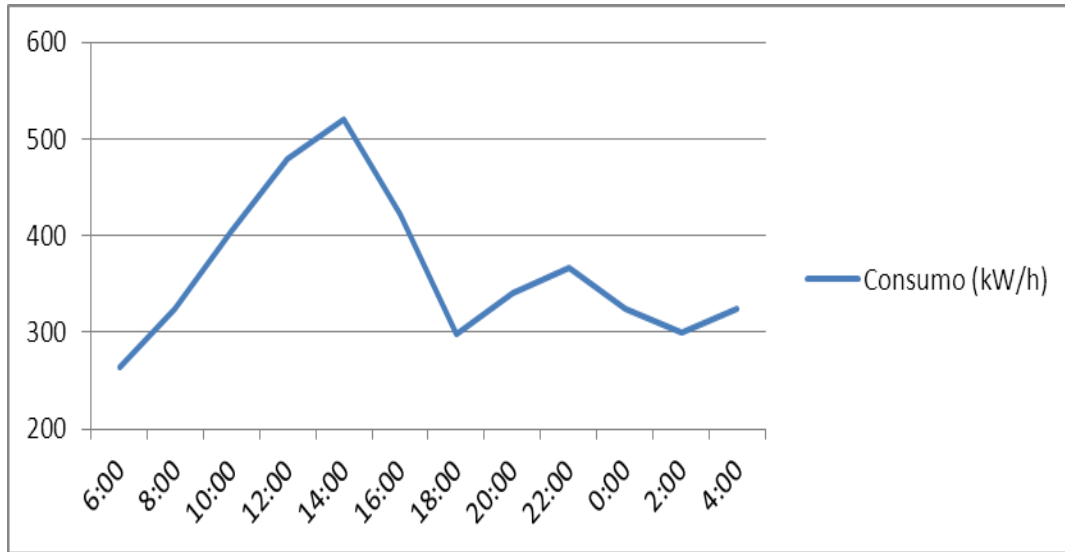


Fig. 2.3 Consumo promedio de energía eléctrica durante el día

Cuando se trabajó con el Amperímetro de Gancho, los parámetros obtenidos fueron monofásicos, razón por la cual se hizo necesario llevarlos a valores trifásicos en el caso específico de las potencias y a partir de ahí, obteniendo el factor de potencia se calcularon las corrientes y las tensiones trifásicas, utilizando fórmulas como la (2.4) y (2.5). Con los valores obtenidos de potencia activa, potencia reactiva y corriente se hizo un análisis del consumo eléctrico en las diferentes subestaciones, para la cual se valoró en cada caso la coincidencia del trabajo de los distintos consumidores que se alimentan de un mismo transformador y de esta forma se obtuvo la potencia activa, la potencia reactiva y aparente que realmente se consume de estos.

En la tabla 2.1 se muestran los valores reales de las potencias activa, aparente, reactivas y del factor de potencia existente, en cada centro de carga, cuando trabajan al mayor por ciento de su carga instalada.

| Centro de carga | Zona | P (kW) | S (kVA) | Q (kVAr) | Cosφ |
|-----------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|-------------|
| CCT1 (1000kVA) | Explot. Portuaria | 42,6 | 53,25 | 31,95 | 0,8 |
| CCT2 (100 kVA) | Taller Automotor | 95 | 128,38 | 86,35 | 0,74 |
| CCT3 (250 kVA) | Marítimo | 191 | 230,12 | 128,35 | 0,83 |
| CCT4 (630 kVA) | Petróleo | 107,98 | 138,44 | 86,63 | 0,78 |
| CCT5 (1000 kVA) | Amoniaco | 142,27 | 173,50 | 99,31 | 0,82 |
| CCT6 (100 kVA) | Carbón | 62 | 77,50 | 46,5 | 0,8 |
| CCT7 (100 kVA) | Campo de Boyas | 3,42 | 3,80 | 1,66 | 0,9 |
| Total | Empresa | 644,27 | 804,98 | 480,75 | 0,80 |

Tabla 2.1 Valores de las potencias en cada área.

2.3 Actualización de los diagramas monolineales por centros de carga:

Para la actualización del diagrama monolineal de cada centro de carga en la empresa, hubo que realizar un levantamiento de la carga instalada, efectuando recorridos por cada área de trabajo y tomando los parámetros nominales de cada equipo eléctrico, tomándose como datos la tensión de línea, corriente de línea, potencia activa y factor de potencia, estos valores generalmente no aparecen en todos los equipos, razón por lo cual en la mayoría de los casos a partir de algunos valores nominales que aparecían en la chapa del fabricante o el manual del equipo se calcularon los otros parámetros.

También se tomaron las distancias entre las cargas y sus alimentadores, así como la sección de los conductores. Además de esto se tuvo en cuenta la cantidad de bancos de transformadores con los que cuenta el sistema eléctrico, en donde cada banco está compuesto por un transformador trifásico. Durante este recorrido se pudo notar de que muchos de los equipos que nominalmente consumen potencias considerables realmente están fuera de servicio y se usan muy poco, como son las dos grúas de carga y descarga del área de Explotación Portuaria las cuales no se usan hace alrededor de un año, así mismo las luminarias tanto interiores como exteriores en las distintas áreas y locales donde no todas prestan servicio, entre otros. Luego se procedió a la confección de los diagramas Monolineales de cada centro de carga, los cuales se confeccionaron usando el Software Easy Power, estos diagramas podemos apreciarlos en el anexo #3.

Software Easy Power: Es una herramienta informática muy potente que permite realizar corrida de flujo de potencia, coordinación de protecciones, análisis de armónicos, entre otras aplicaciones útiles para consumidores industriales con complejos circuitos de suministros. El programa está avalado y cuenta con un elevado nivel de precisión.

2.4 Análisis de las pérdidas en el sistema eléctrico de la Empresa:

Como se pudo apreciar en el capítulo anterior, las pérdidas en un sistema eléctrico se dividen en 2 grandes grupos, pérdidas no técnicas y pérdidas técnicas. A estas últimas se le dedicara este epígrafe, debido a la importancia tanto técnica como económica que representa la reducción de las mismas. Los parámetros eléctricos: Resistencia, Inductancia son los que permitirán cuantificar las pérdidas de potencia y energía, puesto que la resistencia es una oposición al paso de la corriente y la inductancia produce efecto reactivo conocido como la reactancia inductiva que influye en las pérdidas técnicas de energía.

2.4.1 Pérdidas técnicas por transporte:

En la empresa los conductores empleados para la distribución de energía eléctrica son del tipo AC-35, por otro lado solo un 8% de las líneas de distribución se encuentran soterradas, siendo el caso del área de Explotación Portuaria debido principalmente a la complejidad de muchas de las operaciones que allí se realizan. Las pérdidas eléctrica en estos conductores será menor que las de líneas aéreas, así como también será mayor su tiempo de explotación.

Pérdidas en el conductor

Analizando las fórmulas de las pérdidas de potencia activa y reactiva:

$$\Delta P = R * I^2 * L, \text{ (kW)} \quad (2.8)$$

$$\Delta Q = I^2 X, \text{ (kVAr)} \quad (2.9)$$

Se observa que para disminuir las pérdidas se puede lograr disminuyendo la resistencia, y la corriente de la línea. Para la disminución a los dos primeros basta con cambiar el calibre a los conductores donde la sección transversal de los mismos aumente y para disminuir la corriente, puede lograrse disminuyendo la potencia reactiva inductiva a través de la instalación de condensadores, aumentando la tensión de alimentación que puede ser a través del uso de una tensión mayor y actuando sobre el cambia taps de los transformadores.

Pérdidas técnicas en líneas aéreas

Las pérdidas en las líneas aéreas, se producen básicamente debido al efecto Joule, a la reactancia inductiva y al factor de potencia de carácter inductivo de la carga, que hace que circule potencia reactiva por las redes, incrementando de esta manera las pérdidas técnicas. La reactancia capacitiva es prácticamente nula debido a las longitudes pequeñas del recorrido de las líneas, como bien se conoce a menor longitud menor reactancia capacitiva. En este análisis se considerará la resistencia y la reactancia inductiva, como los parámetros que ayudaran a cuantificar las pérdidas. A continuación detallamos el método directo de evaluación de las pérdidas eléctricas, que está en función de los parámetros ya mencionados y de la corriente máxima, la caída de tensión y la longitud de los tramos.

Observando la fórmula de la caída de tensión.

$$\Delta V = \frac{PR + QX}{V} \times L \quad (2.10)$$

Podemos analizar que para disminuir la caída (ΔV) se logra disminuyendo la resistencia y reactancia de la línea, la potencia reactiva y aumentando la tensión de alimentación.

A continuación en la figura 2.4 se representa esquemáticamente el enfoque descrito anteriormente referente a la caída de tensión y la pérdida de potencia en un sistema eléctrico.

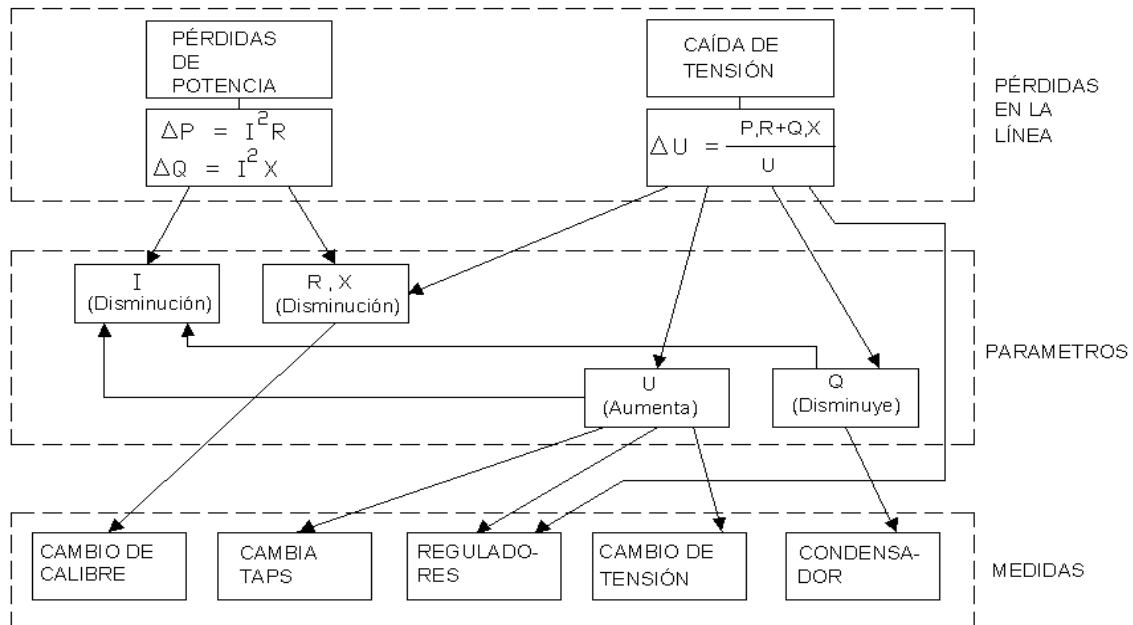


Fig. 2.4 Parámetros a regular en las pérdidas de potencia y caídas de tensión.

Sea la caída porcentual de un tramo:

$$\% \Delta V = [(V_1 - V_2) / V_1] * 100 \quad (2.11)$$

Donde:

$\% \Delta V$: Caída porcentual del tramo.

V_1 : Tensión al inicio del tramo en voltios.

V_2 : Tensión al final del tramo en voltios.

Haciendo uso de la figura 2.5 que muestra el sistema general eléctrico de la Empresa Puerto Moa, brindando la distancia existente entre cada centro de carga, se calcularon las pérdidas existentes en las líneas de transporte de energía, así como la caída porcentual de tensión.

Para este cálculo se tuvo en cuenta la corriente que circula por las líneas y el calibre de los conductores, debido a que la resistencia óhmica de estos varía en dependencia de su grosor, estos resultados se muestran en la tabla 2.2.

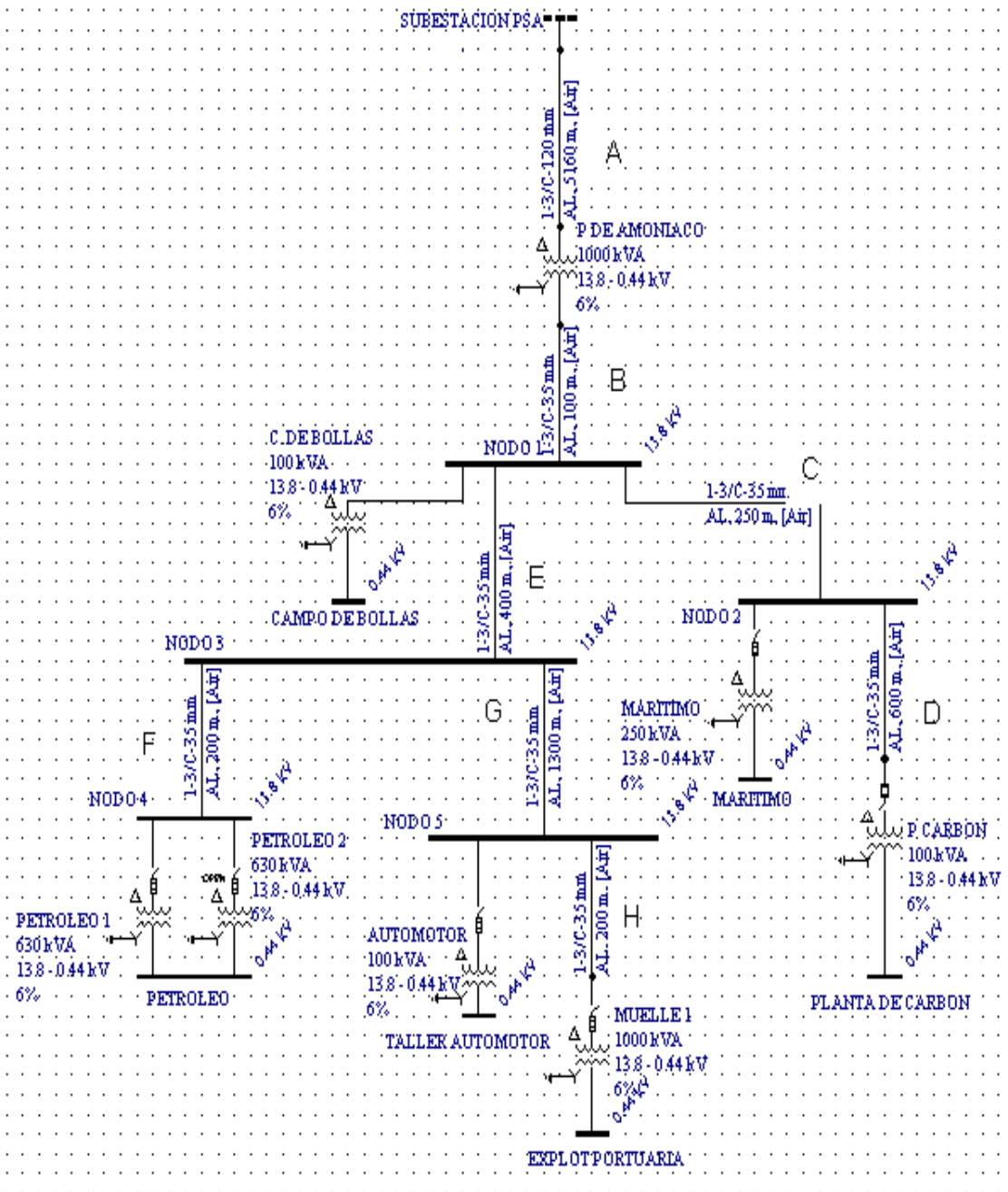


Fig. 2.5 Diagrama general del Sistema Eléctrico de la EPM

| Tramo de línea | L (Km) | Un (kV) | R (Ohm/Km) | X (Ohm/Km) | Pprom (kW) | Qprom (kVAr) | Sprom (kVA) | Caída de U(%) | Pérdidas (kW) |
|----------------|-------------|---------|------------|------------|------------|--------------|-------------|---------------|---------------|
| A | 5.16 | 13.8 | 0.27 | 0.42 | 644.3 | 480.75 | 804.9 | 1.018 | 4.728 |
| B | 0.1 | 13.8 | 0.91 | 0.366 | 501.7 | 381.44 | 630.5 | 0.031 | 0.190 |
| C | 0.25 | 13.8 | 0.91 | 0.366 | 253 | 174.82 | 307.5 | 0.039 | 0.113 |
| D | 0.6 | 13.8 | 0.91 | 0.366 | 62 | 46.5 | 77.5 | 0.023 | 0.017 |
| E | 0.4 | 13.8 | 0.91 | 0.366 | 245.58 | 204.93 | 320.07 | 0.063 | 0.196 |
| F | 0.2 | 13.8 | 0.91 | 0.366 | 107.98 | 86.63 | 138.44 | 0.014 | 0.018 |
| G | 1.3 | 13.8 | 0.91 | 0.366 | 137.6 | 118.3 | 181.63 | 0.115 | 0.205 |
| H | 0.2 | 13.8 | 0.91 | 0.366 | 42.6 | 31.95 | 53.25 | 0.005 | 0.003 |
| Total | 8.21 | | | | | | | | 5.47 |

Tabla 2.2 Pérdidas de Potencia activa en las líneas

Se puede apreciar que al igual que las pérdidas, la mayor caída de tensión estará en el tramo de línea A, donde su valor es de 1.018%, parámetro que se encuentra dentro del límite permisible ($\pm 5\%$). Mientras las pérdidas totales en las líneas es de 5.47 kW,

2.4.2 Pérdidas de potencia en los transformadores eléctricos:

Las pérdidas de potencia que ocurren en los transformadores están dadas fundamentalmente por las pérdidas de potencia activas (ΔP) y reactivas (ΔQ). Las pérdidas de potencia activas están dadas, cuando el transformador esta con carga, por las pérdidas en el cobre, que se generan por el calentamiento de los enrollados y dependen de la corriente de carga y cuando el transformador trabaja en vacío, depende de las pérdidas del acero, que están determinadas por las pérdidas de la potencia en marcha al vacío en tiempo real de trabajo, por lo tanto estas dependen de la corriente de carga. Las pérdidas de potencia reactivas del transformador están dadas, cuando esta con carga, por la dispersión del flujo magnético, que depende del cuadrado de la corriente de carga y cuando está trabajando en vacío, por las pérdidas de imantación del mismo, que no dependen de la corriente de carga y sí de la corriente en vacío del transformador. Para determinar estas pérdidas se utiliza la siguiente metodología de cálculo sobre la base de datos de catálogos o pasaporte del equipo.

Las pérdidas de potencia activas en los transformadores se calculan por la expresión siguiente:

$$\Delta P_t = \Delta P_{sc} + K_c^2 \Delta P_{cc}, \text{ (kW)} \quad (2.12)$$

P_{sc} : Pérdidas del transformador sin carga, las cuales toman en cuenta las pérdidas de potencia activa tanto, del transformador, como las creadas por los elementos del sistema por la potencia activa demandada por el mencionado transformador.

ΔP_{cc} : Análogamente, pérdidas de cortocircuito (Pérdidas del cobre); (kW)

$$K_c = I_c / I_N: \text{ Coeficiente de carga.} \quad (2.13)$$

I_c : Corriente real del transformador o de cálculo; (A)

I_n : Corriente nominal (chapa) del transformador; (A)

También se puede calcular por la formula siguiente:

$$K_c = \text{Dem. Max} / \text{kVA instalados} \quad (2.14)$$

$$\Delta Q_{sc} = S_n [I_{sc} (\%) / 100], \text{ (kVAr)} \quad (2.15)$$

ΔQ_{sc} : Potencia reactiva demandada por el transformador sin carga.

I_{sc} : Corriente del transformador sin carga; (%),

$$\Delta Q_{cc} = S_n [U_{cc} (\%) / 100], \text{ (kVAr)} \quad (2.16)$$

ΔQ_{cc} : Potencia reactiva demandada por el transformador a plena carga; (kVAr)

U_{cc} : Voltaje de corto circuito del transformador; (%)

Este cálculo de las pérdidas de potencia en el transformador debe realizarse en base a los datos de catálogos. El constructor del equipo lo vende con su propia documentación técnica, en la cual podemos encontrar los siguientes datos:

- Tipo de transformador, conexiones.
- S_n : Potencia nominal (chapa) del transformador; (kVA)
- U_{np} : Tensión nominal en el primario en kV

- U_{ns} : Tensión nominal en el secundario en kV
- I_{sc} : Corriente del transformador sin carga; (%)
- U_{cc} : Tensión de corto circuito del transformador; (%)
- Pérdidas de potencia en vacío en kW
- Pérdidas de potencia de corto circuito (en el cobre) en kW
- Resistencia en los enrollados (primario y secundario) en Ω .

Las pérdidas de energía en carga de un transformador pueden calcularse mediante la siguiente expresión:

$$WP_{CU} = P_{CU} (kW) * \left(\frac{S_{max}}{S_n} \right)^2 * T_{eq} (h) \quad (kWh) \quad (2.17)$$

- P_{CU} : Pérdidas nominales del transformador en el cobre.
- S_n : Potencia nominal del transformador en kVA.
- S_{max} : Potencia máxima a la que se carga el transformador en kVA.

$$T_{eq} = 8760 * F_{perd} , (h) \quad (2.18)$$

T_{eq} : tiempo equivalente de pérdidas en horas

Para determinar las pérdidas de potencia en cada transformador fue necesario, determinar el K_c de cada uno el cual se muestra en la siguiente tabla 2.3, en la cual también aparecen los valores de corriente real y nominal, donde en muchos casos hubo que calcular la corriente nominal, por no aparecer entre los datos de chapa brindados por el fabricante. La corriente en estos casos fue calculada mediante la ecuación:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * U} \quad (A) \quad (2.19)$$

Donde:

S: Potencia aparente del transformador.

U: Tensión del transformador.

De esta forma se pudo determinar si los mismos trabajan a un régimen óptimo, partiendo de que los transformadores que trabajan con un coeficiente de carga entre 0.45 y 0.65 aproximadamente, trabajan de forma óptima, atendiendo siempre a las características propias de cada transformador, su eficiencia, el fabricante, entre otras. Es de suma importancia conocer este valor ya que posibilita poder calcular más adelante las pérdidas eléctricas que poseen cada centro de carga, lo cual sumado a las de las líneas, brindará las pérdidas totales existentes, lo que ayudará a conocer el verdadero estado en que se encuentra el sistema eléctrico de la empresa.

| Centro de carga | Zona | Snom (kVA) | Inom (A) | Ireal (A) | Kc |
|-----------------|--------------|------------|----------|-----------|-------|
| CCT1 (1000kVA) | Explot. Port | 1000 | 41.88 | 1.8 | 0.043 |
| CCT2 (100 kVA) | Tall. Autom | 100 | 4.18 | 3.97 | 0.95 |
| CCT3 (250 kVA) | Marítimo | 250 | 11.26 | 8.60 | 0.764 |
| CCT4 (630 kVA) | Petróleo | 630 | 26.38 | 4.48 | 0.17 |
| CCT5 (1000 kVA) | Amoniaco | 1000 | 41.88 | 5.86 | 0.14 |
| CCT6 (100 kVA) | Carbón | 100 | 4.18 | 2.59 | 0.62 |
| CCT7 (100 kVA) | Camp de B | 100 | 4.18 | 0.14 | 0.034 |

Tabla 2.3 Coeficiente de carga (Kc) de los transformadores

Se puede apreciar claramente que los transformadores de **Explotación Portuaria** y **Campo de Boyas** se encuentran significativamente subcargados, estando por debajo de un 10% de su capacidad máxima. Esto significa que podría hacerse un cambio de estos transformadores por otros de menor potencia, lo que ayudaría a la reducción de las pérdidas.

En la tabla 2.4 se muestran las pérdidas de potencia totales de los transformadores determinadas por la ecuación 2.12 vista en este epígrafe. Se puede observar como las mayores pérdidas estarán dadas principalmente en aquellas áreas donde se encuentran instalados los transformadores de mayor capacidad.

| Centro de carga | Zona | Pérdidas en vacío (kW) | Pérdidas en CC (kW) | Kc | P.Total (kW) |
|-----------------|--------------|------------------------|---------------------|-------|--------------|
| CCT1 (1000kVA) | Explot. Port | 2.594 | 11.115 | 0.043 | 2.615 |
| CCT2 (100 kVA) | Tall. Autom | 0.468 | 1.771 | 0.95 | 2.066 |
| CCT3 (250 kVA) | Marítimo | 1.240 | 2.218 | 0.764 | 2.535 |
| CCT4 (630 kVA) | Petróleo | 1.531 | 7.736 | 0.17 | 1.755 |
| CCT5 (1000 kVA) | Amoniaco | 2.594 | 11.115 | 0.14 | 2.812 |
| CCT6 (100 kVA) | Carbón | 0.468 | 1.771 | 0.62 | 1.149 |
| CCT7 (100 kVA) | Camp de B | 0.468 | 1.771 | 0.034 | 0.470 |
| Total | | 8.936 | 37.48 | | 13.40 |

Tabla 2.4 Pérdidas Activas por centros de carga.

Para calcular las pérdidas en cada centro de carga apoyado en los diagramas monolineales se fueron calculando las pérdidas en las líneas de alimentación de energía eléctrica y los transformadores desde los consumidores hasta las barras y luego conociendo las corrientes que circulan por los transformadores de cada centro de carga, se realizó este mismo procedimiento hasta la barra del alimentador principal del centro de carga, en el cual conociendo las distancias se pueden determinar los valores de estas pérdidas a las que sumándoles las pérdidas de potencia del transformador, darán como resultado el valor de las pérdidas totales en ese centro de carga. La siguiente tabla muestra tanto las pérdidas en las líneas como las pérdidas por transformación dando lugar así a las totales, las cuales unidas al factor de potencia servirá de apoyo para el diagnóstico del sistema eléctrico de la empresa.

| Tramos | L (Km) | Un (kV) | Pprom (kW) | Qprom (kVAr) | Sprom (kVA) | Pérdidas (kW) | Pérdidas por transf (kW) | Fp |
|---|-------------|---------|------------|--------------|-------------|---------------|--------------------------|------|
| A | 5.16 | 13.8 | 644.27 | 480.75 | 804.98 | 4.728 | 13.40 | 0,80 |
| B | 0.1 | 13.8 | 501.73 | 381.44 | 630.5 | 0.190 | 10.588 | 0,80 |
| C | 0.25 | 13.8 | 253 | 174.82 | 307.5 | 0.113 | 3.684 | 0,82 |
| D | 0.6 | 13.8 | 62 | 46.5 | 77.5 | 0.017 | 1.149 | 0,80 |
| E | 0.4 | 13.8 | 245.58 | 204.93 | 320.07 | 0.196 | 6.436 | 0,77 |
| F | 0.2 | 13.8 | 107.98 | 86.63 | 138.44 | 0.018 | 4.681 | 0,78 |
| G | 1.3 | 13.8 | 137.6 | 118.3 | 181.63 | 0.205 | 3.4910 | 0,76 |
| H | 0.2 | 13.8 | 42.6 | 31.95 | 53.25 | 0.003 | 2.615 | 0,80 |
| Total | 8.21 | | | | | 5.47 | 46.044 | |
| Total de Pérdidas en el circuito | | | | | | 51.514 | | |

Tabla 2.5 Pérdidas totales en la EPM

Se puede apreciar que las pérdidas de energía para un día son de aproximadamente 1236.34 kWh, mientras que para un mes y año son de 37090.08 kWh y 451262.64 kWh respectivamente, estas representan el 8% de la potencia promedio. El factor de potencia promedio es de 0.79 valor alejado de los parámetros que se necesitan, teniendo en cuenta que un bajo factor de potencia podría incurrir en una penalización por parte de la Organización Básica Eléctrica.

2.5 Diagnóstico del sistema eléctrico de la Empresa Puerto Moa (EPM):

Usando de apoyo el análisis realizado en este capítulo con respecto a las pérdidas de potencia eléctrica, la carga instalada, así como la demanda máxima de la empresa. Se puede determinar el estado real de operación del sistema eléctrico, y brindará la dirección correcta que se deberá tomar para su mejoramiento. Atendiendo a todo lo expresado hasta ahora y analizando las tablas 2.4 y 2.5 se pudo arribar a las siguientes conclusiones:

Con relación a los Transformadores instalados:

- 1- El transformador de 1000 kVA ubicado en la zona de Explotación Portuaria está subcargado, trabajando solo a un 4.3% de su capacidad máxima. Influye que las grúas Pórtico con una demanda de 120 kW cada una, hace prácticamente un año no se utilizan, siendo una carga apreciable que no se ha tenido en cuenta. Pero aún con ambas trabajando el coeficiente de carga del transformador estará alejado de los valores recomendados.

Situación similar presenta el transformador instalado en el Campo de Boyas, el cual presenta un coeficiente de carga igual a 0.034.

- 2- El transformador del Taller Automotor trabaja al 95% de su capacidad, valor que se encuentra al límite de su capacidad nominal, como aspecto negativo se debe señalar también el bajo factor de potencia existente siendo de 0.74 y que este transformador ha presentado un derrame de aceite lo que pueda atentar a su correcto funcionamiento.
- 3- En el área de Marítimo el transformador de 250 kVA instalado y en la Planta de Carbón el Transformador de 100 kVA trabajan con un factor de carga de 76.4% y

62% respectivamente, valores aceptables, teniendo en cuenta que son zonas en las que no se espera la instalación de nuevas cargas.

- 4- En Planta de Petróleo como principal problema se tiene el bajo factor de potencia presentado cuando se inicia el bombeo, siendo de 0,78. El transformador trabaja a un 17% de su capacidad máxima, valor por debajo de lo recomendado, pero se debe tener en cuenta el pronóstico del aumento de la producción en las plantas productoras, así como el aumento de otras actividades industriales en Cubaníquel.
- 5- El transformador de Planta de Amoniaco trabaja a un 14% de su capacidad nominal, valor inferior a los niveles establecidos, pero es necesario pronosticar el incremento en corto plazo de las actividades portuarias tanto en las empresas de níquel (ejemplo proyecto Ferroníquel) como los servicios a terceros.

Con relación a las Líneas de Distribución:

- 1- La mayor caída de voltaje existente es de 1.018%, valor que se podría considerar excelente si se considera que el resto se encuentra por debajo del 0.2%.
- 2- Las pérdidas son de 5.47 kW, representando el 10.59% de las pérdidas totales.
- 3- Las líneas poseen un tiempo de explotación superior a los 35 años, lo que hace que sufran de un significativo deterioro.

2.6 Posibles medidas a aplicar para el mejoramiento del sistema eléctrico de la EPM:

Según lo que se ha podido analizar hasta ahora, se puede ver claramente cómo es posible la reducción de las pérdidas eléctricas en la empresa. Dentro de las posibles medidas a evaluar en el mejoramiento de los parámetros del sistema eléctrico se destacan los siguientes:

- 1- Cambio de transformadores.
- 2- Cambio del calibre de los conductores de las líneas.
- 3- Uso de banco de condensadores.

2.6.1 Cambio de transformadores:

Atendiendo a lo expresado en el epígrafe anterior se deduce que las pérdidas de potencia en los transformadores es de 46.044 kW, representando el 7.15% de la potencia promedio. Por el comportamiento de los coeficientes de carga y capacidad de los transformadores, se proponen dos variantes que conllevarán a la reducción de las pérdidas en los mismos.

Variante # 1: Cambiar los transformadores de las UEB de Explotación Portuaria y Planta de Amoniaco de 1000 kVA por dos de 630 kVA, el de Campo de Boyas de 100 kVA por uno de 25 kVA, el de Taller Automotor de 100 kVA por uno de 200 kVA.

Variante # 2: Cambiar el transformador de Explotación Portuaria de 1000 kVA por el de Planta de Petróleo que no está instalado que es de 630 kVA.

En la primera variante, tres de los transformadores que se requieren para el cambio no se encuentran en la empresa lo que implica una inversión mayor, mientras que la segunda propuesta no requiere de la compra de ningún transformador, lo que hace que sea más fácil y económico.

2.6.2 Cambio del calibre de los conductores de las líneas:

Uno de los componentes principales de un sistema de distribución aéreo son los conductores aéreos utilizados que son en lo fundamental de cobre o de aluminio. Un conductor de cobre tiene menos resistencia que un conductor de aluminio del mismo tamaño. Los conductores de cobre y de aluminio son los más usados en la electricidad, el aluminio también es un buen conductor y además, tiene la ventaja de pesar menos y ser más barato; en la mayoría de las aplicaciones, no se utilizan conductores que sean sólo de aluminio, porque el aluminio tiene menos resistencia mecánica que el cobre. Por lo tanto, los conductores de aluminio suelen ser reforzados con cables de acero en su centro (ACSR) y (AC), estando los cables de aluminio enrollados a su alrededor, por lo que la intensidad es transportada por los cables de aluminio, mientras que los cables de acero facilitan el soporte mecánico.

La circulación de intensidad en cualquier conductor originará un calentamiento en el conductor. Este calentamiento se conoce generalmente como pérdidas por calentamiento o por efecto joule “ I^2R ”, puesto que ésta es la fórmula de la pérdida de potencia (disipada en forma de calor), cuando la intensidad de corriente (I) circula a través de una resistencia (R). Con niveles altos de intensidad, la cantidad de calor generada en un conductor puede ser lo suficientemente alta como para recocerlo (reblandecerlo) y reducir su resistencia a la tracción. Como resultado aumentará la flecha en el conductor, quizás más allá de los límites aceptables para garantizar una distancia al suelo suficiente. Por consecuencia, se fijarán límites a la intensidad máxima que puede ser soportada por un conductor de un tamaño y un material determinado. De la expresión de las pérdidas por calentamiento “ I^2R ” se puede ver que para una cantidad determinada de intensidad, estas son directamente proporcionales a la resistencia del conductor. Los conductores con resistencias inferiores generarán menos calor; por lo tanto serán capaces de soportar una mayor intensidad. A su vez, es inversamente proporcional al área de la sección del conductor. Al aumentar la sección del conductor, la resistencia disminuye.

Hay varios factores que influyen en la selección del conductor: La intensidad que debe ser soportada (para servir a la carga existente y tener en cuenta el crecimiento futuro de éstas y la operación en emergencia), la caída de tensión y la pérdida de potencia permitida a lo largo de todo el conductor, la resistencia mecánica del conductor, el costo y la facilidad de instalación y manejo. Es así que muchos diseñadores de sistemas eléctricos elegirán un conductor más grande para reducir las pérdidas de potencia activa y las caídas de tensión, aunque el costo inicial de la instalación sea más elevado.

Debido a los más de 35 años de explotación que poseen estas líneas, se propone la sustitución de la totalidad de los conductores AC-35 por conductores AAAC-78. De esta forma se reducirán tanto las pérdidas por transporte como las caídas de voltaje.

2.6.3 Conexión de banco condensadores:

Como se sabe, la función de los condensadores es compensar la demanda de potencia reactiva que requieran las cargas para su funcionamiento. La compensación no puede ser completamente igual a la unidad, porque esto implicaría que los generadores trabajarían con excitación muy baja, poniendo en peligro la estabilidad del sistema. La potencia reactiva circula desde los generadores a las cargas a través de transformadores y líneas, el factor de potencia más económico será mayor a medida que nos alejemos de las plantas generadoras. La subida de voltaje ocasionada por los condensadores no es de una magnitud tal que pueda ofrecer una solución favorable a aquellos circuitos con voltajes más críticos; las subidas apreciables solo se logran en líneas con relación $\frac{X}{R} > 1$ y con banco de condensadores grandes. La conexión y desconexión de muchos bancos se realiza automáticamente por: señales de control de voltaje, circulación de potencia reactiva, circulación de corriente y por tiempo.

Los condensadores se deben retirar en las horas de mínima demanda y debe realizarse por dos vías fundamentalmente.

- a) Instalación de grandes capacidades en las subestaciones atendidas, donde el operador es el encargado de su conexión y desconexión, este caso se da cuando se requiere controlar el voltaje en niveles superiores al de la distribución.
- b) Mediante la instalación de bancos más pequeños en los circuitos de distribución primaria controlados automáticamente, se corre el riesgo de que su conexión y desconexión no coincidan con las necesidades del sistema.

La potencia activa que consume una carga trifásica es:

$$P = \sqrt{3}V_L I \cos \varphi$$

Se sabe que el valor del factor de potencia puede variar de 0 a 1. Por tanto, para mantener una potencia constante si el voltaje es constante solo puede variar el $\cos \varphi$ o la corriente (I). Esto trae por consecuencia que con un bajo valor de $\cos \varphi$, el valor

de la corriente aumenta y por tanto las pérdidas de las líneas aumentan también. Igualmente ocurre con las caídas de tensión en las líneas, dado que estas son directamente proporcional a la corriente (I).

Para mejorar el factor de potencia se puede realizar por dos métodos: mediante la instalación de banco de capacitores o con compensadores sincrónicos. Actualmente la instalación de banco de capacitores es el método más económico en los circuitos de distribución.

Con la instalación de bancos de condensadores se mejora el factor de potencia. El cálculo matemático que rige la corrección del factor de potencia mostrado en la figura 2.5 es el siguiente:

Primero debe conocerse la potencia activa, reactiva y aparente del circuito mediante la ecuación:

$$kVA^2 = kW^2 + kVAr^2 (\text{inductivo}) \quad (2.20)$$

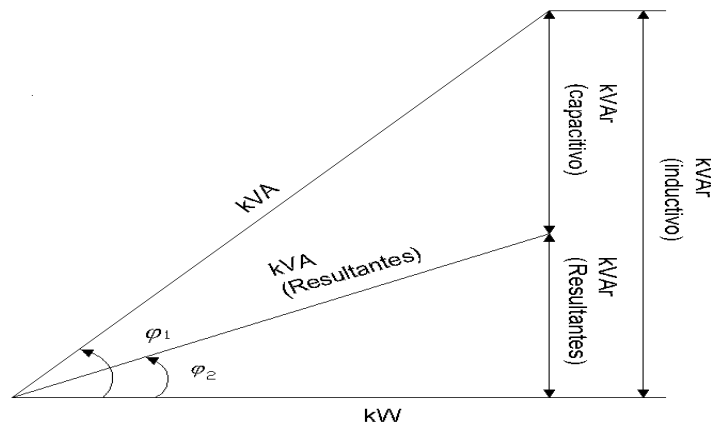


Fig. 2.5 Mejora del factor de potencia al introducir condensadores en la línea

Para conocer la potencia reactiva capacitiva que mejora el valor del factor de potencia de $\cos \varphi_1$ a $\cos \varphi_2$ se utilizarán fórmulas como:

$$\tan \varphi = \frac{kVAr \text{ (inductivo)}}{kW} \quad (2.21)$$

$$CkVAr = kVAr \text{ (inductivo)} - kW \tan \varphi_2 \quad (2.22)$$

$$CkVAr = kW (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) \quad (2.23)$$

Donde:

CkVAr: Potencia reactiva debida a los capacitores;

kVAr: (inductivo) potencia reactiva de la carga;

kW: Potencia activa de la carga; la que es invariable;

φ_1 : Ángulo del factor de potencia sin capacitores

φ_2 : Ángulo del factor de potencia con capacitores.

Se presentan varias desventajas cuando se instalan capacitores, pero éstas se reducen al mínimo cuando se instalan banco de capacitores variables automáticos, es decir, que se conectan y desconectan a estos automáticamente.

2.7 Conclusiones:

En el presente capítulo se obtuvieron los parámetros fundamentales para el análisis del sistema eléctrico de la Empresa Puerto Moa, primeramente se obtuvo mediante las mediciones los valores de las cargas eléctricas en cada centro de carga, luego a través del levantamiento de la carga instalada y el recorrido por todas las áreas de la empresa, se pudieron actualizar los diagramas monolineales. También fueron calculadas las pérdidas de potencia activas totales de la empresa donde se pudo apreciar que las mismas se encuentran a 8% de la potencia activa promedio del sistema eléctrico de la entidad, además de que con los valores de los coeficientes de carga, se pudo conocer el estado de carga de cada transformador, notándose que algunos están subcargados y proponiéndose el cambio de estos mediante dos

variantes. Por otra parte se pudo conocer el factor de potencia en diferentes áreas y centros de cargas de la empresa, comportándose en el rango de 0.76 a 0.82, donde mediante el análisis del mismo se realizó una propuesta para la conexión de bancos de condensadores en determinadas áreas. Así mismo se propuso el cambio de calibre de la totalidad de los conductores AC-35.

Capítulo 3

Valoración técnica – económica del trabajo e impacto medio ambiental.

3.1 Introducción:

En el presente capítulo se desarrollarán las propuestas de mejoras para la reducción de las pérdidas de potencia y energía eléctrica vistas en el capítulo anterior. Se definirán todos los gastos de inversión a la hora de aplicar estas medidas para determinar el tiempo de amortización; y a través del análisis de sus resultados conocer cuan factible es su aplicación tanto de forma técnica como económica. Por último se analizará el impacto medio ambiental que representa la realización de este trabajo.

3.2 Desarrollo de las medidas propuestas:

En el capítulo 2 mediante el levantamiento de las cargas instaladas y las diferentes mediciones realizadas, se pudo determinar las pérdidas eléctricas existentes en la empresa. Lo que posibilitó la propuesta de tres medidas fundamentales que ayudarán a la reducción de las mismas. Estas medidas serán analizadas a lo largo de este capítulo mediante las siguientes direcciones de trabajo:

Caso 1: Cálculo de las pérdidas de potencia y energía con el cambio de calibre de los conductores de las líneas.

Caso 2: Cálculo de las pérdidas de potencia y energía con el cambio de calibre de los conductores de las líneas y cambio de algunos transformadores.

Caso 3: Cálculo de las pérdidas de potencia y energía con el cambio de calibre de los conductores de las líneas, cambio de transformadores y la conexión de banco condensadores.

De esta forma se podrá determinar cuáles de las variantes propuestas poseen un mayor impacto en la reducción de las pérdidas eléctricas.

3.2.1 Pérdidas eléctricas con el cambio de calibre de los conductores de las líneas:

En el epígrafe 2.6.2 del capítulo anterior se realizó un análisis acerca de los conductores empleados en las líneas de distribución, así como también los factores que se deben tener en cuenta para la selección de estos.

Según el estudio y cálculos realizados en la empresa, se llegó a la conclusión de emplear los conductores AAAC-78 para la sustitución de los conductores AC-35. Debido principalmente a que son los que más frecuentemente llegan al país. Aunque las pérdidas en las líneas de distribución representan un por ciento pequeño con respecto a las pérdidas eléctricas totales, fue necesario resaltar el gran deterioro que poseen debido al excesivo tiempo de explotación.

La tabla 3.1 muestra los valores de pérdidas eléctricas y caída de voltaje en las líneas con el cambio del calibre de los conductores.

| Tramo de línea | L (Km) | Un (kV) | R (Ohm/Km) | X (Ohm/Km) | Pprom (kW) | Qprom (kVAr) | Sprom (kVA) | Caída de U(%) | Pérdidas (kW) |
|----------------|-------------|---------|------------|------------|------------|--------------|-------------|---------------|---------------|
| A | 5.16 | 13.8 | 0.27 | 0.42 | 644.3 | 480.75 | 804.9 | 1.044 | 4.728 |
| B | 0.1 | 13.8 | 0.45 | 0.44 | 501.7 | 381.44 | 630.5 | 0.021 | 0.094 |
| C | 0.25 | 13.8 | 0.45 | 0.44 | 253 | 174.82 | 307.5 | 0.025 | 0.056 |
| D | 0.6 | 13.8 | 0.45 | 0.44 | 62 | 46.5 | 77.5 | 0.015 | 0.009 |
| E | 0.4 | 13.8 | 0.45 | 0.44 | 245.58 | 204.93 | 320.07 | 0.042 | 0.097 |
| F | 0.2 | 13.8 | 0.45 | 0.44 | 107.98 | 86.63 | 138.44 | 0.009 | 0.009 |
| G | 1.3 | 13.8 | 0.45 | 0.44 | 137.6 | 118.3 | 181.63 | 0.078 | 0.101 |
| H | 0.2 | 13.8 | 0.45 | 0.44 | 42.6 | 31.95 | 53.25 | 0.003 | 0.001 |
| Total | 8.21 | | | | | | | | 5.09 |

Tabla 3.1 Pérdidas de Potencia activa en las líneas

Haciéndose una comparación con los resultados obtenidos en la tabla 2.2 del epígrafe 2.4.1 del capítulo anterior, se puede apreciar como con el cambio de calibre se logra una reducción de un 7.4 % de las pérdidas de potencia activa en las líneas. Esto significa que mensualmente se estarían ahorrando unos 273.6 kWh de la potencia consumida actualmente en la empresa, de debe sumar a esto la seguridad industrial que ofrece esta propuesta, debido a que reducirá las probabilidades de ocurrencia de alguna avería.

3.2.2 Pérdidas eléctricas con el cambio de transformadores:

Para la realización del cálculo de las pérdidas eléctricas con esta propuesta, se determinarán los valores nominales de dichos transformadores para así conocer tanto las pérdidas en vacío como en cortocircuito. Luego se analizarán las dos variantes que se proponen y se hará un pequeño análisis de las ventajas y desventajas que traería la aplicación de una u otra.

Para la variante #1: Para realización de esta variante se hace necesario la compra de 3 transformadores, uno de 25 kVA para Campo de Boyas, uno de 200 kVA para Taller Automotor y un tercero de 630 kVA para la sustitución de los transformadores de 1000 kVA existentes en Planta de Amoniaco y Explotación Portuaria, debido a que el segundo transformador que se requiere es el que se encuentra de reserva en Planta de Petróleo.

Con la utilización de esta variante se obtuvieron los siguientes resultados:

| Centro de carga | Zona | Snom (kVA) | Inom (A) | Ireal (A) | Kc |
|------------------------|--------------|-------------------|-----------------|------------------|-----------|
| CCT1 (630kVA) | Explot. Port | 630 | 26.38 | 1.8 | 0.07 |
| CCT2 (200kVA) | Tall. Autom | 200 | 8.36 | 3.97 | 0.47 |
| CCT3 (250 kVA) | Marítimo | 250 | 11.26 | 8.60 | 0.764 |
| CCT4 (630 kVA) | Petróleo | 630 | 26.38 | 4.48 | 0.17 |
| CCT5 (630 kVA) | Amoniaco | 630 | 26.38 | 5.86 | 0.22 |
| CCT6 (100 kVA) | Carbón | 100 | 4.18 | 2.59 | 0.62 |
| CCT7 (25 kVA) | Camp de B | 25 | 1.05 | 0.15 | 0.14 |

Tabla 3.2 Coeficiente de carga (Kc) de los transformadores

Aunque el principal objetivo que se persigue es la disminución de las pérdidas de potencia activa en el sistema producto a los transformadores, se puede ver como también al hacerse el cambio de estos en algunas áreas, el coeficiente de carga aumenta su valor.

La tabla 3.3 muestra cómo se reducen considerablemente las pérdidas eléctricas en aquellas áreas donde se sustituyeron los transformadores que poseían problemas con su coeficiente de carga, obsérvese que la reducción más significativa estará dada en Campo de Boyas.

| Centro de carga | Zona | Pérdidas en vacío (kW) | Pérdidas en CC (kW) | Kc | P.Total (kW) |
|-----------------|--------------|------------------------|---------------------|-------|---------------|
| CCT1 (630kVA) | Explot. Port | 1.531 | 7.736 | 0.07 | 1.569 |
| CCT2 (200 kVA) | Tall. Autom | 1.143 | 2.738 | 0.47 | 1.748 |
| CCT3 (250 kVA) | Marítimo | 1.240 | 2.218 | 0.764 | 2.521 |
| CCT4 (630 kVA) | Petróleo | 1.531 | 7.736 | 0.17 | 1.755 |
| CCT5 (630 kVA) | Amoniaco | 1.531 | 7.736 | 0.22 | 1.905 |
| CCT6 (100 kVA) | Carbón | 0.468 | 1.771 | 0.62 | 1.149 |
| CCT7 (25 kVA) | Camp de B | 0.23 | 0.553 | 0.14 | 0.241 |
| Total | | 7.674 | 30.488 | | 10.902 |

Tabla 3.3 Pérdidas Activas por centros de carga

Con estos valores resulta más fácil calcular las pérdidas por transformación, lo que unido a las pérdidas en las líneas de distribución dará como resultado, las pérdidas de potencia total en la EPM, las cuales se muestran en la tabla 3.4.

| Tramos | L (Km) | Un (kV) | Pprom (kW) | Qprom (kVAr) | Sprom (kVA) | Pérdidas (kW) | Pérdidas por transf (kW) | Fp |
|---|-------------|---------|------------|--------------|-------------|---------------|--------------------------|------|
| A | 5.16 | 13.8 | 644.27 | 480.75 | 804.98 | 4.728 | 10.902 | 0,80 |
| B | 0.1 | 13.8 | 501.73 | 381.44 | 630.5 | 0.094 | 8.997 | 0,80 |
| C | 0.25 | 13.8 | 253 | 174.82 | 307.5 | 0.056 | 3.67 | 0,82 |
| D | 0.6 | 13.8 | 62 | 46.5 | 77.5 | 0.009 | 1.149 | 0,80 |
| E | 0.4 | 13.8 | 245.58 | 204.93 | 320.07 | 0.097 | 5.072 | 0,77 |
| F | 0.2 | 13.8 | 107.98 | 86.63 | 138.44 | 0.009 | 1.755 | 0,78 |
| G | 1.3 | 13.8 | 137.6 | 118.3 | 181.63 | 0.101 | 3.317 | 0,76 |
| H | 0.2 | 13.8 | 42.6 | 31.95 | 53.25 | 0.001 | 1.569 | 0,80 |
| Total | 8.21 | | | | | 5.09 | 36.431 | |
| Total de Pérdidas en el circuito | | | | | | 41.521 | | |

Tabla 3.4 Pérdidas totales en la EPM (variante #1)

Realizando un análisis de la tabla 3.4 con respecto a la tabla 2.5 del anterior capítulo, se observa como las pérdidas por transformación disminuyen de 46.044 kW a 36.431 kW, lo que equivale a una reducción de un 20.88 %. Estas, junto a las pérdidas calculadas con el cambio del calibre de los conductores conllevan a que las pérdidas totales desciendan a 41.521 kW, lo que figura un ahorro diario de unos 239.83 kWh, lo que llevado a un año sería de unos 87537.95 kWh.

Para la variante #2: La principal ventaja que representa el uso de esta variante, es que no es necesario la compra de ningún transformador. Debido a que el transformador de 630 kVA que se requiere para la sustitución del transformador de 1000 kVA en Explotación Portuaria, se encuentra dentro de la empresa.

Los resultados obtenidos se exponen en la siguiente tabla:

| Centro de carga | Zona | Pérdidas en vacío (kW) | Pérdidas en CC (kW) | Kc | P.Total (kW) |
|-----------------|-------------|------------------------|---------------------|-------|---------------|
| CCT1 (630kVA) | Explt. Port | 1.531 | 7.736 | 0.068 | 1.567 |
| CCT2 (100 kVA) | Tall. Autm | 0.468 | 1.771 | 0.95 | 2.066 |
| CCT3 (250 kVA) | Marítimo | 1.240 | 2.218 | 0.764 | 2.535 |
| CCT4 (630 kVA) | Petróleo | 1.531 | 7.736 | 0.17 | 1.755 |
| CCT5 (1000 kVA) | Amoniaco | 2.594 | 11.115 | 0.14 | 2.812 |
| CCT6 (100 kVA) | Carbón | 0.468 | 1.771 | 0.62 | 1.149 |
| CCT7 (100 kVA) | Camp de B | 0.468 | 1.771 | 0.034 | 0.470 |
| Total | | 8.936 | 37.48 | | 12.354 |

Tabla 3.5 Pérdidas Activas por centros de carga

Como aspecto negativo se podría señalar, el hecho de que al usar esta variante, se obtendría prácticamente el mismo coeficiente de carga. Lo que significa que se tendría una potencia instalada muy superior a la que realmente se necesita.

Con respecto al estado actual las pérdidas de potencia eléctrica por centros de carga se reducirán en 1.046 kW, por lo que las pérdidas por transformación también mostrarán valores inferiores, como se observa en la tabla 3.6.

| Tramos | L (Km) | Un (kV) | Pprom (kW) | Qprom (kVAr) | Sprom (kVA) | Pérdidas (kW) | Pérdidas por transf (kW) | Fp |
|---|-------------|---------|------------|--------------|-------------|---------------|--------------------------|------|
| A | 5.16 | 13.8 | 644.27 | 480.75 | 804.98 | 4.728 | 12.354 | 0,80 |
| B | 0.1 | 13.8 | 501.73 | 381.44 | 630.5 | 0.094 | 9.542 | 0,80 |
| C | 0.25 | 13.8 | 253 | 174.82 | 307.5 | 0.056 | 3.68 | 0,82 |
| D | 0.6 | 13.8 | 62 | 46.5 | 77.5 | 0.009 | 1.149 | 0,80 |
| E | 0.4 | 13.8 | 245.58 | 204.93 | 320.07 | 0.097 | 5.388 | 0,77 |
| F | 0.2 | 13.8 | 107.98 | 86.63 | 138.44 | 0.009 | 1.755 | 0,78 |
| G | 1.3 | 13.8 | 137.6 | 118.3 | 181.63 | 0.101 | 3.633 | 0,76 |
| H | 0.2 | 13.8 | 42.6 | 31.95 | 53.25 | 0.001 | 1.567 | 0,80 |
| Total | 8.21 | | | | | 5.09 | 39.068 | |
| Total de Pérdidas en el circuito | | | | | | 44.158 | | |

Tabla 3.6 Pérdidas totales en la EPM (variante #2)

Con esta variante #2 se puede apreciar como las pérdidas eléctricas en la empresa disminuirán, alcanzando el valor de 44.158 kW. Lo que representa una reducción del 14.3 %, equivalente a 7.36 kW con respecto al estado actual. Denota que diariamente se estarían ahorrando unos 176.64 kWh, mientras que al año el ahorro asciende a 64473.6 kWh.

Analizándose ambas propuestas se puede observar como la variante #1 es más eficiente que la variante #2 respecto a la reducción de pérdidas eléctricas, reflejando una diferencia de 2.64 kW. Si bien es cierto que la primera propuesta requiere de mayor tiempo para su ejecución, destinado a la preparación técnica del equipo, su traslado e instalación. Es necesario señalar que esta simple diferencia equivaldría a 23126.4 kWh al año, lo que podría en corto plazo amortiguar el costo de la inversión. También se puede unir a esto el hecho de que, en el primer caso se podrá sustituir el transformador que se encuentra en el Taller Automotor por uno de mayor potencia, debido a que cualquier incremento de la carga en el área traerá consigo que el mismo trabaje por encima de sus parámetros nominales, lo cual podría ocasionar serios problemas en el sistema eléctrico.

El uso o no de una u otra variante estará en dependencia de la necesidad e interés que posea la empresa de mejorar su sistema eléctrico, unido también a la factibilidad económica que posean. Es por esta razón que al realizarse la valoración económica de las medidas propuestas, se hará el mismo análisis para ambas. Independientemente de esto, teniendo en cuenta todos los beneficios técnicos que traería, se propone hacer empleo de la variante #1.

3.2.3 Pérdidas eléctricas con la conexión de bancos condensadores:

Para el desarrollo de este epígrafe, primeramente es necesario determinar cuáles son las áreas que más afectadas se encuentran por el bajo factor de potencia. Para la instalación de estos se propondrán dos variantes, las cuales se muestran a continuación:

- 1- *Conexión de bancos condensadores de bajo voltaje en los transformadores de las principales áreas afectadas.*
- 2- *Conexión de bancos condensadores de alto voltaje en las barras del sistema de distribución eléctrico de la empresa.*

Bancos condensadores de bajo voltaje (BcBV): Haciendo un análisis de los resultados obtenidos en el capítulo anterior se llegó a la conclusión de que las zonas de: Taller Automotor, Planta de Petróleo, Planta de Carbón y Planta de Amoniaco

son las más indicadas para la instalación de estos bancos de condensadores. Los cálculos partieron a raíz del principio de elevar el factor de potencia en estas áreas hasta 0.95, para de esta forma ayudar a la mejora de este en la empresa, el cual se encuentra en 0.8. La tabla 3.7 muestra los principales resultados obtenidos con este análisis.

| Centro de carga | P (kW) | Q (kVAr) inicial | Q (kVAr) final | Q(CkVA) capacitores | Q(CkVA) normado | Cosφ inicial | Cosφ final |
|-----------------|--------|---------------------|-------------------|------------------------|--------------------|-----------------|---------------|
| CCT2 (200 kVA) | 95 | 86,35 | 31.3 | 55.05 | 55 | 0,74 | 0.95 |
| CCT4 (630 kVA) | 107,98 | 86,63 | 34.87 | 51.76 | 50 | 0,78 | 0.95 |
| CCT5 (630 kVA) | 142,27 | 99,31 | 46.76 | 52.55 | 55 | 0,82 | 0.95 |
| CCT6 (100 kVA) | 62 | 46,5 | 20.5 | 26 | 25 | 0,8 | 0.95 |
| Total | | | | 185.36 | 185 | | |

Tabla 3.7 Potencia reactiva con el uso de condensadores

Según los cálculos realizados a partir de las formulas vistas en el epígrafe 2.6.3, se puede observar como los resultados indican al uso de cuatro bancos condensadores con una capacidad total de 185 CkVA, mientras que los de mayor capacidad serán de 55 CkVA, siendo instalados en el Taller Automotor y en Planta de Petróleo.

Al reducirse la potencia reactiva por consiguiente se disminuirá también las pérdidas eléctricas en las líneas de distribución y la caída de tensión, lo que junto a la mejora del factor de potencia equivaldría a un mejor aprovechamiento de la energía eléctrica. La tabla 3.8 muestra como al instalarse los bancos condensadores en las áreas señaladas, las pérdidas eléctricas en las líneas se reducen de 5.09 kW a 3.949 kW, esto significa que anualmente se estarían ahorrando solo por este concepto unos 9995.16 kWh. Si se realiza este análisis de forma general teniendo en cuenta el estado actual del sistema eléctrico de la EPM, se puede observar como con la aplicación de las tres medidas propuestas se reducen las pérdidas eléctricas totales en un 21.6%, lo que equivale a un ahorro diario de 267.22 kWh, mientras que para un año será de 97535.3 kWh.

| Tramo de línea | L (Km) | Un (kV) | R (Ohm/Km) | X (Ohm/Km) | Pprom (kW) | Qprom (kVAr) | Pérdidas (kW) | Caída de U(%) | Perd por transf | Fp |
|---|-------------|---------|------------|------------|------------|--------------|---------------|---------------|-----------------|-------------|
| A | 5.16 | 13.8 | 0.27 | 0.42 | 644.27 | 295.39 | 3.675 | 0.8075 | 10.902 | 0.91 |
| B | 0.1 | 13.8 | 0.45 | 0.44 | 501.73 | 248.63 | 0.074 | 0.0176 | 8.997 | 0.90 |
| C | 0.25 | 13.8 | 0.45 | 0.44 | 253 | 148.85 | 0.051 | 0.0235 | 3.67 | 0.86 |
| D | 0.6 | 13.8 | 0.45 | 0.44 | 62 | 20.5 | 0.006 | 0.0116 | 1.149 | 0.95 |
| E | 0.4 | 13.8 | 0.45 | 0.44 | 245.58 | 98.12 | 0.066 | 0.0323 | 5.072 | 0.93 |
| F | 0.2 | 13.8 | 0.45 | 0.44 | 107.98 | 34.87 | 0.006 | 0.0067 | 1.755 | 0.95 |
| G | 1.3 | 13.8 | 0.45 | 0.44 | 137.6 | 63.25 | 0.070 | 0.0613 | 3.317 | 0.91 |
| H | 0.2 | 13.8 | 0.45 | 0.44 | 42.6 | 31.95 | 0.001 | 0.0035 | 1.569 | 0.80 |
| Total | 8.21 | | | | | | 3.949 | | 36.431 | 0.90 |
| Total de Pérdidas en el circuito | | | | | | | 40.380 | | | |

Tabla 3.8 Pérdidas de Potencia activa en las líneas con la conexión de bancos condensadores de baja tensión

La principal desventaja que posee la instalación directa de estos bancos en las áreas afectadas, es que deben ser condensadores de bajo voltaje, ya que las cargas instaladas trabajan con 440 V. Esto significa que el costo de instalación será mayor, debido a que estos condensadores presentan un costo superior en el mercado que los de alto voltaje.

Bancos condensadores de alto voltaje (BcAV): Teniendo en cuenta que el voltaje en las barras es de 13.8 kV, los capacitores a usar serán de alta tensión. Esto desde el punto de vista económico es favorable, aunque este método no es tan eficaz como el planteado en la propuesta anterior. Para este caso se trabajó con el fin de elevar el factor de potencia hasta 0.92. También se debe señalar que debido al bajo nivel que este posee en la empresa, el cual afecta a casi la totalidad del sistema, se hace necesario el uso de un banco condensador por cada centro de carga, exceptuando únicamente el área de Campo de Boyas, donde el factor de potencia se encuentra en 0.90. Debido a esto el número de bancos condensadores a usar será mayor, así como la capacidad total de estos.

La siguiente tabla muestra cómo se comportan las pérdidas de potencia activa en las líneas de distribución y el factor de potencia, al realizarse la conexión de bancos condensadores de alta tensión:

| Tramo de línea | L (Km) | Un (kV) | Pprom (kW) | Qinicial (kVAr) | Qfinal (kVAr) | Qresult (CkVA) | Q(CkVA) normado | Pérdidas (kW) | $\Delta U(\%)$ | Perd por transf | Fp |
|---|-------------|---------|------------|-----------------|---------------|----------------|-----------------|---------------|----------------|-----------------|-------------|
| A | 5.16 | 13.8 | 644.27 | 445.2 | 274.45 | 170.75 | 170 | 3.588 | 0.7837 | 10.902 | 0.92 |
| B | 0.1 | 13.8 | 501.73 | 345.89 | 218.43 | | | 0.071 | 0.0169 | 8.997 | 0.92 |
| C | 0.25 | 13.8 | 253 | 154.76 | 107.77 | 46.99 | 50 | 0.045 | 0.0212 | 3.67 | 0.92 |
| D | 0.6 | 13.8 | 62 | 46.5 | 26.41 | 20.09 | 20 | 0.006 | 0.0125 | 1.149 | 0.92 |
| E | 0.4 | 13.8 | 245.58 | 191.13 | 110.66 | | | 0.069 | 0.0334 | 5.072 | 0.91 |
| F | 0.2 | 13.8 | 107.98 | 86.63 | 46.93 | 39.7 | 40 | 0.007 | 0.0073 | 1.755 | 0.92 |
| G | 1.3 | 13.8 | 137.6 | 104.5 | 45.23 | 59.27 | 60 | 0.064 | 0.0559 | 3.317 | 0.92 |
| H | 0.2 | 13.8 | 42.6 | 31.95 | 18.15 | 13.45 | 15 | 0.001 | 0.0029 | 1.569 | 0.92 |
| Total | 8.21 | | | | | 350.25 | 355 | 3.851 | | 36.431 | 0.92 |
| Total de Pérdidas en el circuito | | | | | | | | | 40.282 | | |

Tabla 3.9 Pérdidas de Potencia activa en las líneas con la conexión de bancos condensadores de alta tensión

Al igual que para el primer caso, se observa como con el uso de bancos condensadores de alta tensión, las pérdidas eléctricas en las líneas se reducen considerablemente. Como aspecto negativo se puede decir que al hacerse uso de estos bancos condensadores, puede suceder que la conexión o desconexión de estos no coincidan con las necesidades del sistema. Esto se debe a que su uso debe realizarse cuando el sistema eléctrico de la empresa lo requiera, por lo que se deben desconectar en los horarios mínimos de demanda.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos por las dos variantes, considerando el impacto que estas poseen en la mejora del sistema eléctrico, y valorando el criterio de algunos especialistas, se sugiere el empleo de los bancos condensadores de alta tensión.

3.3 Evaluación de las medidas propuestas:

El consumo de energía eléctrica producto a las pérdidas, afecta considerablemente la economía de cualquier empresa y la del país, por constituir gastos irrecuperables e irreparables, por lo cual se hace necesario disminuirlos al mínimo posible. Teniendo en cuenta los análisis realizados anteriormente se reflejan en la tabla 3.10 los consumos de energía producto a las pérdidas y el total de la empresa en un año, así como el valor de estas luego de aplicadas las medidas propuestas.

| <i>Pérdidas Energía</i> | <i>Sin mejoras (kWh)</i> | <i>Con mejoras (kWh)</i> | <i>Ahorro (kWh)</i> |
|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------|
| Día | 1236.34 | 966.77 | 269.57 |
| Mes | 37090.08 | 29003.04 | 8087.04 |
| Año | 451264.10 | 352871.05 | 98393.05 |

Tabla 3.10 Evaluación de las medidas propuestas

Como se observa con estas medidas se obtiene un ahorro de energía al año de 98393.05 kWh/año significando una reducción de un 21.8%, desglosado serían unos 84209.88 kWh/año por el cambio de cuatro transformadores, 3328.8 kWh/año por el cambio de calibre de los conductores y 10853.64 kWh/año por el uso de bancos condensadores de alta tensión con una capacidad total de 350 CkVA. La figura 3.1 muestra cómo se comportará el ahorro de las pérdidas eléctricas en un año con la aplicación de las diferentes variantes.

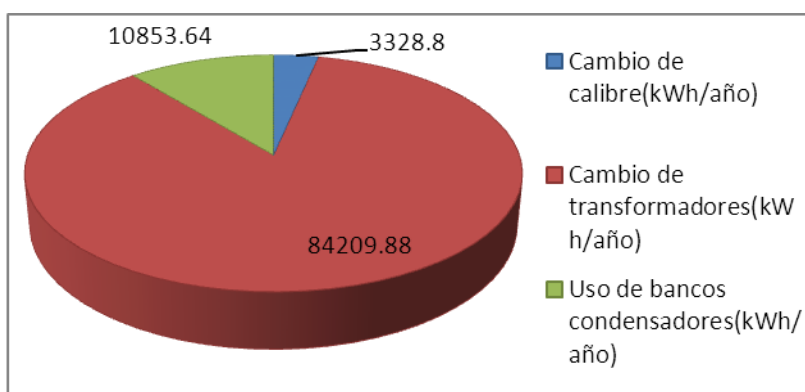


Fig. 3.1 Ahorro de energía eléctrica en un año

Aunque el mayor ahorro de energía eléctrica lo representa la sustitución de transformadores, es necesario resaltar la importancia que posee tanto el cambio de calibre de los conductores como el uso de bancos condensadores. Estas tendrán su mayor repercusión en la reducción de las pérdidas por transportación de la energía. Es por todo lo planteado que se propone el uso de las tres medidas, ya que de esta forma se contará con un sistema eléctrico más confiable y eficiente.

3.4 Valoración económica de la investigación:

Para el Sistema Eléctrico Nacional las tarifas no son fijas durante todo el día, dado que no siempre están trabajando las mismas unidades de generación y muchas veces el costo de la generación en el horario pico es mucho más caro que en otro y por otra parte varían por año en dependencia del costo del barril de petróleo a pesar de que se añaden coeficientes de adaptación para las fluctuaciones normales del mercado.

En la actualidad el Puerto de Moa recibe el cobro del servicio eléctrico por parte de la fábrica PSA, pero para la valoración económica de este trabajo se tomaran las tarifas de cobro de la OBE, debido a que al realizarse la separación del sistema eléctrico, será esta la empresa encargada de brindar y cobrar este servicio. El sistema de cobro está conformado por tres grandes grupos de tarifas:

- ❖ A. Tarifa para consumidores ubicados en la alta tensión.
- ❖ M. Tarifa para consumidores ubicados en la media tensión.
- ❖ B. Tarifa para consumidores ubicados en la baja tensión.

Podrán aplicarse en pesos cubanos (CUP) o en pesos convertibles (CUC), según la moneda de pago establecida para cada cliente y se aplicarán a clientes no residenciales y residenciales, según proceda en cada caso, Independientemente a si son empresas 100 % cubanas, empresas mixtas, Asociaciones Económicas Internacionales o entidades extranjeras radicadas en el país.

Para determinar el impacto económico que representa la aplicación de las medidas propuestas, se considerará para el caso del cambio de transformadores el empleo de ambas variantes. Esto se debe básicamente a la gran diferencia que existe entre una u otra, tanto del punto de vista técnico como económico. En el caso del empleo de los bancos condensadores también se compararan las dos propuestas.

Teniendo en cuenta todo lo planteado y haciendo uso de diferentes criterios de especialistas en el tema, se asumió que el kWh tendrá un costo de 0.25 CUP. En la tabla 3.11 se muestran resultados sobre el cálculo de los costos según los casos analizados en el epígrafe 3.2

| Casos analizados | Pérdidas (kW) | % Pprom | kWh/año | CUP/kWh/año | Ahorro en CUP (estado actual) |
|----------------------|---------------|---------|-----------|-------------|--------------------------------|
| <i>Estado actual</i> | 51.514 | 8.00 | 451264.10 | 112816.03 | |
| <i>Caso 1</i> | 51.134 | 7.94 | 447933.84 | 111983.46 | 832.60 |
| <i>Caso 2 (V #1)</i> | 41.521 | 6.44 | 363723.96 | 90930.99 | 21885.04 |
| <i>Caso 2 (V #2)</i> | 44.158 | 6.85 | 386824.08 | 96706.02 | 16110.01 |
| <i>Caso 3 (BcBV)</i> | 40.380 | 6.27 | 353728.80 | 88432.20 | 24383.83 |
| <i>Caso 3 (BcAV)</i> | 40.282 | 6.25 | 352870.32 | 88217.58 | 24598.45 |

Tabla 3.11 Resultados del cálculo de las pérdidas para todos los casos analizados

Nótese como con el uso de las tres medidas propuestas, el ahorro por concepto de reducción de pérdidas eléctricas sería de 24598.45 CUP con el cambio de cuatro transformadores y, de 18823.42 CUP con la sustitución del transformador de 1000 kVA instalado en Explotación Portuaria.

Basado en lo analizado en este capítulo corresponde ver si las mejoras introducidas teniendo en cuenta cada caso son factibles económicamente.

3.4.1 Estudio de factibilidad económica Caso 1:

Para la factibilidad económica en este caso se calculó lo que representa el cambio de calibre de los conductores AC-35 por AAAC-78 en un tramo de 3.05 Km, con el precio actual del calibre AAAC-78 que es de 4.18 CUP el Kg. Esto significa que se necesitarían unos 1839 Kg de estos conductores lo que equivale a una inversión de 7687.02 CUP. Por otro lado el salario total de los trabajadores será de 640.78 CUP, como se muestra en la tabla 3.12, contratando este servicio con la OBE.

| No | Descripción | Cantidad | Costo diario (CUP) | Costo total (CUP) |
|-------------------------------|------------------|----------|--------------------|-------------------|
| 1 | Técnico Superior | 1 | 15.21 | 106.47 |
| 2 | Técnico Medio | 1 | 11.83 | 82.81 |
| 3 | Electricista | 5 | 54.00 | 378.00 |
| 4 | Chofer | 1 | 10.50 | 73.50 |
| Costo total de salario | | | | 640.78 |

Tabla 3.12 Gastos de Salario del personal con el cambio de los conductores

Se pronostica para esta inversión el uso de una brigada que cuente con 8 trabajadores, realizando una jornada laboral de 8 horas por el transcurso de una semana. Identificado estos valores el costo total de la inversión será:

Costo Inversión = C. Conductores + S. Trabajadores

Costo Inversión = 8327.80 CUP

Donde:

C. Conductores: Costo de los conductores igual a 7687.02 CUP.

S. Trabajadores: Salario total de los trabajadores igual a 640.78 CUP.

Obtenido el costo total será fácil calcular el tiempo de amortización de la inversión, teniendo en cuenta que para este caso se ahorrarán anualmente unos 832.60 CUP.

$A_{\text{amortización}} = \text{Costo Inversión} / (\text{Ahorro anual})$

$A_{\text{amortización}} = 8327.80 \text{ CUP} / 832.60 \text{ CUP}$

$A_{\text{amortización}} = 10 \text{ años}$

Aunque quizás sea un poco extenso el tiempo de amortización, es necesario proyectar que la principal importancia de esta medida, no es la reducción de las pérdidas eléctricas sino la renovación de las deterioradas líneas de distribución.

3.4.2 Estudio de factibilidad económica Caso 2:

Variante #1: Debido a que se hace necesario la instalación y ajuste de 4 transformadores, unido al cambio de conductores, se requiere el empleo de una fuerza mayor de trabajo. Para este caso se proveerá una brigada conformada por 15 hombres, los cuales trabajaran jornadas de 8 horas durante dos semanas. Por lo que el salario total de los trabajadores ascenderá a 2305.96 CUP.

De los cuatro transformadores requeridos para el cambio se hace necesaria la compra de tres. Un transformador de 200 kVA con un costo de 1468.11 CUP, un transformador de 25 kVA con un costo de 866.22 CUP y un tercero de 630 kVA con un costo de 2735.24 CUP, esto representa una inversión por compra de transformadores de 5069.57 CUP.

Costo Inversión = C. Conductores + S. Trabajadores + C. Transformadores

Costo Inversión = 15062.22 CUP

La tabla 3.11 muestra como al aplicarse estas dos medidas se obtendrá un ahorro anual de 21885.04 CUP, por lo que el tiempo de amortización estará comprendido por:

$$A_{\text{amortización}} = 15062.22 \text{ CUP} / 21885.04 \text{ CUP}$$

$$A_{\text{amortización}} = 0.69 \text{ año}$$

Esto significa que la inversión se amortiza en 8 meses aproximadamente.

Variante #2: Como se ha dicho anteriormente el costo para la aplicación de esta variante será mínimo, puesto que el transformador requerido es el que se encuentra desconectado en la Planta de Petróleo. El cambio de este podrá realizarse con la brigada eléctrica de la empresa, lo que también reducirá el costo por salario de trabajadores. El costo total de inversión será igual a 4323.36 CUP y el ahorro anual para esta variante unos 16110.01 CUP

$$A_{\text{amortización}} = 8327.80 \text{ CUP} / 16110.01 \text{ CUP}$$

$$A_{\text{amortización}} = 0.52 \text{ año}$$

Recuperándose la inversión en alrededor de 6 meses.

Teniendo presente que ambas variantes son factibles económicamente, por lo que ofrecen un corto tiempo de recuperación. Se recomienda entonces que la variante a usar sea la numero 1, ya que esta posee una mayor incidencia en la reducción de la pérdidas eléctricas.

3.4.3 Estudio de factibilidad económica Caso 3:

El costo de los bancos condensadores estará en dependencia de sus características, debido a que pueden ser de alta o baja tensión. Estos últimos poseen un precio muy superior a los de alto voltaje, teniendo en la actualidad un costo aproximado de 29.7 CUP el CkVA, mientras que los de alto voltaje rondan los 6.5 CUP por cada CkVA. Para la compra de estos, los principales proveedores se encargan de brindar el módulo completo en dependencia de la capacidad que se requiera, esto incluye también el regulador automático en caso de que se solicite. La tabla 3.13 muestra el

costo de cada banco condensador a usar tanto en la primera como en la segunda variante.

| Tipo de variante | Instalación | Capacidad (CkVA) | Costo (CUP) |
|--------------------------------|--------------|------------------|-------------|
| Variante #1 (Baja tensión) | T. Automotor | 55 | 1761.60 |
| | P. Petróleo | 50 | 1656.32 |
| | P. Amoniaco | 55 | 1576.32 |
| | P. Carbón | 25 | 832.00 |
| Variante #2 (Alta tensión) | P. Amoniaco | 170 | 1190.00 |
| | Marítimo | 50 | 328.93 |
| | P. Carbón | 20 | 140.63 |
| | P. Petróleo | 40 | 277.90 |
| | T. Automotor | 60 | 414.89 |
| | E. Portuaria | 15 | 95.12 |

Tabla 3.13 Costos de bancos condensadores

Se debe señalar que para el caso de los bancos de baja tensión se previó el uso de reguladores automáticos lo que encarece su costo, mientras la conexión y desconexión de los bancos de alta tensión se realizará manualmente.

Bancos condensadores de bajo voltaje (BcBV): El costo por salario de trabajadores será de 640.78 CUP, justificado por el empleo de una brigada de trabajo compuesta de ocho hombres por una semana. Esto unido al costo por salario del Caso 2 dará un monto de 2946.74 CUP. El costo de los cuatro bancos necesarios para la instalación será de 5931.52 CUP, siendo el costo total de inversión igual a:

Costo Inversión = C. Conductores + S. Trabajadores + C. Transformadores + C. Bancos condensadores

Costo Inversión = 21634.85 CUP

Esta inversión equivaldría a un ahorro anual de 24383.83 CUP, amortiguándose en un periodo de 10 meses con 3 semanas aproximadamente.

Bancos condensadores de alto voltaje (BcAV): En esta ocasión el costo de inversión por la compra de los bancos condensadores será de 2447.47 CUP, por lo que el costo total de la inversión será de 18150.25 CUP. Con el empleo de esta

variante se estarían ahorrando 24598.45 CUP al año. Esto significa que el periodo de recuperación será de 9 meses.

Como se puede observar ambas variantes son factibles económicamente, teniendo un corto tiempo de amortización y diferenciándose una de otra por el costo de inversión. La figura 3.2 muestra de forma esquemática la relación existente entre el ahorro de cada medida propuesta y el costo económico que constituye su aplicación. Esto servirá de apoyo para la toma de la mejor alternativa.

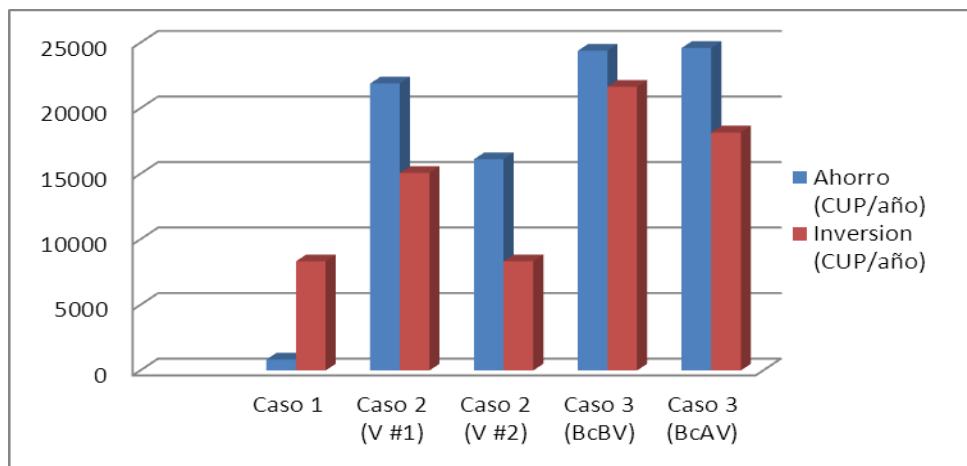


Fig. 3.2 Balance de ahorro e inversión

En modo de resumen, para la reducción de las pérdidas eléctricas y el mejoramiento del factor de potencia se recomienda:

- 1- En las líneas de distribución, el cambio de calibre de los conductores AC-35 por conductores AAAC-78.
- 2- La sustitución de cuatro de los transformadores existentes en la empresa por otros de menor capacidad
- 3- La instalación de un banco de condensadores de alta tensión por cada centro de carga.

Esto representa una inversión de 18150.25 CUP, lo que unido al ahorro que significa la aplicación de estas en un año dará como resultado un tiempo de amortización de 9 meses.

3.5 Valoración ecológica e impacto medioambiental:

Es una realidad latente en nuestros días la necesidad de encontrar alternativas, que permitan reducir el acelerado ritmo de contaminación al medio ambiente. Si bien es cierto que la energía eléctrica por lo general no contamina cuando es consumida, hay que tener en cuenta que la producción y transportación de esta repercuten negativamente en nuestro planeta. En la actualidad más del 80% de la energía eléctrica generada es a través de la utilización de combustibles fósiles, fuentes no renovables de energía. La extracción y explotación de estos trae consigo serias alteraciones a la fauna y vida del lugar como por ejemplo:

- 1- Destrucción del ecosistema que se encuentra alrededor de la zona de extracción y explotación.
- 2- Debilitamiento del subsuelo, lo que puede traer consigo desprendimiento y temblores de tierra
- 3- Emanaciones a la atmosfera de partículas residuales como CO₂ (dióxido de carbono), SO (óxido de azufre) y NO (óxido nitroso) debido a la combustión de sus derivados.

A esto se le puede sumar el peligro que constituye para el caso del petróleo, la ocurrencia de algún derrame.

Según un informe realizado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), declara que alrededor del 30% de la energía eléctrica que es producida por el mundo es desperdiciada. Se estima que en la generación de 1 kW de electricidad se expulsan 0.8 Kg de CO₂ a la atmosfera, mientras que por cada tonelada equivalente de petróleo (tep) se producen unos 11630 kW. Todo lo expuesto habla claramente del riesgo al que diariamente es sometido el planeta, riesgo que directamente afecta al hombre.

Las pérdidas eléctricas siempre van existir, y es una realidad de la cual no se puede escapar. Pero si es posible lograr la reducción de estas y de esta forma atribuirle en alguna manera a la naturaleza cada una de las riquezas que ha puesto en nuestras

manos. En la siguiente tabla se muestra como el desarrollo de este trabajo contribuye de forma ecológica al cuidado del medio ambiente, teniendo en cuenta la aplicación de las tres medidas recomendadas en el periodo de un año.

| Ahorro anual (kWh) | Emanaciones CO ₂ (Kg) | Ahorro de Petróleo (tep) |
|--------------------|----------------------------------|--------------------------|
| 98393.78 | 78715.02 | 8.46 |

Tabla 3.14 Impacto ecológico y medio ambiental

Se observa como después de realizadas las mejoras al sistema eléctrico de la empresa se contribuirá a evitar que 78715.02 Kg de dióxido de carbono terminen en la atmosfera cada año, mientras que en igual periodo se ahorrarán unas 8.46 toneladas equivalentes de petróleo.

Esto permite conocer que el presente trabajo además de ser factible económicamente, también posee un impacto positivo en el cuidado y preservación del medio ambiente.

3.6 Conclusiones:

En este capítulo se desarrollaron las medidas propuestas para el mejoramiento del sistema eléctrico de la empresa, lo que posibilitará la reducción de las pérdidas eléctricas así como el mejoramiento del factor de potencia. Se realizó el análisis económico de la inversión para cada uno de los casos pronosticados, para tener el basamento a la hora de invertir, encontrando el beneficio o ahorro después de aplicada cada propuesta, dando una visión de cuanto puede ser el aporte económico, se determinaron las pérdidas en el circuito y su evaluación monetaria. Definiéndose los siguientes resultados:

Caso 1: Con el cambio de calibre de los conductores en las líneas se obtuvo un ahorro de 3328.8 kWh/año, recuperándose la inversión en un periodo de 10 años.

Caso 2: Realizando el cambio de calibre de los conductores y la sustitución de 4 transformadores se obtuvo un ahorro anual de 87538.68 kWh, teniendo la inversión un tiempo de amortización de 8 meses.

Caso 3: Con el uso de las dos medidas anteriores unido a la instalación de bancos condensadores de alta tensión se obtiene un ahorro de 98393.78 kWh al año y el factor de potencia en la empresa será de 0.92. El tiempo de amortización para esta inversión estará comprendido aproximadamente en 9 meses.

Por ultimo teniendo en cuenta el ahorro anual en kWh que representa la aplicación de estas medidas, se valoró la importancia ecológica y medio ambiental que este trabajo representa.

Conclusiones generales:

Luego de haber concluido el desarrollo del Trabajo de Diploma se cumplió con el objetivo propuesto, llegándose a las conclusiones siguientes:

- Se actualizaron los diagramas monolineales de las seis subestaciones principales de la Empresa Puerto Moa, brindando una información general del comportamiento del sistema eléctrico.
- Se calcularon las pérdidas totales del sistema eléctrico teniendo en cuenta las pérdidas en los transformadores y en las líneas, siendo de 451262.64 kWh al año.
- Se detectó la existencia de transformadores que se encuentran subcargados con factores de carga muy bajos, esencialmente los transformadores de la UEB Explotación Portuaria y Campo de Boyas con un factor de carga de 4.3 % y 3.4 % respectivamente.
- Se propuso tres medidas fundamentales para la reducción de las pérdidas de energía eléctrica en la empresa siendo estas, el cambio de calibre de los conductores de las líneas, cambio de algunos transformadores y empleo de bancos condensadores.
- El factor de potencia que en la empresa oscila entre 0.74 y 0.82, resultó mejorarse hasta 0.92 con la instalación de bancos condensadores de alta tensión, valor normado por el sistema electro-energético nacional, con el objetivo de disminuir las pérdidas existentes
- Se realizó el análisis de la factibilidad económica de cada propuesta, donde se propuso la aplicación de las tres medidas, ahorrándose anualmente unos 98393.05 kWh lo que equivale a 24598.26 CUP con un tiempo de recuperación de 9 meses.
- Se realizó un análisis sobre el impacto ecológico y medioambiental de esta investigación.

Recomendaciones:

Una vez concluida la investigación se recomiendan los siguientes aspectos:

- Continuar con el estudio detallado hasta los consumidores más pequeños de la Empresa Puerto Moa, profundizando en aquellos parámetros que no se hallan tenido en cuenta en el presente trabajo para este nivel de tensión.
- Actualizar los diagramas Monolineales si se aplican las medidas propuestas en este trabajo, además de actualizarlos siempre que se realice cualquier cambio en el sistema eléctrico de la empresa.
- Conectar metros contadores en aquellas áreas donde no existen con el objetivo de tener mejor controlada la potencia activa de la empresa.
- Que se valore con la dirección de la empresa las medidas propuestas en el presente trabajo con el objetivo de su aplicación, atendiendo a los beneficios que estas podrían brindarle al sistema eléctrico de la Empresa Puerto Moa.

Bibliografía:

- Maliuk, P. S. Factor de potencia en la producción. Santiago de Cuba, editorial oriente, 1980. 88 páginas.
- Cisneros, V. R. Estudio para la disminución de las pérdidas eléctricas en el circuito # 1 de la OBE Moa, 2007, 80 páginas.
- Gutiérrez, P. H. La Calidad Total y el Ahorro de Energía. Universidad de Guadalajara. México. 1993.
- Mazorra, S. Mc Pherson. George. An introduction to Eléctrical Machines and Transformers. Segunda edición. 1989.
- Viego, P. F; Armas, M. A. Sistemas Eléctricos Industriales. Universidad de Cienfuegos: Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente.
- CBAGHZOUZ, Y; ERTEM S. Shunt Capacitor Sizing for Radial Distribution Feeder with Distorted Substation Voltages. *IEEE Transactions on Power Delivery*. 1990, Vol. 5, No. 2, p. 650-657.
- ESTRADA, G. H; TOVAR, J. H. Metodología para la localización óptima de condensadores Mediante Sensibilidades Lineales. *Revista del IEEE América Latina*. <http://www.ewh.ieee.org/reg/9/etrans/vol3issue2April2005.htm>
- Rodríguez, F. J. Predicción de la demanda y regímenes de explotación del circuito de distribución 21 de Moa, 2009.
- Padrón, A; Borroto A. Ahorro de energía en sistemas de suministro eléctrico. Material de Curso de Postgrado. Colegio Regional de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, Guayaquil, Ecuador. 2004.

Anexo #1

Levantamiento de las cargas instaladas

Parámetros nominales Planta de Petróleo

| UEB | Equipos | Cant | Pn (KW) | Un (kV) | In (A) | Potenc Total (kW) | FP | Sn (KVA) | S Total (KVA) |
|--------------|-----------------|------|---------|---------|--------|-------------------|-------------|----------|----------------|
| Recep y S | Electroválvulas | 10 | 4 | 440 | 7,2 | 40,00 | 0,73 | 5,49 | 54,87 |
| Recep y S | Bombas | 3 | 200 | 440 | 308 | 600,00 | 0,85 | 234,7 | 704,18 |
| Recep y S | Bombas | 1 | 85 | 440 | 142 | 85,00 | 0,79 | 108,2 | 108,22 |
| Recep y S | Bombas | 1 | 75 | 440 | 128,5 | 75,00 | 0,77 | 97,93 | 97,93 |
| Recep y S | Electroválvulas | 9 | 1,5 | 440 | 3,1 | 13,50 | 0,63 | 2,36 | 21,26 |
| Recep y S | Bombas | 2 | 200 | 440 | 315 | 400,00 | 0,83 | 240,1 | 480,12 |
| Recep y S | Bombas | 2 | 3 | 440 | 11,6 | 6,00 | 0,34 | 8,84 | 17,68 |
| Recep y S | Extractores | 2 | 2,2 | 440 | 7,7 | 4,40 | 0,37 | 5,87 | 11,74 |
| Recep y S | Motor | 1 | 0,37 | 440 | 1,1 | 0,37 | 0,44 | 0,84 | 0,84 |
| Recep y S | Luminarias | 16 | 1 | 220 | 4,5 | 16,00 | 1,0 | 0,99 | 15,84 |
| Recep y S | Luminarias | 18 | 0,25 | 220 | 1,1 | 4,50 | 1,0 | 0,24 | 4,36 |
| Recep y S | Luminarias | 50 | 0,04 | 220 | 0,18 | 2,00 | 1,0 | 0,04 | 1,98 |
| Recep y S | Aires Acondic | 5 | 1,175 | 220 | 5,5 | 5,88 | 1,0 | 1,21 | 6,05 |
| Recep y S | Caja de Agua | 1 | 0,42 | 120 | 3,5 | 0,42 | 1,0 | 0,42 | 0,42 |
| Recep y S | Computadoras | 4 | 0,687 | 125 | 5,5 | 2,75 | 1,0 | 0,69 | 2,75 |
| Recep y S | Impresora | 1 | 0,12 | 120 | 1 | 0,12 | 1,0 | 0,12 | 0,12 |
| Recep y S | Impresora | 1 | 0,3 | 120 | 2,5 | 0,30 | 1,0 | 0,30 | 0,30 |
| Recep y S | Maq de Soldar | 1 | 6 | 220 | 26,5 | 6,00 | 1,0 | 5,83 | 5,83 |
| Recep y S | Consola | 1 | 2,6 | 220 | 12 | 2,60 | 1,0 | 2,64 | 2,64 |
| Total | | | | | | 1264.84 | 0.82 | | 1537.13 |

Parámetros nominales Planta de Carbón

| UEB | Equipos | Cant | Pn (KW) | Un(V) | In (A) | P Total (kW) | FP | Sn (KVA) | S Total (KVA) |
|--------------|--------------|------|---------|-------|--------|---------------|-------------|----------|---------------|
| Recep y Sum | Trituradora | 1 | 45 | 440 | 100 | 45 | 0,74 | 60,97 | 60,97 |
| Recep y Sum | Transp de B | 1 | 11 | 440 | 25 | 11 | 0,76 | 14,48 | 14,48 |
| Recep y Sum | Clasificador | 1 | 4 | 440 | 9 | 4 | 0,70 | 5,72 | 5,72 |
| Recep y Sum | Luminarias | 12 | 1 | 220 | 4,5 | 12 | 1,0 | 1,00 | 12,00 |
| Recep y Sum | Luminarias | 4 | 0,04 | 220 | 0,2 | 0,16 | 1,0 | 0,04 | 0,16 |
| Recep y Sum | Luminarias | 17 | 0,25 | 220 | 1,1 | 4,25 | 1,0 | 0,25 | 4,25 |
| Recep y Sum | Caja de Agua | 1 | 0,42 | 120 | 3,5 | 0,42 | 1,0 | 0,42 | 0,42 |
| Recep y Sum | Saranda | 1 | 11 | 440 | 25 | 11 | 0.80 | 14.5 | 14.5 |
| Recep y Sum | Grua viajera | 1 | 12 | 440 | 27 | 12 | 0.80 | 16.2 | 16.2 |
| Recep y Sum | B de Agua | 1 | 12 | 440 | 27 | 12 | 0.75 | 16.8 | 16.8 |
| Recep y Sum | B de engrase | 1 | 2.2 | 440 | 5 | 2.2 | 0.82 | 3.12 | 3.12 |
| Total | | | | | | 114.03 | 0.77 | | 148.53 |



Parámetros nominales UEB Marítimo

| Local | Equipo | Cant | Pn (KW) | Un (V) | In (A) | Potenc Total (kW) | FP | Sn (KVA) | S Total (KVA) |
|--------------|---------------|------|---------|--------|--------|-------------------|-------------|----------|---------------|
| Oficina | Luminaria | 42 | 0,02 | 115 | 0,174 | 0,84 | 1,0 | 0,02 | 0,84 |
| Oficina | Aire acondic | 4 | 1,1 | 230 | 5 | 4,4 | 1,0 | 1,15 | 4,60 |
| Oficina | Aire acondic | 1 | 2,7 | 220 | 12,6 | 2,7 | 1,0 | 2,77 | 2,77 |
| Oficina | Computadora | 2 | 0,84 | 120 | 7 | 1,68 | 1,0 | 0,84 | 1,68 |
| Oficina | Impresora | 1 | 0,3 | 120 | 2,5 | 0,3 | 1,0 | 0,30 | 0,30 |
| Oficina | Impresora | 1 | 0,216 | 120 | 1,8 | 0,216 | 1,0 | 0,22 | 0,22 |
| Oficina | Pta Vertex | 1 | 0,345 | 115 | 3 | 0,345 | 1,0 | 0,35 | 0,35 |
| Oficina | Refrigerador | 1 | 0,403 | 115 | 3,5 | 0,403 | 1,0 | 0,40 | 0,40 |
| Oficina | Caja de Agua | 1 | 0,42 | 120 | 3,5 | 0,42 | 1,0 | 0,42 | 0,42 |
| Oficina | Televisor | 1 | 0,08 | 120 | 0,6 | 0,08 | 1 | 0,07 | 0,07 |
| Oficina | VHS | 1 | 0,012 | 120 | 0,12 | 0,012 | 0,8 | 0,01 | 0,01 |
| Oficina | Luminaria | 6 | 0,04 | 115 | 0,35 | 0,24 | 1,0 | 0,04 | 0,24 |
| Oficina | Luminaria | 3 | 0,4 | 220 | 1,8 | 1,2 | 1,0 | 0,40 | 1,19 |
| Oficina | Luminaria | 22 | 0,25 | 220 | 1,14 | 5,5 | 1,0 | 0,25 | 5,52 |
| Taller | Torno IK-20 | 1 | 10 | 440 | 15 | 10 | 0,87 | 11,43 | 11,43 |
| Taller | Esmeriladora | 1 | 5,5 | 440 | 8,5 | 5,5 | 0,85 | 6,48 | 6,48 |
| Taller | Segueta Mec | 1 | 3,5 | 220 | 11 | 3,5 | 0,84 | 4,19 | 4,19 |
| Taller | Taladro | 1 | 4 | 440 | 6 | 4 | 0,87 | 4,57 | 4,57 |
| Taller | Luminaria | 12 | 0,04 | 220 | 0,18 | 0,48 | 1,0 | 0,04 | 0,48 |
| Taller | Maq de Soldar | 2 | 20 | 440 | 55 | 40 | 0,48 | 41,92 | 83,83 |
| Buzos | Luminaria | 8 | 0,04 | 125 | 0,35 | 0,32 | 0,9 | 0,04 | 0,35 |
| Buzos | Luminaria | 14 | 0,02 | 125 | 0,160 | 0,28 | 1,0 | 0,02 | 0,28 |
| Buzos | Refrigerador | 1 | 0,15 | 125 | 1,25 | 0,15 | 1,0 | 0,16 | 0,16 |
| Buzos | Aire acondic | 1 | 2,7 | 220 | 12,6 | 2,7 | 1,0 | 2,77 | 2,77 |
| Buzos | Compresor | 1 | 11 | 220 | 34 | 11 | 0,85 | 12,96 | 12,96 |
| Total | | | | | | 96.26 | 0.77 | | 126.10 |

Parámetros nominales Prácticos

| Local | Equipo | Cant | Pn (KW) | Un (kV) | In (A) | Pot. Total (kW) | FP | Sn (KVA) | S Total (KVA) |
|--------------|--------------|------|---------|---------|--------|-----------------|-------------|----------|---------------|
| Oficina | Aire acond. | 8 | 1,1 | 220 | 5 | 8,8 | 1,00 | 1,10 | 8,80 |
| Oficina | Computadora | 3 | 0,687 | 125 | 5,5 | 2,061 | 1,00 | 0,69 | 2,06 |
| Oficina | Impresora | 2 | 0,216 | 120 | 1,8 | 0,432 | 1,00 | 0,22 | 0,43 |
| Oficina | Impresora | 1 | 0,84 | 120 | 7 | 0,84 | 1,00 | 0,84 | 0,84 |
| Oficina | Fax | 1 | 0,072 | 120 | 0,6 | 0,072 | 1,00 | 0,07 | 0,07 |
| Oficina | Planta Radio | 2 | 0,42 | 120 | 3,5 | 0,84 | 1,00 | 0,42 | 0,84 |
| Oficina | Luminarias | 20 | 0,02 | 115 | 0,17 | 0,4 | 1 | 0,02 | 0,39 |
| Oficina | Televisor | 1 | 0,08 | 120 | 0,6 | 0,08 | 1 | 0,08 | 0,08 |
| Oficina | Video VHS | 1 | 0,012 | 120 | 0,12 | 0,012 | 0,83 | 0,01 | 0,01 |
| Oficina | Refrigerador | 1 | 0,065 | 115 | 0,56 | 0,065 | 1 | 0,06 | 0,06 |
| Oficina | Freezer | 1 | 1,2 | 220 | 5,6 | 1,2 | 0,97 | 1,23 | 1,23 |
| Total | | | | | | 14.82 | 0.99 | | 14.83 |

Parámetros nominales Planta de Amoniaco

| UEB | Equipo | Cant | Pn (KW) | Un (kV) | In (A) | Pot.Total (kW) |
|---------------|--------------|------|---------|---------|--------|----------------|
| Recep y Sumin | Ventiladores | 2 | 11 | 440 | 35 | 22 |
| Recep y Sumin | Bombas | 2 | 22 | 440 | 37 | 44 |
| Recep y Sumin | Válvulas | 15 | 1,5 | 440 | 3,1 | 22,5 |
| Recep y Sumin | Bomb. Amon | 2 | 45 | 440 | 72,2 | 90 |
| Recep y Sumin | Bomb Soluc | 2 | 22 | 440 | 36 | 44 |
| Recep y Sumin | Bomba Agua | 1 | 30 | 440 | 48 | 30 |
| Recep y Sumin | Compresor | 1 | 11 | 440 | 18 | 11 |
| Recep y Sumin | Compresor | 2 | 90 | 440 | 142 | 180 |
| Recep y Sumin | Luminarias | 6 | 0,25 | 220 | 1,14 | 1,5 |
| Recep y Sumin | Luminarias | 12 | 1 | 220 | 4,5 | 12 |
| Recep y Sumin | Luminarias | 12 | 0,04 | 220 | 0,18 | 0,48 |
| Recep y Sumin | Aire Acondic | 1 | 1,175 | 220 | 5,3 | 1.175 |
| Total | | | | | | 458.65 |

Parámetros nominales Explotación Portuaria

| Local | Equipos | Cant | Pn (KW) | Un (V) | In (A) | P Total (kW) | FP | Sn (KVA) | S Total (KVA) |
|--------------|----------------|------|---------|--------|--------|---------------|-------------|----------|---------------|
| Oficinas | Luminarias | 23 | 0,04 | 220 | 0,18 | 0,92 | 1,00 | 0,04 | 0,91 |
| Oficinas | Computadoras | 1 | 0,687 | 125 | 5,5 | 0,687 | 1,00 | 0,69 | 0,69 |
| Oficinas | Impresora | 1 | 0,216 | 120 | 1,8 | 0,216 | 1,00 | 0,22 | 0,22 |
| Oficinas | Aire Acond. | 4 | 2,7 | 220 | 12,6 | 10,8 | 0,97 | 2,77 | 11,09 |
| Oficinas | Impresora | 2 | 0,3 | 120 | 2,5 | 0,6 | 1,00 | 0,30 | 0,60 |
| Oficinas | Luminarias | 6 | 0,02 | 115 | 0,17 | 0,12 | 1,00 | 0,02 | 0,12 |
| Oficinas | Computadora | 3 | 0,84 | 120 | 7 | 2,52 | 1,00 | 0,84 | 2,52 |
| Oficinas | Planta Radio | 3 | 0,345 | 115 | 3 | 1,035 | 1,00 | 0,35 | 1,04 |
| Oficinas | Fuente Planta. | 1 | 0,13 | 127 | 1,02 | 0,13 | 1,00 | 0,13 | 0,13 |
| Almacén | Bombillos | 16 | 0,25 | 220 | 1,13 | 4 | 1,00 | 0,25 | 3,98 |
| Sub. Eléct. | Luminarias | 4 | 0,02 | 115 | 0,17 | 0,08 | 1,00 | 0,02 | 0,08 |
| Sub. Eléct. | Consola | 1 | 3,124 | 220 | 14,2 | 3,124 | 1,00 | 3,12 | 3,12 |
| Muelle #2 | Grúa Pórtico | 1 | 120 | 440 | 272,7 | 120 | 0,87 | 140,5 | 140,5 |
| Muelle #2 | Grúa Pórtico | 1 | 120 | 440 | 272,7 | 120 | 0,87 | 140,5 | 140,5 |
| Muelle #2 | Luminarias | 35 | 0,4 | 220 | 1,8 | 14 | 1,00 | 0,40 | 13,86 |
| Sub. Eléct. | Computadora | 1 | 0,687 | 125 | 5,5 | 0,687 | 1,00 | 0,69 | 0,69 |
| Oficinas | Refrigerador | 1 | 0,317 | 127 | 2,5 | 0,317 | 1,00 | 0,32 | 0,32 |
| Total | | | | | | 639.24 | 0.86 | | 743.95 |

Parámetros nominales Mantenimiento

| Local | Equipo | Cant | Pn (KW) | Un (kV) | In (A) | P Total (kW) | FP | Sn (KVA) | S Total (KVA) |
|----------------|-----------------|------|---------|---------|--------|--------------|-------------|----------|---------------|
| Taller A | Taladro | 1 | 6 | 220 | 21 | 6 | 0,75 | 8,00 | 8,00 |
| Taller A | Torno | 1 | 10 | 440 | 15 | 10 | 0,87 | 11,43 | 11,43 |
| Taller A | Torno | 1 | 8 | 440 | 12 | 8 | 0,87 | 9,15 | 9,15 |
| Taller A | Torno | 1 | 8 | 440 | 12 | 8 | 0,87 | 9,15 | 9,15 |
| Taller A | Torno | 1 | 10 | 440 | 15 | 10 | 0,87 | 11,43 | 11,43 |
| Taller A | Cepillo | 1 | 3,9 | 440 | 6 | 3,9 | 0,85 | 4,57 | 4,57 |
| Taller A | Fresa | 1 | 9 | 440 | 19 | 9 | 0,62 | 14,48 | 14,48 |
| Taller A | Luminarias | 12 | 0,5 | 220 | 2,3 | 6 | 1 | 0,50 | 6,00 |
| Taller A | Luminarias | 5 | 0,04 | 220 | 0,18 | 0,2 | 1 | 0,04 | 0,20 |
| Miscelánea | Luminarias | 3 | 0,5 | 220 | 2,3 | 1,5 | 0,98 | 0,51 | 1,52 |
| Miscelánea | Luminarias | 1 | 0,04 | 220 | 0,18 | 0,04 | 1 | 0,04 | 0,04 |
| Taller A | Maq Soldar | 2 | 6,8 | 448,9 | 14 | 13,6 | 0,62 | 10,89 | 21,77 |
| Miscelánea | Maq Soldar | 1 | 7 | 440 | 14 | 7 | 0,66 | 10,67 | 10,67 |
| Poncheria | Desenllantadora | 1 | 8 | 220 | 24 | 8 | 0,87 | 9,15 | 9,15 |
| Poncheria | Plancha | 1 | 2,2 | 220 | 10 | 2,2 | 1 | 2,20 | 2,20 |
| Poncheria | Compresor | 1 | 5,5 | 220 | 17 | 5,5 | 0,85 | 6,48 | 6,48 |
| Poncheria | Balanceadora | 1 | 3,4 | 220 | 10,5 | 3,4 | 0,85 | 4,00 | 4,00 |
| Poncheria | Luminarias | 3 | 0,06 | 220 | 0,27 | 0,18 | 1 | 0,06 | 0,18 |
| EquipPesado | Torno | 1 | 10 | 440 | 15 | 10 | 0,87 | 11,43 | 11,43 |
| EquipPesado | Taladro | 1 | 1,5 | 440 | 2,3 | 1,5 | 0,86 | 1,75 | 1,75 |
| Eléctrico | Luminarias | 4 | 0,02 | 220 | 0,09 | 0,08 | 1 | 0,02 | 0,08 |
| Eléctrico | Luminarias | 6 | 0,04 | 220 | 0,18 | 0,24 | 1 | 0,04 | 0,24 |
| Eléctrico | Aire acond | 2 | 1,2 | 220 | 5,5 | 2,4 | 1 | 1,20 | 2,40 |
| Torre M # 2 | Luminarias | 16 | 0,4 | 220 | 1,8 | 6,4 | 1 | 0,40 | 6,34 |
| Área Ext. Tall | Luminaria | 1 | 0,4 | 220 | 1,8 | 0,4 | 1 | 0,40 | 0,40 |
| Oficina Pesca | Luminarias | 4 | 0,04 | 115 | 0,35 | 0,16 | 1 | 0,04 | 0,16 |
| Transp. - Adu | Luminarias Ext | 6 | 0,25 | 220 | 1,14 | 1,5 | 1 | 0,25 | 1,50 |
| Total | | | | | | 125.2 | 0.81 | | 154.71 |

Parámetros nominales Transporte

| Local | Equipo | Cant | Pn (KW) | Un (kV) | In (A) | PTotal (kW) | FP | Sn (KVA) | S Total (KVA) |
|--------------|---------------|------|---------|---------|--------|--------------|-------------|----------|---------------|
| Oficina | Luminarias | 12 | 0,04 | 115 | 0,35 | 0,48 | 0,99 | 0,04 | 0,48 |
| Oficina | Aire Acondic. | 2 | 1,41 | 220 | 6,7 | 2,82 | 0,96 | 1,47 | 2,95 |
| Oficina | Computadora | 2 | 0,687 | 125 | 5,5 | 1,374 | 1,00 | 0,69 | 1,38 |
| Oficina | Impresora | 1 | 0,216 | 120 | 1,8 | 0,216 | 1,00 | 0,22 | 0,22 |
| Oficina | Impresora | 1 | 0,84 | 120 | 7 | 0,84 | 1,00 | 0,84 | 0,84 |
| Oficina | Caja de agua | 1 | 7 | 220 | 31,6 | 7 | 1,0 | 6,95 | 6,95 |
| Total | | | | | | 12.73 | 0.99 | | 12.81 |

Parámetros nominales Dirección

| Local | Equipo | Cant | Pn (KW) | Un (V) | In (A) | P Total (kW) | FP | Sn (KVA) | S Total (KVA) |
|-----------------|---------------|------|---------|--------|--------|--------------|-------------|----------|---------------|
| Asesor | Computadora | 1 | 0,687 | 125 | 5,5 | 0,6875 | 1,0 | 0,69 | 0,69 |
| Asesor | Luminaria | 4 | 0,04 | 125 | 0,35 | 0,16 | 0,9 | 0,04 | 0,18 |
| Asesor | Aire acond. | 1 | 1,1 | 220 | 5,1 | 1,1 | 1,0 | 1,12 | 1,12 |
| Grupo Técnico | Luminaria | 12 | 0,04 | 125 | 0,35 | 0,48 | 0,9 | 0,04 | 0,53 |
| Grupo Técnico | Aire acond | 1 | 1,02 | 220 | 4,7 | 1,02 | 1,0 | 1,03 | 1,03 |
| Grupo Técnico | Aire acond | 1 | 1,33 | 220 | 6,5 | 1,33 | 0,9 | 1,43 | 1,43 |
| Grupo Técnico | Computadora | 1 | 0,687 | 125 | 5,5 | 0,6875 | 1,0 | 0,69 | 0,69 |
| Grupo Técnico | Computadora | 4 | 0,84 | 125 | 7 | 3,36 | 1,0 | 0,88 | 3,50 |
| Grupo Técnico | Impresora | 1 | 0,3 | 120 | 2,5 | 0,3 | 1,0 | 0,30 | 0,30 |
| Cuadro | Luminaria | 4 | 0,04 | 125 | 0,35 | 0,16 | 0,9 | 0,04 | 0,18 |
| Cuadro | Aire acond | 1 | 1,1 | 220 | 5,1 | 1,1 | 1,0 | 1,12 | 1,12 |
| Cuadro | Computadora | 1 | 0,687 | 125 | 5,5 | 0,6875 | 1,0 | 0,69 | 0,69 |
| Cuadro | Impresora | 1 | 0,3 | 120 | 2,5 | 0,3 | 1,0 | 0,30 | 0,30 |
| Jurídico | Luminaria | 12 | 0,04 | 125 | 0,35 | 0,48 | 0,9 | 0,04 | 0,53 |
| Jurídico | Computadora | 1 | 0,687 | 125 | 5,5 | 0,6875 | 1,0 | 0,69 | 0,69 |
| Jurídico | Aire acond | 1 | 1,1 | 220 | 5,1 | 1,1 | 1,0 | 1,12 | 1,12 |
| Jurídico | Aire acond | 1 | 1,33 | 220 | 6,5 | 1,33 | 0,9 | 1,43 | 1,43 |
| Salón Reuniones | Luminaria | 6 | 0,04 | 125 | 0,35 | 0,24 | 0,9 | 0,04 | 0,26 |
| Salón Reuniones | Aire acond | 1 | 1,33 | 220 | 6,5 | 1,33 | 0,9 | 1,43 | 1,43 |
| Director | Luminaria | 14 | 0,04 | 125 | 0,35 | 0,56 | 0,9 | 0,04 | 0,61 |
| Director | Computadora | 2 | 0,84 | 125 | 7 | 1,68 | 1,0 | 0,88 | 1,75 |
| Director | Impresora | 2 | 0,3 | 125 | 2,5 | 0,6 | 1,0 | 0,31 | 0,63 |
| Director | Fotocopiadora | 1 | 0,864 | 120 | 7,2 | 0,864 | 1,0 | 0,86 | 0,86 |
| Director | Aire acond | 1 | 1,1 | 220 | 5,1 | 1,1 | 1,0 | 1,12 | 1,12 |
| Director | Aire acond | 1 | 1,33 | 220 | 6,5 | 1,33 | 0,9 | 1,43 | 1,43 |
| Protec. Física | Aire acond | 2 | 1,33 | 220 | 6,5 | 2,66 | 0,9 | 1,43 | 2,86 |
| Protec. Física | Luminaria | 8 | 0,04 | 125 | 0,35 | 0,32 | 0,9 | 0,04 | 0,35 |
| Protec. Física | Luminaria | 29 | 0,25 | 220 | 1,14 | 7,25 | 1,0 | 0,25 | 7,25 |
| Cuadro | Luminaria | 4 | 0,04 | 125 | 0,35 | 0,16 | 0,9 | 0,04 | 0,18 |
| Total | | | | | | 32.94 | 0.97 | | 34.07 |

Parámetros nominales Comedor

| Local | Equipo | Cant | Pn (KW) | Un (kV) | In (A) | PTotal (kW) | FP | Sn (KVA) | S Total (KVA) |
|--------------|--------------|------|---------|---------|--------|-------------|-------------|----------|---------------|
| comedor | Luminarias | 16 | 0,04 | 115 | 0,35 | 0,64 | 0,99 | 0,04 | 0,64 |
| comedor | Caja de agua | 1 | 7 | 220 | 31,6 | 7 | 1 | 6,95 | 6,95 |
| Cafetería | Luminarias | 6 | 0,04 | 115 | 0,35 | 0,24 | 0,99 | 0,04 | 0,24 |
| Cafetería | Refrigerador | 1 | 0,575 | 125 | 4,6 | 0,575 | 1,00 | 0,58 | 0,58 |
| Cafetería | Freezer | 1 | 1,1 | 220 | 5 | 1,1 | 1,00 | 1,10 | 1,10 |
| Total | | | | | | 9.51 | 0.99 | | 9.55 |

Parámetros nominales Economía

| Local | Equipo | Cant | Pn (KW) | Un | In (A) | PTotal (kW) | F.P | Sn (KVA) | S Total (KVA) |
|---------------|----------------|------|---------|-----|--------|--------------|-------------|----------|---------------|
| B. Sindical | Luminaria | 12 | 0,02 | 115 | 0,17 | 0,24 | 1,0 | 0,02 | 0,23 |
| B. Sindical | Computadora | 1 | 0,687 | 125 | 5,5 | 0,687 | 1,0 | 0,69 | 0,69 |
| B. Sindical | Impresora | 1 | 0,216 | 125 | 1,8 | 0,216 | 1,0 | 0,23 | 0,23 |
| Auditor | Aire acond | 1 | 1,179 | 220 | 5,5 | 1,179 | 1,0 | 1,21 | 1,21 |
| Auditor | Luminaria | 6 | 0,04 | 125 | 0,35 | 0,24 | 0,9 | 0,04 | 0,26 |
| Auditor | Computadora | 1 | 0,687 | 125 | 5,5 | 0,687 | 1,0 | 0,69 | 0,69 |
| Finanzas | Aire acond | 1 | 1,94 | 220 | 9 | 1,94 | 1,0 | 1,98 | 1,98 |
| Finanzas | Computadora | 4 | 0,84 | 125 | 7 | 3,36 | 1,0 | 0,88 | 3,50 |
| Finanzas | Impresora | 2 | 0,216 | 125 | 1,8 | 0,432 | 1,0 | 0,23 | 0,45 |
| Finanzas | Luminaria | 6 | 0,02 | 125 | 0,17 | 0,12 | 0,9 | 0,02 | 0,13 |
| Finanzas | Luminaria | 4 | 0,04 | 125 | 0,35 | 0,16 | 0,9 | 0,04 | 0,18 |
| Caja | Luminaria | 6 | 0,04 | 125 | 0,35 | 0,24 | 0,9 | 0,04 | 0,26 |
| Caja | Aire acond | 1 | 1,179 | 220 | 5,5 | 1,179 | 1,0 | 1,21 | 1,21 |
| Dtor Econo | Computadora | 1 | 0,687 | 125 | 5,5 | 0,687 | 1,0 | 0,69 | 0,69 |
| Dtor Econo | Impresora | 1 | 0,12 | 125 | 1 | 0,12 | 1,0 | 0,13 | 0,13 |
| Dtor Econo | Aire acond | 1 | 1,1 | 220 | 5 | 1,1 | 1,0 | 1,10 | 1,10 |
| Dtor Econo | Luminaria | 18 | 0,02 | 115 | 0,17 | 0,36 | 1,0 | 0,02 | 0,35 |
| Dtor Econo | Fotocopiadoras | 1 | 0,75 | 125 | 6 | 0,75 | 1,0 | 0,75 | 0,75 |
| Dtor Econo | Consola | 1 | 3,124 | 220 | 14,2 | 3,124 | 1,0 | 3,12 | 3,12 |
| Contabilidad | Computadora | 5 | 0,84 | 125 | 7 | 4,2 | 1,0 | 0,88 | 4,38 |
| Contabilidad | Impresora | 1 | 0,12 | 125 | 1 | 0,12 | 1,0 | 0,13 | 0,13 |
| Contabilidad | Impresora | 1 | 0,3 | 125 | 2,5 | 0,3 | 1,0 | 0,31 | 0,31 |
| Contabilidad | Consola | 1 | 4,664 | 220 | 21,2 | 4,664 | 1,0 | 4,66 | 4,66 |
| Contabilidad | Luminaria | 14 | 0,04 | 125 | 0,35 | 0,56 | 0,9 | 0,04 | 0,61 |
| Planificación | Luminaria | 8 | 0,04 | 125 | 0,35 | 0,32 | 0,9 | 0,04 | 0,35 |
| Planificación | Computadora | 2 | 0,687 | 125 | 5,5 | 1,374 | 1,0 | 0,69 | 1,38 |
| Planificación | Impresora | 1 | 0,3 | 125 | 2,5 | 0,3 | 1,0 | 0,31 | 0,31 |
| Planificación | Aire acond | 1 | 2,7 | 220 | 12,6 | 2,7 | 1,0 | 2,77 | 2,77 |
| Cubaniquel | Luminarias | 6 | 0,02 | 115 | 0,17 | 0,12 | 1,0 | 0,02 | 0,12 |
| Cubaniquel | Fax | 1 | 0,072 | 120 | 0,6 | 0,072 | 1,0 | 0,07 | 0,07 |
| Total | | | | | | 44.96 | 0.98 | | 45.92 |

Parámetros nominales Capitanía

| Equipo | Cant | Pn (KW) | Un (kV) | In (A) | PTotal (kW) | FP | Sn (KVA) | S Total (KVA) |
|---------------|------|---------|---------|--------|-------------|-------------|----------|---------------|
| Luminarias | 22 | 0,02 | 115 | 0,17 | 0,44 | 1,00 | 0,02 | 0,43 |
| Nevera | 1 | 1,06 | 220 | 4,8 | 1,06 | 1,00 | 1,06 | 1,06 |
| Aire Acond | 3 | 1,2 | 220 | 5,45 | 3,6 | 1,00 | 1,20 | 3,60 |
| Computadora | 1 | 0,687 | 125 | 5,5 | 0,687 | 1,00 | 0,69 | 0,69 |
| Plantas radio | 2 | 0,315 | 117 | 3 | 0,63 | 0,90 | 0,35 | 0,70 |
| Televisor | 2 | 0,08 | 120 | 0,6 | 0,16 | 1,00 | 0,07 | 0,14 |
| Radio VEF | 1 | 0,006 | 127 | 0,05 | 0,006 | 0,94 | 0,01 | 0,01 |
| Refrigerador | 1 | 0,317 | 127 | 2,5 | 0,317 | 1,00 | 0,32 | 0,32 |
| Total | | | | | 6.90 | 0.99 | | 6.94 |



Parámetros nominales Recursos Humanos

| Local | Equipo | Cant | Pn (KW) | Un | In (A) | PTotal (kW) | FP | Sn (KVA) | S Total (KVA) |
|-----------------|----------------|------|---------|-----|--------|--------------|-------------|----------|---------------|
| P Médico | Aire acondic | 2 | 1,1 | 220 | 5 | 2,2 | 0,80 | 1,38 | 2,77 |
| P Médico | Luminaria | 10 | 0,02 | 125 | 0,16 | 0,2 | 1,00 | 0,02 | 0,20 |
| R. Laborales | Aire acondic | 1 | 1,1 | 220 | 5,5 | 1,1 | 0,91 | 1,21 | 1,21 |
| R. Laborales | Luminaria | 2 | 0,04 | 125 | 0,35 | 0,08 | 0,91 | 0,04 | 0,09 |
| R. Laborales | Computadora | 1 | 0,84 | 125 | 7 | 0,84 | 0,96 | 0,88 | 0,88 |
| Seg. Industrial | Aire acondic | 1 | 1,175 | 220 | 5,5 | 1,175 | 0,97 | 1,21 | 1,21 |
| Seg. Industrial | Impresora | 1 | 0,12 | 125 | 1 | 0,12 | 0,96 | 0,13 | 0,13 |
| Seg. Industrial | Luminaria | 2 | 0,04 | 125 | 0,35 | 0,08 | 0,91 | 0,04 | 0,09 |
| Serv Generales | Aire acondic | 1 | 1,175 | 220 | 5,5 | 1,175 | 0,97 | 1,21 | 1,21 |
| Serv Generales | Computadora | 1 | 0,84 | 125 | 7 | 0,84 | 0,96 | 0,88 | 0,88 |
| Serv Generales | Luminaria | 2 | 0,02 | 125 | 0,17 | 0,04 | 0,94 | 0,02 | 0,04 |
| Dtor R Hum. | Computadora | 1 | 0,84 | 125 | 7 | 0,84 | 0,96 | 0,88 | 0,88 |
| Dtor R Hum. | Impresora | 1 | 0,3 | 125 | 2,5 | 0,3 | 0,96 | 0,31 | 0,31 |
| Dtor R Hum. | Aire acondic | 1 | 1,175 | 220 | 5,5 | 1,175 | 0,97 | 1,21 | 1,21 |
| Dtor R Hum. | Luminaria | 2 | 0,04 | 125 | 0,35 | 0,08 | 0,91 | 0,04 | 0,09 |
| Partido | Luminaria | 2 | 0,04 | 125 | 0,35 | 0,08 | 0,91 | 0,04 | 0,09 |
| Partido | Aire acondic | 1 | 1,175 | 220 | 5,5 | 1,175 | 0,97 | 1,21 | 1,21 |
| Fitosanitario | Refrigerador | 1 | 0,317 | 125 | 2,5 | 0,317 | 1,0 | 0,31 | 0,31 |
| Fitosanitario | Luminaria | 2 | 0,04 | 125 | 0,35 | 0,08 | 0,91 | 0,04 | 0,09 |
| Informática | Aire acondic | 1 | 1,175 | 220 | 5,5 | 1,175 | 0,97 | 1,21 | 1,21 |
| Informática | Computadora | 3 | 0,84 | 125 | 7 | 2,52 | 0,96 | 0,88 | 2,63 |
| Informática | Impresora | 1 | 0,3 | 125 | 2,5 | 0,3 | 0,96 | 0,31 | 0,31 |
| Informática | Luminaria | 4 | 0,04 | 125 | 0,35 | 0,16 | 0,91 | 0,04 | 0,18 |
| Informática | Pizarra Telef. | 1 | 0,313 | 125 | 2,5 | 0,3125 | 1,00 | 0,31 | 0,31 |
| Total | | | | | | 16.36 | 0.94 | | 17.51 |

Parámetros nominales Oro Negro

| Área | Local | Equipo | Cant | Pn (KW) | PTotal (kW) |
|--------------|-----------------|---------------------|------|---------|-------------|
| Oro Negro | oficina y baño | Luminarias | 4 | 0,02 | 0,08 |
| Oro Negro | área exterior | Luminarias | 4 | 0,04 | 0,16 |
| Oro Negro | oficina | aire acondicionado | 1 | 3,52 | 3,52 |
| Oro Negro | pista | servidor bajo flujo | 1 | 2,5 | 2,5 |
| Oro Negro | muelle auxiliar | servidor alto flujo | 1 | 3 | 3 |
| Total | | | | | 9.26 |



Parámetros nominales Dirección Comercial

| Local | Equipo | Cant | Pn (KW) | Un (kV) | In (A) | P Total (kW) | FP | Sn (KVA) | S Total (KVA) |
|--------------|--------------|------|---------|---------|--------|--------------|-------------|----------|---------------|
| Carpintería | Luminaria | 9 | 0,04 | 220 | 0,18 | 0,36 | 0,58 | 0,07 | 0,62 |
| Carpintería | Fresa | 1 | 12 | 440 | 19 | 12 | 0,83 | 14,48 | 14,48 |
| Carpintería | cierra | 2 | 4 | 440 | 6 | 8 | 0,87 | 4,57 | 9,15 |
| Carpintería | Sinfin | 1 | 4,8 | 440 | 8,8 | 4,8 | 0,72 | 6,71 | 6,71 |
| Carpintería | Trompo | 1 | 2,8 | 440 | 11,4 | 2,8 | 0,32 | 8,69 | 8,69 |
| Carpintería | Plana | 1 | 3,5 | 440 | 5,35 | 3,5 | 0,86 | 4,08 | 4,08 |
| Carpintería | Torno | 1 | 10 | 440 | 15 | 10 | 0,87 | 11,43 | 11,43 |
| Carpintería | Lijadora | 1 | 3,6 | 440 | 5,91 | 3,6 | 0,80 | 4,50 | 4,50 |
| Carpintería | Aire Acondic | 1 | 1,2 | 220 | 5,5 | 1,2 | 0,99 | 1,21 | 1,21 |
| Almacén | Aire Acondic | 2 | 1,2 | 220 | 5,5 | 2,4 | 0,99 | 1,21 | 2,42 |
| Almacén | Luminaria | 17 | 0,04 | 220 | 0,18 | 0,68 | 1,0 | 0,04 | 0,67 |
| Almacén | Luminaria | 9 | 0,25 | 220 | 1,14 | 2,25 | 1,00 | 0,25 | 2,25 |
| Almacén | Computadora | 3 | 0,687 | 125 | 5,5 | 2,061 | 1,00 | 0,69 | 2,06 |
| D.Comercial | Luminaria | 10 | 0,04 | 220 | 0,18 | 0,4 | 1,0 | 0,04 | 0,40 |
| D.Comercial | Luminaria | 2 | 0,02 | 125 | 0,16 | 0,04 | 1,00 | 0,02 | 0,04 |
| D.Comercial | Computadora | 3 | 0,687 | 125 | 5,5 | 2,061 | 1,00 | 0,69 | 2,06 |
| D.Comercial | Consola | 1 | 4,62 | 220 | 21 | 4,62 | 1,00 | 4,62 | 4,62 |
| D.Comercial | Aire Acondic | 2 | 1,2 | 220 | 5,5 | 2,4 | 0,99 | 1,21 | 2,42 |
| D.Comercial | Fotocopia | 1 | 0,72 | 125 | 6 | 0,72 | 0,96 | 0,75 | 0,75 |
| D.Comercial | Impresora | 1 | 0,3 | 120 | 2,5 | 0,3 | 1,00 | 0,30 | 0,30 |
| Total | | | | | | 64.19 | 0.85 | | 75.24 |

Parámetros nominales Aduana

| Local | Equipo | Cant | Pn (KW) | Un (V) | In (A) | PTotal (kW) | FP | Sn (KVA) | S Total (KVA) |
|--------------|--------------|------|---------|--------|--------|--------------|-------------|----------|---------------|
| oficina | Aire acondic | 8 | 1,1 | 230 | 5 | 8,8 | 1,0 | 1,15 | 9,20 |
| oficina | Luminarias | 32 | 0,02 | 115 | 0,17 | 0,64 | 1,0 | 0,02 | 0,63 |
| oficina | Luminarias | 4 | 0,04 | 115 | 0,35 | 0,16 | 1,0 | 0,04 | 0,16 |
| oficina | Computadoras | 3 | 0,6875 | 125 | 5,5 | 2,0625 | 1,0 | 0,69 | 2,06 |
| oficina | Computadoras | 3 | 0,84 | 120 | 7 | 2,52 | 1,0 | 0,84 | 2,52 |
| oficina | Impresora | 1 | 0,12 | 120 | 1 | 0,12 | 1,0 | 0,12 | 0,12 |
| oficina | Impresora | 2 | 0,216 | 120 | 1,8 | 0,432 | 1,0 | 0,22 | 0,43 |
| oficina | Televisor | 1 | 0,08 | 120 | 0,6 | 0,08 | 1 | 0,07 | 0,07 |
| oficina | VHS | 1 | 0,012 | 120 | 0,12 | 0,012 | 0,8 | 0,01 | 0,01 |
| oficina | Refrigerador | 1 | 0,403 | 115 | 3,5 | 0,403 | 1,0 | 0,40 | 0,40 |
| oficina | Caja de agua | 1 | 0,229 | 127 | 1,8 | 0,229 | 1,0 | 0,23 | 0,23 |
| oficina | Ventilador | 2 | 0,144 | 120 | 1,2 | 0,288 | 1,0 | 0,14 | 0,29 |
| oficina | Planta ICOM | 2 | 0,315 | 117 | 3 | 0,63 | 0,9 | 0,35 | 0,70 |
| oficina | Radio VEF | 1 | 0,006 | 127 | 0,05 | 0,006 | 0,9 | 0,01 | 0,01 |
| oficina | Fax | 1 | 0,072 | 120 | 0,6 | 0,072 | 1,0 | 0,07 | 0,07 |
| oficina | Freezer | 1 | 1,012 | 220 | 4,6 | 1,012 | 1,0 | 1,01 | 1,01 |
| Total | | | | | | 17.47 | 0.97 | | 17.92 |

Anexo #2

Mediciones realizadas

Explotación Portuaria

| Fecha | Hora | Consumo | Thd U1 | Thd U2 | Thd U3 | Thd I1 | Thd I2 | Thd I2 |
|-----------|-------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 7/04/2014 | 08:00 | 2027031.10 | 1.16 | 1.09 | 1.30 | 4.01 | 5.20 | 3.8 |
| | 10:00 | 2027227.30 | 1.28 | 1.19 | 1.28 | 5.13 | 5.21 | 4.62 |
| | 12:00 | 2027347.35 | 1.22 | 1.15 | 1.30 | 5.55 | 5.66 | 4.16 |
| | 14:00 | 2027526.20 | 1.18 | 1.15 | 1.24 | 5.81 | 5.41 | 4.16 |
| | 16:00 | 2027712.38 | 1.64 | 1.55 | 1.64 | 6.12 | 5.46 | 4.18 |
| | 18:00 | 2027795.37 | 1.54 | 1.40 | 1.64 | 6.21 | 6.02 | 5.16 |
| | 20:00 | 2027893.87 | 1.46 | 1.39 | 1.55 | 5.84 | 6.43 | 5.24 |
| | 22:00 | 2027994.49 | 1.20 | 1.11 | 1.29 | 5.46 | 6.48 | 5.61 |
| | 00:00 | 2028090.45 | 1.01 | 1.00 | 1.15 | 5.34 | 6.94 | 5.68 |
| | 02:00 | 2028145.87 | 1.09 | 1.04 | 1.16 | 5.64 | 6.84 | 5.52 |
| | 04:00 | 2028224.94 | 1.14 | 1.10 | 1.14 | 5.26 | 6.47 | 5.25 |
| | 06:00 | 2028314.46 | 1.25 | 1.15 | 1.26 | 5.84 | 6.46 | 5.14 |
| 8/04/2014 | 08:00 | 2028415.94 | 1.18 | 1.15 | 1.24 | 5.81 | 5.41 | 4.16 |
| | 10:00 | 2028520.65 | 1.64 | 1.55 | 1.64 | 6.12 | 5.46 | 4.18 |
| | 12:00 | 2028619.57 | 1.54 | 1.40 | 1.64 | 6.21 | 6.02 | 5.16 |
| | 14:00 | 2028795.14 | 1.46 | 1.39 | 1.55 | 5.84 | 6.43 | 5.24 |
| | 16:00 | 2028901.23 | 1.18 | 1.15 | 1.24 | 5.81 | 5.41 | 4.16 |
| | 18:00 | 2029045.88 | 1.64 | 1.55 | 1.64 | 6.12 | 5.46 | 4.18 |
| | 20:00 | 2029195.57 | 1.16 | 1.09 | 1.30 | 4.01 | 5.20 | 3.8 |
| | 22:00 | 2029314.45 | 1.28 | 1.19 | 1.28 | 5.13 | 5.21 | 4.62 |
| | 00:00 | 2029441.24 | 1.22 | 1.15 | 1.30 | 5.55 | 5.66 | 4.16 |
| | 02:00 | 2029514.03 | 1.54 | 1.40 | 1.64 | 6.21 | 6.02 | 5.16 |
| | 04:00 | 2029615.44 | 1.46 | 1.39 | 1.55 | 5.84 | 6.43 | 5.24 |
| | 06:00 | 2029699.07 | 1.20 | 1.11 | 1.29 | 5.46 | 6.48 | 5.61 |
| 9/04/2014 | 08:00 | 2029801.14 | 1.01 | 1.00 | 1.15 | 5.34 | 6.94 | 5.68 |
| | 10:00 | 2029945.49 | 1.09 | 1.04 | 1.16 | 5.64 | 6.84 | 5.52 |
| | 12:00 | 2030124.00 | 1.16 | 1.09 | 1.30 | 5.34 | 6.94 | 5.68 |
| | 14:00 | 2030354.09 | 1.28 | 1.19 | 1.28 | 5.64 | 6.84 | 5.52 |
| | 16:00 | 2030544.00 | 1.22 | 1.15 | 1.30 | 5.26 | 6.47 | 5.25 |
| | 18:00 | 2030649.45 | 1.18 | 1.15 | 1.24 | 5.84 | 6.46 | 5.14 |
| | 20:00 | 2030741.19 | 1.64 | 1.55 | 1.64 | 5.81 | 5.41 | 4.16 |
| | 22:00 | 2030844.46 | 1.54 | 1.40 | 1.64 | 6.12 | 5.46 | 4.18 |

| Fecha | Hora | P | Q | S | U 1-2 | U 2-3 | U 3-1 | I1 | I2 | I3 | Fp |
|-----------|-------|----|----|----|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|
| Fecha | Hora | 38 | 24 | 45 | 447 | 449 | 448 | 85 | 85 | 85 | 0.8 |
| 7/04/2014 | 08:00 | 40 | 18 | 44 | 445 | 446 | 441 | 90 | 90 | 91 | 0.9 |
| | 10:00 | 45 | 26 | 52 | 448 | 447 | 449 | 100 | 101 | 100 | 0.9 |
| | 12:00 | 42 | 25 | 49 | 447 | 447 | 448 | 94 | 94 | 94 | 0.9 |
| | 14:00 | 47 | 29 | 55 | 448 | 442 | 441 | 105 | 106 | 107 | 0.9 |
| | 16:00 | 42 | 34 | 54 | 443 | 445 | 446 | 95 | 94 | 94 | 0.8 |
| | 18:00 | 36 | 27 | 45 | 441 | 446 | 442 | 82 | 81 | 81 | 0.8 |
| | 20:00 | 37 | 24 | 44 | 444 | 443 | 447 | 83 | 84 | 83 | 0.8 |
| | 22:00 | 34 | 21 | 40 | 448 | 449 | 449 | 76 | 76 | 76 | 0.9 |
| | 00:00 | 39 | 22 | 45 | 441 | 446 | 446 | 88 | 87 | 87 | 0.9 |
| 8/04/2014 | 02:00 | 34 | 21 | 40 | 449 | 447 | 447 | 76 | 76 | 76 | 0.9 |
| | 04:00 | 37 | 26 | 45 | 448 | 447 | 447 | 83 | 83 | 83 | 0.8 |
| | 06:00 | 38 | 26 | 46 | 441 | 442 | 442 | 86 | 86 | 86 | 0.8 |
| | 08:00 | 40 | 23 | 46 | 446 | 445 | 445 | 90 | 90 | 90 | 0.9 |
| | 10:00 | 42 | 13 | 44 | 442 | 446 | 446 | 95 | 94 | 94 | 1.0 |
| | 12:00 | 44 | 22 | 49 | 447 | 443 | 443 | 98 | 99 | 99 | 0.9 |
| | 14:00 | 46 | 14 | 48 | 448 | 445 | 449 | 103 | 103 | 102 | 1.0 |
| | 16:00 | 41 | 21 | 46 | 441 | 448 | 446 | 93 | 92 | 92 | 0.9 |
| | 18:00 | 39 | 13 | 41 | 449 | 447 | 447 | 87 | 87 | 87 | 1.0 |
| | 20:00 | 40 | 23 | 46 | 448 | 448 | 447 | 89 | 89 | 89 | 0.9 |
| | 22:00 | 34 | 21 | 40 | 441 | 443 | 442 | 77 | 77 | 77 | 0.9 |
| | 00:00 | 33 | 23 | 40 | 446 | 441 | 445 | 74 | 75 | 74 | 0.8 |
| 9/04/2014 | 02:00 | 35 | 27 | 44 | 442 | 444 | 446 | 79 | 79 | 78 | 0.8 |
| | 04:00 | 36 | 27 | 45 | 447 | 448 | 443 | 81 | 80 | 81 | 0.8 |
| | 06:00 | 37 | 24 | 44 | 449 | 441 | 449 | 82 | 84 | 82 | 0.8 |
| | 08:00 | 38 | 15 | 41 | 446 | 449 | 446 | 85 | 85 | 85 | 0.9 |
| | 10:00 | 40 | 13 | 42 | 447 | 448 | 447 | 89 | 89 | 89 | 1.0 |
| | 12:00 | 43 | 23 | 49 | 447 | 441 | 447 | 96 | 98 | 96 | 0.9 |
| | 14:00 | 47 | 14 | 49 | 442 | 446 | 442 | 106 | 105 | 106 | 1.0 |
| | 16:00 | 41 | 27 | 49 | 445 | 442 | 445 | 92 | 93 | 92 | 0.8 |
| | 18:00 | 20 | 22 | 30 | 446 | 447 | 446 | 45 | 45 | 45 | 0.7 |
| | 20:00 | 31 | 24 | 39 | 443 | 441 | 443 | 70 | 70 | 70 | 0.8 |
| | 22:00 | 38 | 24 | 45 | 447 | 449 | 448 | 85 | 85 | 85 | 0.8 |

Planta de Petróleo

| Fecha | Hora | Consumo | P | Q | S | U 1-2 | U 2-3 | U 3-1 | I1 | I2 | I3 | Fp |
|------------|-------|---------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-----|----|-----|------|
| 9/04/2014 | 06:00 | 596423 | 9.14 | -8.35 | 13 | 471 | 471 | 475 | 24 | 0 | 24 | 0.70 |
| | 08:00 | 596462 | 82.79 | -54.54 | 114.5 | 464 | 464 | 467 | 211 | 0 | 212 | 0.72 |
| | 10:00 | 596636 | 90.01 | -58.36 | 124 | 463 | 463 | 466 | 230 | 0 | 231 | 0.73 |
| | 12:00 | 596795 | 95.15 | -68.16 | 135.5 | 459 | 459 | 462 | 252 | 0 | 252 | 0.71 |
| | 14:00 | 596966 | 101.82 | -46.30 | 129.5 | 463 | 463 | 466 | 239 | 0 | 240 | 0.79 |
| | 16:00 | 597058 | 0.00 | 0.00 | 0 | 472 | 472 | 474 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| | 18:00 | 597058 | 0.00 | 0.00 | 0 | 466 | 466 | 469 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| | 20:00 | 597062 | 7.48 | -5.11 | 11 | 470 | 470 | 474 | 20 | 0 | 21 | 0.68 |
| 11/04/2014 | 22:00 | 597077 | 7.47 | -5.16 | 11 | 469 | 469 | 473 | 20 | 0 | 20 | 0.68 |
| | 00:00 | 597223 | 102.80 | -49.24 | 131.75 | 460 | 461 | 464 | 247 | 0 | 247 | 0.78 |
| | 02:00 | 597327 | 6.21 | -5.96 | 10.5 | 467 | 467 | 471 | 19 | 0 | 19 | 0.60 |
| | 04:00 | 597339 | 5.95 | -5.88 | 10 | 467 | 467 | 471 | 18 | 0 | 19 | 0.58 |
| | 06:00 | 597352 | 6.79 | -7.52 | 12.25 | 474 | 474 | 478 | 22 | 0 | 22 | 0.55 |
| | 08:00 | 597420 | 101.82 | -46.30 | 129.5 | 463 | 463 | 466 | 239 | 0 | 240 | 0.79 |
| | 10:00 | 597488 | 0.00 | 0.00 | 0 | 472 | 472 | 474 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| | 12:00 | 597556 | 5.95 | -5.88 | 10 | 467 | 467 | 471 | 18 | 0 | 19 | 0.58 |
| | 14:00 | 597624 | 7.48 | -5.11 | 11 | 470 | 470 | 474 | 20 | 0 | 21 | 0.68 |
| | 16:00 | 597692 | 7.47 | -5.16 | 11 | 469 | 469 | 473 | 20 | 0 | 20 | 0.68 |
| | 18:00 | 597760 | 102.80 | -49.24 | 131.75 | 460 | 461 | 464 | 247 | 0 | 247 | 0.78 |
| | 20:00 | 597828 | 6.21 | -5.96 | 10.5 | 467 | 467 | 471 | 19 | 0 | 19 | 0.60 |
| | 22:00 | 597896 | 5.95 | -5.88 | 10 | 467 | 467 | 471 | 18 | 0 | 19 | 0.58 |
| | 00:00 | 597964 | 6.79 | -7.52 | 12.25 | 474 | 474 | 478 | 22 | 0 | 22 | 0.55 |
| | 02:00 | 598032 | 101.82 | -46.30 | 129.5 | 463 | 463 | 466 | 239 | 0 | 240 | 0.79 |
| | 04:00 | 598100 | 0.00 | 0.00 | 0 | 472 | 472 | 474 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 12/04/2014 | 06:00 | 598168 | 7.14 | -8.35 | 13 | 471 | 471 | 475 | 24 | 0 | 24 | 0.54 |
| | 08:00 | 598236 | 82.79 | -54.54 | 114.5 | 464 | 464 | 467 | 211 | 0 | 212 | 0.72 |
| | 10:00 | 598304 | 90.01 | -58.36 | 124 | 463 | 463 | 466 | 230 | 0 | 231 | 0.73 |
| | 12:00 | 598372 | 95.15 | -68.16 | 135.5 | 459 | 459 | 462 | 252 | 0 | 252 | 0.71 |
| | 14:00 | 598440 | 101.82 | -46.30 | 129.5 | 463 | 463 | 466 | 239 | 0 | 240 | 0.79 |
| | 16:00 | 598508 | 0.00 | 0.00 | 0 | 472 | 472 | 474 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| | 18:00 | 598576 | 0.00 | 0.00 | 0 | 466 | 466 | 469 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| | 20:00 | 598644 | 7.48 | -5.11 | 11 | 470 | 470 | 474 | 20 | 0 | 21 | 0.68 |
| | 22:00 | 598712 | 0.00 | 0.00 | 0 | 466 | 466 | 469 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| | 00:00 | 598780 | 7.48 | -5.11 | 11 | 470 | 470 | 474 | 20 | 0 | 21 | 0.68 |
| | 02:00 | 598848 | 7.47 | -5.16 | 11 | 469 | 469 | 473 | 20 | 0 | 20 | 0.68 |
| | 04:00 | 598916 | 102.80 | -49.24 | 131.75 | 460 | 461 | 464 | 247 | 0 | 247 | 0.78 |
| | 06:00 | 598984 | 6.21 | -5.96 | 10.5 | 467 | 467 | 471 | 19 | 0 | 19 | 0.60 |
| | 08:00 | 599052 | 5.95 | -5.88 | 10 | 467 | 467 | 471 | 18 | 0 | 19 | 0.58 |
| | 10:00 | 599120 | 6.79 | -7.52 | 12.25 | 474 | 474 | 478 | 22 | 0 | 22 | 0.55 |
| | 12:00 | 599188 | 101.82 | -46.30 | 129.5 | 463 | 463 | 466 | 239 | 0 | 240 | 0.79 |
| | 14:00 | 599256 | 0.00 | 0.00 | 0 | 472 | 472 | 474 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| | 16:00 | 599324 | 5.95 | -5.88 | 10 | 467 | 467 | 471 | 18 | 0 | 19 | 0.58 |
| | 18:00 | 599392 | 7.48 | -5.11 | 11 | 470 | 470 | 474 | 20 | 0 | 21 | 0.68 |
| | 20:00 | 599460 | 7.47 | -5.16 | 11 | 469 | 469 | 473 | 20 | 0 | 20 | 0.68 |
| | 22:00 | 599528 | 102.80 | -49.24 | 131.75 | 460 | 461 | 464 | 247 | 0 | 247 | 0.78 |
| | 00:00 | 599596 | 6.21 | -5.96 | 10.5 | 467 | 467 | 471 | 19 | 0 | 19 | 0.60 |
| | 02:00 | 599664 | 5.95 | -5.88 | 10 | 467 | 467 | 471 | 18 | 0 | 19 | 0.58 |
| | 04:00 | 599732 | 6.79 | -7.52 | 12.25 | 474 | 474 | 478 | 22 | 0 | 22 | 0.55 |
| 14/04/2014 | 06:00 | 599800 | 101.82 | -46.30 | 129.5 | 463 | 463 | 466 | 239 | 0 | 240 | 0.79 |
| | 08:00 | 599820 | 0.00 | 0.00 | 0 | 472 | 472 | 474 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| | 10:00 | 599936 | 5.95 | -5.88 | 10 | 467 | 467 | 471 | 18 | 0 | 19 | 0.58 |
| | 12:00 | 600004 | 7.48 | -5.11 | 11 | 470 | 470 | 474 | 20 | 0 | 21 | 0.68 |
| | 22:00 | 600072 | 7.47 | -5.16 | 11 | 469 | 469 | 473 | 20 | 0 | 20 | 0.68 |

Planta de Amoniaco

| Fecha | Hora | Consumo | P | Q | S | U 1-2 | U 2-3 | U 3-1 | I1 | I2 | I3 | Fp |
|------------|-------|---------|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-----|-----|-----|------|
| 15/04/2014 | 06:00 | 901813 | 106 | 90 | 139 | 450 | 452 | 451 | 236 | 235 | 235 | 0.76 |
| | 08:00 | 902014 | 99 | 87 | 132 | 450 | 452 | 449 | 220 | 219 | 220 | 0.75 |
| | 10:00 | 902212 | 99 | 86 | 131 | 450 | 453 | 451 | 220 | 219 | 220 | 0.76 |
| | 12:00 | 902246 | 0 | 4 | 4 | 453 | 453 | 452 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| | 14:00 | 902294 | 92 | 86 | 126 | 454 | 454 | 453 | 203 | 203 | 203 | 0.73 |
| | 16:00 | 902483 | 94 | 87 | 128 | 449 | 450 | 448 | 209 | 209 | 210 | 0.73 |
| | 18:00 | 902675 | 95 | 86 | 128 | 447 | 448 | 447 | 213 | 212 | 213 | 0.74 |
| | 20:00 | 902874 | 102 | 91 | 137 | 451 | 451 | 450 | 226 | 226 | 227 | 0.74 |
| | 22:00 | 902975 | 10 | 8 | 13 | 449 | 449 | 448 | 22 | 22 | 22 | 0.77 |
| | 00:00 | 902995 | 10 | 7 | 12 | 452 | 454 | 452 | 22 | 22 | 22 | 0.83 |
| 16/04/2014 | 02:00 | 903014 | 9 | 8 | 12 | 448 | 449 | 448 | 20 | 20 | 20 | 0.75 |
| | 04:00 | 903034 | 10 | 7 | 12 | 450 | 450 | 449 | 22 | 22 | 22 | 0.83 |
| | 06:00 | 903216 | 87 | 440 | 449 | 450 | 448 | 129 | 193 | 194 | 674 | 0.19 |
| | 08:00 | 903331 | 10 | 7 | 12 | 452 | 454 | 452 | 22 | 22 | 22 | 0.83 |
| | 10:00 | 903446 | 94 | 87 | 128 | 449 | 450 | 448 | 209 | 209 | 210 | 0.73 |
| | 12:00 | 903561 | 95 | 86 | 128 | 447 | 448 | 447 | 213 | 212 | 213 | 0.74 |
| | 14:00 | 903676 | 102 | 91 | 137 | 451 | 451 | 450 | 226 | 226 | 227 | 0.74 |
| | 16:00 | 903791 | 10 | 8 | 13 | 449 | 449 | 448 | 22 | 22 | 22 | 0.77 |
| | 18:00 | 903906 | 10 | 7 | 12 | 452 | 454 | 452 | 22 | 22 | 22 | 0.83 |
| | 20:00 | 904021 | 87 | 440 | 449 | 450 | 448 | 129 | 193 | 194 | 674 | 0.19 |
| | 22:00 | 904136 | 94 | 87 | 128 | 449 | 450 | 448 | 209 | 209 | 210 | 0.73 |
| 17/04/2014 | 00:00 | 904251 | 106 | 90 | 139 | 450 | 452 | 451 | 236 | 235 | 235 | 0.76 |
| | 02:00 | 904366 | 87 | 440 | 449 | 450 | 448 | 129 | 193 | 194 | 674 | 0.19 |
| | 04:00 | 904481 | 99 | 86 | 131 | 450 | 453 | 451 | 220 | 219 | 220 | 0.76 |
| | 06:00 | 904596 | 8 | 4 | 10 | 453 | 453 | 452 | 3 | 1 | 2 | 0.80 |
| | 08:00 | 904711 | 92 | 86 | 126 | 454 | 454 | 453 | 203 | 203 | 203 | 0.73 |
| | 10:00 | 904826 | 94 | 87 | 128 | 449 | 450 | 448 | 209 | 209 | 210 | 0.73 |
| | 12:00 | 904941 | 95 | 86 | 128 | 447 | 448 | 447 | 213 | 212 | 213 | 0.74 |
| | 14:00 | 905056 | 102 | 91 | 137 | 451 | 451 | 450 | 226 | 226 | 227 | 0.74 |
| | 16:00 | 905171 | 10 | 8 | 13 | 449 | 449 | 448 | 22 | 22 | 22 | 0.77 |
| | 18:00 | 905286 | 10 | 7 | 12 | 452 | 454 | 452 | 22 | 22 | 22 | 0.83 |
| | 20:00 | 905401 | 9 | 8 | 12 | 448 | 449 | 448 | 20 | 20 | 20 | 0.75 |
| 18/04/2014 | 22:00 | 905516 | 10 | 7 | 12 | 450 | 450 | 449 | 22 | 22 | 22 | 0.83 |
| | 00:00 | 905631 | 101 | 91 | 136 | 448 | 449 | 447 | 225 | 225 | 226 | 0.74 |
| | 02:00 | 905746 | 92 | 86 | 126 | 454 | 454 | 453 | 203 | 203 | 203 | 0.73 |
| | 04:00 | 905861 | 94 | 87 | 128 | 449 | 450 | 448 | 209 | 209 | 210 | 0.73 |
| | 06:00 | 905976 | 95 | 86 | 128 | 447 | 448 | 447 | 213 | 212 | 213 | 0.74 |
| | 08:00 | 906091 | 95 | 86 | 128 | 447 | 448 | 447 | 213 | 212 | 213 | 0.74 |
| | 10:00 | 906206 | 102 | 91 | 137 | 451 | 451 | 450 | 226 | 226 | 227 | 0.74 |
| | 12:00 | 906321 | 10 | 8 | 13 | 449 | 449 | 448 | 22 | 22 | 22 | 0.77 |
| | 14:00 | 906436 | 10 | 7 | 12 | 452 | 454 | 452 | 22 | 22 | 22 | 0.83 |
| | 16:00 | 906551 | 87 | 440 | 449 | 450 | 448 | 129 | 193 | 194 | 674 | 0.19 |
| 19/04/2014 | 18:00 | 906666 | 94 | 87 | 128 | 449 | 450 | 448 | 209 | 209 | 210 | 0.73 |
| | 20:00 | 906781 | 95 | 86 | 128 | 447 | 448 | 447 | 213 | 212 | 213 | 0.74 |
| | 22:00 | 906896 | 102 | 91 | 137 | 451 | 451 | 450 | 226 | 226 | 227 | 0.74 |
| | 00:00 | 907011 | 10 | 8 | 13 | 449 | 449 | 448 | 22 | 22 | 22 | 0.77 |
| | 02:00 | 907126 | 106 | 90 | 139 | 450 | 452 | 451 | 236 | 235 | 235 | 0.76 |
| | 04:00 | 907241 | 99 | 87 | 132 | 450 | 452 | 449 | 220 | 219 | 220 | 0.75 |
| | 06:00 | 907356 | 99 | 86 | 131 | 450 | 453 | 451 | 220 | 219 | 220 | 0.76 |
| | 08:00 | 907471 | 8 | 3 | 9 | 453 | 453 | 452 | 2 | 3 | 3 | 0.88 |
| | 10:00 | 907586 | 92 | 86 | 126 | 454 | 454 | 453 | 203 | 203 | 203 | 0.73 |
| | 12:00 | 907701 | 94 | 87 | 128 | 449 | 450 | 448 | 209 | 209 | 210 | 0.73 |
| | 22:00 | 907816 | 95 | 86 | 128 | 447 | 448 | 447 | 213 | 212 | 213 | 0.74 |

Taller Automotor

| Fecha | Hora | Consumo | P | Q | S | U 1-2 | U 2-3 | U 3-1 | I1 | I2 | I3 | Fp |
|------------|-------|---------|----|----|-----|-------|-------|-------|-----|-----|-----|------|
| 24/04/2014 | 06:00 | 255144 | 75 | 57 | 94 | 449 | 449 | 448 | 167 | 167 | 167 | 0.80 |
| | 08:00 | 255243 | 78 | 51 | 93 | 452 | 454 | 452 | 173 | 172 | 173 | 0.84 |
| | 10:00 | 255299 | 82 | 66 | 105 | 450 | 448 | 451 | 182 | 183 | 182 | 0.78 |
| | 12:00 | 255386 | 88 | 69 | 112 | 449 | 450 | 448 | 196 | 196 | 196 | 0.79 |
| | 14:00 | 255451 | 91 | 77 | 119 | 450 | 452 | 451 | 202 | 201 | 202 | 0.76 |
| | 16:00 | 255551 | 89 | 58 | 106 | 450 | 448 | 444 | 198 | 199 | 200 | 0.84 |
| | 18:00 | 255619 | 71 | 43 | 83 | 450 | 453 | 451 | 158 | 157 | 157 | 0.86 |
| | 20:00 | 255732 | 59 | 22 | 63 | 453 | 453 | 452 | 130 | 130 | 131 | 0.94 |
| | 22:00 | 255845 | 61 | 30 | 68 | 454 | 454 | 453 | 134 | 134 | 135 | 0.90 |
| | 00:00 | 255958 | 60 | 22 | 64 | 449 | 450 | 448 | 134 | 133 | 134 | 0.94 |
| 25/04/2014 | 02:00 | 256071 | 51 | 21 | 55 | 447 | 448 | 447 | 114 | 114 | 114 | 0.93 |
| | 04:00 | 256184 | 68 | 27 | 73 | 451 | 451 | 450 | 151 | 151 | 151 | 0.93 |
| | 06:00 | 256297 | 77 | 45 | 89 | 449 | 449 | 448 | 171 | 171 | 172 | 0.87 |
| | 08:00 | 256410 | 81 | 48 | 94 | 452 | 454 | 452 | 179 | 178 | 179 | 0.86 |
| | 10:00 | 256523 | 91 | 67 | 113 | 448 | 449 | 448 | 203 | 203 | 203 | 0.81 |
| | 12:00 | 256636 | 92 | 77 | 120 | 450 | 450 | 449 | 204 | 204 | 205 | 0.77 |
| | 14:00 | 256749 | 90 | 54 | 105 | 448 | 449 | 447 | 201 | 200 | 201 | 0.86 |
| | 16:00 | 256862 | 75 | 57 | 94 | 449 | 449 | 448 | 167 | 167 | 167 | 0.80 |
| | 18:00 | 256975 | 89 | 58 | 106 | 450 | 448 | 129 | 198 | 199 | 690 | 0.84 |
| | 20:00 | 257088 | 71 | 43 | 83 | 450 | 453 | 451 | 158 | 157 | 157 | 0.86 |
| 27/04/2014 | 22:00 | 257201 | 59 | 22 | 63 | 453 | 453 | 452 | 130 | 130 | 131 | 0.94 |
| | 00:00 | 257314 | 61 | 30 | 68 | 454 | 454 | 453 | 134 | 134 | 135 | 0.90 |
| | 02:00 | 257427 | 60 | 22 | 64 | 449 | 450 | 448 | 134 | 133 | 134 | 0.94 |
| | 04:00 | 257540 | 51 | 21 | 55 | 447 | 448 | 447 | 114 | 114 | 114 | 0.93 |
| | 06:00 | 257653 | 68 | 27 | 73 | 451 | 451 | 450 | 151 | 151 | 151 | 0.93 |
| | 08:00 | 257766 | 77 | 54 | 94 | 449 | 445 | 448 | 171 | 173 | 172 | 0.82 |
| | 10:00 | 257879 | 71 | 60 | 93 | 462 | 454 | 452 | 154 | 156 | 157 | 0.76 |
| | 12:00 | 257992 | 84 | 63 | 105 | 450 | 443 | 451 | 187 | 190 | 186 | 0.80 |
| | 14:00 | 258105 | 81 | 77 | 112 | 449 | 450 | 448 | 180 | 180 | 181 | 0.72 |
| | 16:00 | 258218 | 83 | 85 | 119 | 450 | 447 | 441 | 184 | 186 | 188 | 0.70 |
| 28/04/2014 | 18:00 | 258331 | 93 | 51 | 106 | 450 | 448 | 444 | 207 | 208 | 209 | 0.88 |
| | 20:00 | 258444 | 71 | 43 | 83 | 450 | 453 | 455 | 158 | 157 | 156 | 0.86 |
| | 22:00 | 258557 | 63 | 0 | 63 | 453 | 450 | 451 | 139 | 140 | 140 | 1.00 |
| | 00:00 | 258670 | 49 | 47 | 68 | 453 | 454 | 453 | 108 | 108 | 108 | 0.72 |
| | 02:00 | 258783 | 48 | 42 | 64 | 449 | 451 | 448 | 107 | 106 | 107 | 0.75 |
| | 04:00 | 258896 | 49 | 25 | 55 | 447 | 448 | 441 | 110 | 109 | 111 | 0.89 |
| | 06:00 | 259009 | 64 | 35 | 73 | 451 | 451 | 449 | 142 | 142 | 143 | 0.88 |
| | 08:00 | 259122 | 75 | 48 | 89 | 449 | 448 | 448 | 167 | 167 | 167 | 0.84 |
| | 10:00 | 259235 | 85 | 40 | 94 | 459 | 454 | 452 | 185 | 187 | 188 | 0.90 |
| | 12:00 | 259348 | 90 | 68 | 113 | 441 | 449 | 448 | 204 | 200 | 201 | 0.80 |
| 29/04/2014 | 14:00 | 259461 | 95 | 73 | 120 | 450 | 450 | 448 | 211 | 211 | 212 | 0.79 |
| | 16:00 | 259574 | 89 | 56 | 105 | 448 | 450 | 447 | 199 | 198 | 199 | 0.85 |
| | 18:00 | 259687 | 77 | 54 | 94 | 449 | 445 | 448 | 171 | 173 | 172 | 0.82 |
| | 20:00 | 259800 | 71 | 43 | 83 | 450 | 453 | 451 | 158 | 157 | 157 | 0.86 |
| | 22:00 | 259913 | 61 | 30 | 68 | 454 | 454 | 453 | 134 | 134 | 135 | 0.90 |
| | 00:00 | 260026 | 60 | 22 | 64 | 449 | 450 | 448 | 134 | 133 | 134 | 0.94 |
| | 02:00 | 260139 | 51 | 21 | 55 | 447 | 448 | 447 | 114 | 114 | 111 | 0.93 |
| | 04:00 | 260252 | 68 | 27 | 73 | 451 | 451 | 450 | 151 | 151 | 151 | 0.93 |
| | 06:00 | 260365 | 78 | 51 | 93 | 452 | 454 | 452 | 173 | 172 | 173 | 0.84 |
| | 08:00 | 260478 | 82 | 66 | 105 | 450 | 448 | 129 | 182 | 183 | 636 | 0.78 |
| 29/04/2014 | 10:00 | 260591 | 88 | 69 | 112 | 449 | 450 | 448 | 196 | 196 | 196 | 0.79 |
| | 12:00 | 260704 | 91 | 77 | 119 | 450 | 452 | 451 | 202 | 201 | 202 | 0.76 |
| | 22:00 | 260817 | 89 | 58 | 106 | 450 | 448 | 129 | 198 | 199 | 690 | 0.84 |

Planta de Carbón

| Fecha | Hora | Consumo | P | Q | S | U 1-2 | U 2-3 | U 3-1 | I1 | I2 | I3 | Fp |
|------------|-------|---------|----|----|----|-------|-------|-------|-----|-----|-----|------|
| 30/04/2014 | 10:00 | 354481 | 54 | 38 | 66 | 441 | 445 | 445 | 122 | 121 | 121 | 0.82 |
| | 12:00 | 354585 | 52 | 21 | 56 | 444 | 449 | 452 | 117 | 116 | 115 | 0.93 |
| | 14:00 | 354651 | 55 | 18 | 58 | 450 | 446 | 455 | 122 | 123 | 121 | 0.95 |
| | 16:00 | 354742 | 61 | 30 | 68 | 451 | 450 | 447 | 135 | 136 | 136 | 0.90 |
| | 18:00 | 354831 | 54 | 30 | 62 | 452 | 447 | 448 | 119 | 121 | 121 | 0.87 |
| | 20:00 | 354920 | 44 | 38 | 58 | 450 | 448 | 444 | 98 | 98 | 99 | 0.76 |
| 3/05/2014 | 22:00 | 355009 | 26 | 22 | 34 | 449 | 451 | 455 | 58 | 58 | 57 | 0.76 |
| | 00:00 | 355098 | 27 | 13 | 30 | 447 | 450 | 452 | 60 | 60 | 60 | 0.90 |
| | 02:00 | 355187 | 22 | 19 | 29 | 442 | 448 | 453 | 50 | 49 | 49 | 0.76 |
| | 04:00 | 355276 | 25 | 15 | 29 | 449 | 451 | 448 | 56 | 55 | 56 | 0.86 |
| | 06:00 | 355365 | 21 | 14 | 25 | 440 | 445 | 448 | 48 | 47 | 47 | 0.84 |
| | 08:00 | 355454 | 30 | 14 | 33 | 448 | 451 | 449 | 67 | 67 | 67 | 0.91 |
| | 10:00 | 355541 | 39 | 22 | 45 | 445 | 442 | 447 | 88 | 88 | 87 | 0.87 |
| | 12:00 | 355628 | 49 | 31 | 58 | 446 | 454 | 452 | 110 | 108 | 108 | 0.84 |
| | 14:00 | 355715 | 55 | 42 | 69 | 441 | 443 | 451 | 125 | 124 | 122 | 0.80 |
| | 16:00 | 355802 | 54 | 45 | 70 | 447 | 450 | 448 | 121 | 120 | 121 | 0.77 |
| | 18:00 | 355889 | 54 | 41 | 68 | 448 | 447 | 447 | 121 | 121 | 121 | 0.79 |
| | 20:00 | 355976 | 39 | 22 | 45 | 446 | 441 | 452 | 87 | 88 | 86 | 0.87 |
| 4/05/2014 | 22:00 | 356063 | 30 | 16 | 34 | 449 | 452 | 449 | 67 | 66 | 67 | 0.88 |
| | 00:00 | 356150 | 32 | 22 | 39 | 450 | 449 | 450 | 71 | 71 | 71 | 0.82 |
| | 02:00 | 356237 | 28 | 21 | 35 | 456 | 449 | 450 | 61 | 62 | 62 | 0.80 |
| | 04:00 | 356324 | 29 | 23 | 37 | 457 | 449 | 455 | 63 | 65 | 64 | 0.78 |
| | 06:00 | 356411 | 34 | 19 | 39 | 451 | 450 | 448 | 75 | 76 | 76 | 0.87 |
| | 08:00 | 356498 | 40 | 27 | 48 | 443 | 448 | 448 | 90 | 89 | 89 | 0.83 |
| | 10:00 | 356585 | 48 | 34 | 59 | 447 | 450 | 450 | 107 | 107 | 107 | 0.81 |
| | 12:00 | 356672 | 50 | 35 | 61 | 446 | 451 | 442 | 112 | 111 | 113 | 0.82 |
| | 14:00 | 356759 | 49 | 33 | 59 | 441 | 443 | 444 | 111 | 111 | 110 | 0.83 |
| | 16:00 | 356846 | 41 | 29 | 50 | 445 | 441 | 443 | 92 | 93 | 93 | 0.82 |
| | 18:00 | 356933 | 44 | 31 | 54 | 446 | 450 | 450 | 99 | 98 | 98 | 0.81 |
| | 20:00 | 357020 | 34 | 26 | 43 | 446 | 451 | 452 | 76 | 75 | 75 | 0.79 |
| 5/05/2014 | 22:00 | 357107 | 31 | 28 | 42 | 450 | 448 | 450 | 69 | 69 | 69 | 0.74 |
| | 00:00 | 357194 | 35 | 15 | 38 | 452 | 450 | 452 | 77 | 78 | 77 | 0.92 |
| | 02:00 | 357281 | 30 | 23 | 38 | 447 | 443 | 448 | 67 | 68 | 67 | 0.79 |
| | 04:00 | 357368 | 29 | 14 | 32 | 442 | 440 | 441 | 66 | 66 | 66 | 0.91 |
| | 06:00 | 357455 | 54 | 38 | 66 | 441 | 445 | 445 | 120 | 125 | 119 | 0.82 |
| | 08:00 | 357542 | 52 | 21 | 56 | 444 | 449 | 452 | 118 | 116 | 110 | 0.93 |
| | 10:00 | 357629 | 55 | 18 | 58 | 450 | 446 | 455 | 122 | 123 | 121 | 0.95 |
| | 12:00 | 357716 | 61 | 30 | 68 | 451 | 450 | 447 | 131 | 133 | 135 | 0.90 |
| | 14:00 | 357803 | 54 | 30 | 62 | 452 | 447 | 448 | 119 | 122 | 121 | 0.87 |
| | 16:00 | 357890 | 44 | 38 | 58 | 450 | 448 | 444 | 98 | 98 | 99 | 0.76 |
| | 18:00 | 357977 | 26 | 22 | 34 | 449 | 451 | 455 | 58 | 58 | 57 | 0.76 |
| | 20:00 | 358064 | 27 | 13 | 30 | 447 | 450 | 452 | 60 | 60 | 60 | 0.90 |
| 6/05/2014 | 22:00 | 358151 | 22 | 19 | 29 | 442 | 448 | 453 | 50 | 49 | 49 | 0.76 |
| | 00:00 | 358238 | 25 | 15 | 29 | 449 | 451 | 448 | 56 | 55 | 56 | 0.86 |
| | 02:00 | 358325 | 21 | 14 | 25 | 440 | 445 | 448 | 48 | 47 | 47 | 0.84 |
| | 04:00 | 358412 | 30 | 14 | 33 | 448 | 451 | 449 | 67 | 67 | 67 | 0.91 |
| | 06:00 | 358499 | 39 | 22 | 45 | 445 | 442 | 447 | 88 | 88 | 87 | 0.87 |
| | 08:00 | 358586 | 49 | 31 | 58 | 446 | 454 | 452 | 110 | 108 | 108 | 0.84 |
| | 10:00 | 358673 | 55 | 42 | 69 | 441 | 443 | 451 | 125 | 124 | 122 | 0.80 |
| | 12:00 | 358760 | 54 | 45 | 70 | 447 | 450 | 448 | 121 | 120 | 121 | 0.77 |
| | 22:00 | 358847 | 54 | 41 | 68 | 448 | 447 | 447 | 121 | 121 | 121 | 0.79 |
| | 00:00 | 358934 | 39 | 22 | 45 | 446 | 441 | 452 | 87 | 88 | 86 | 0.87 |
| | 02:00 | 359021 | 30 | 16 | 34 | 449 | 452 | 449 | 67 | 66 | 67 | 0.88 |
| | 04:00 | 359108 | 25 | 15 | 29 | 449 | 451 | 448 | 56 | 55 | 56 | 0.86 |

Marítimo

| Fecha | Hora | Consumo | P | Q | S | U 1-2 | U 2-3 | U 3-1 | I1 | I2 | I3 | Fp |
|------------|-------|---------|-----|----|-----|-------|-------|-------|-----|-----|-----|------|
| | 04:00 | 758624 | 55 | 35 | 65 | 463 | 463 | 466 | 119 | 119 | 118 | 0.85 |
| | 06:00 | 758701 | 54 | 38 | 66 | 459 | 459 | 462 | 118 | 118 | 117 | 0.82 |
| | 08:00 | 758798 | 56 | 22 | 60 | 463 | 463 | 466 | 121 | 121 | 120 | 0.93 |
| | 10:00 | 758888 | 58 | 27 | 64 | 472 | 472 | 474 | 123 | 123 | 122 | 0.91 |
| | 12:00 | 758992 | 50 | 43 | 66 | 466 | 466 | 469 | 107 | 107 | 107 | 0.76 |
| | 14:00 | 759079 | 48 | 25 | 54 | 470 | 470 | 474 | 102 | 102 | 101 | 0.89 |
| | 16:00 | 759166 | 44 | 28 | 52 | 469 | 469 | 473 | 94 | 94 | 93 | 0.85 |
| | 18:00 | 759253 | 41 | 19 | 45 | 460 | 461 | 464 | 89 | 89 | 88 | 0.91 |
| | 20:00 | 759340 | 41 | 16 | 44 | 467 | 467 | 471 | 88 | 88 | 87 | 0.93 |
| | 22:00 | 759427 | 44 | 22 | 49 | 467 | 467 | 471 | 94 | 94 | 93 | 0.90 |
| 16/05/2014 | 00:00 | 759514 | 47 | 17 | 50 | 474 | 474 | 478 | 99 | 99 | 98 | 0.94 |
| | 02:00 | 759601 | 41 | 19 | 45 | 463 | 463 | 466 | 89 | 89 | 88 | 0.91 |
| | 04:00 | 759688 | 50 | 23 | 55 | 472 | 472 | 474 | 106 | 106 | 105 | 0.91 |
| | 06:00 | 759775 | 58 | 25 | 63 | 467 | 467 | 471 | 124 | 124 | 123 | 0.92 |
| | 08:00 | 759862 | 60 | 19 | 63 | 470 | 470 | 474 | 128 | 128 | 127 | 0.95 |
| | 10:00 | 759949 | 57 | 27 | 63 | 469 | 469 | 473 | 122 | 122 | 121 | 0.90 |
| | 12:00 | 760036 | 55 | 26 | 61 | 460 | 461 | 464 | 120 | 119 | 119 | 0.90 |
| | 14:00 | 760123 | 41 | 25 | 48 | 467 | 467 | 471 | 88 | 88 | 87 | 0.85 |
| | 16:00 | 760210 | 44 | 13 | 46 | 467 | 467 | 471 | 94 | 94 | 93 | 0.96 |
| | 18:00 | 760297 | 48 | 20 | 52 | 474 | 474 | 478 | 101 | 101 | 100 | 0.92 |
| | 20:00 | 760384 | 46 | 17 | 49 | 463 | 463 | 466 | 99 | 99 | 99 | 0.94 |
| | 22:00 | 760471 | 44 | 22 | 49 | 472 | 472 | 474 | 93 | 93 | 93 | 0.90 |
| 17/05/2014 | 00:00 | 760558 | 41 | 25 | 48 | 471 | 471 | 475 | 87 | 87 | 86 | 0.85 |
| | 02:00 | 760645 | 48 | 22 | 53 | 464 | 464 | 467 | 103 | 103 | 103 | 0.91 |
| | 04:00 | 760732 | 50 | 23 | 55 | 463 | 463 | 466 | 108 | 108 | 107 | 0.91 |
| | 06:00 | 760819 | 71 | 32 | 78 | 459 | 459 | 462 | 155 | 155 | 154 | 0.91 |
| | 08:00 | 760906 | 78 | 28 | 83 | 454 | 454 | 453 | 172 | 172 | 172 | 0.94 |
| | 10:00 | 760993 | 101 | 46 | 111 | 449 | 450 | 448 | 225 | 224 | 225 | 0.91 |
| | 12:00 | 761180 | 115 | 58 | 129 | 447 | 448 | 447 | 257 | 257 | 257 | 0.89 |
| | 14:00 | 761207 | 40 | 18 | 44 | 451 | 451 | 450 | 89 | 89 | 89 | 0.91 |
| | 16:00 | 761254 | 44 | 30 | 53 | 449 | 449 | 448 | 98 | 98 | 98 | 0.83 |
| | 18:00 | 761341 | 45 | 26 | 52 | 452 | 454 | 452 | 100 | 99 | 100 | 0.87 |
| | 20:00 | 761428 | 39 | 18 | 43 | 448 | 449 | 448 | 87 | 87 | 87 | 0.91 |
| | 22:00 | 761515 | 42 | 25 | 49 | 450 | 450 | 449 | 93 | 93 | 94 | 0.86 |
| 18/05/2014 | 00:00 | 761602 | 44 | 22 | 49 | 450 | 448 | 129 | 98 | 98 | 341 | 0.90 |
| | 02:00 | 761689 | 47 | 30 | 56 | 452 | 454 | 452 | 104 | 104 | 104 | 0.84 |
| | 04:00 | 761776 | 41 | 27 | 49 | 449 | 450 | 448 | 91 | 91 | 92 | 0.84 |
| | 06:00 | 761863 | 50 | 29 | 58 | 447 | 448 | 447 | 112 | 112 | 112 | 0.86 |
| | 08:00 | 761950 | 58 | 35 | 68 | 472 | 472 | 474 | 123 | 123 | 122 | 0.85 |
| | 10:00 | 762037 | 60 | 30 | 67 | 467 | 467 | 471 | 128 | 128 | 127 | 0.90 |
| | 12:00 | 762124 | 57 | 15 | 59 | 470 | 470 | 474 | 121 | 121 | 120 | 0.97 |
| | 22:00 | 762211 | 55 | 26 | 61 | 469 | 469 | 473 | 117 | 117 | 116 | 0.90 |
| | 00:00 | 762298 | 41 | 27 | 49 | 460 | 461 | 464 | 89 | 89 | 88 | 0.84 |
| | 02:00 | 762385 | 44 | 24 | 50 | 467 | 467 | 471 | 94 | 94 | 93 | 0.88 |
| | 04:00 | 762472 | 55 | 35 | 65 | 463 | 463 | 466 | 119 | 119 | 118 | 0.85 |

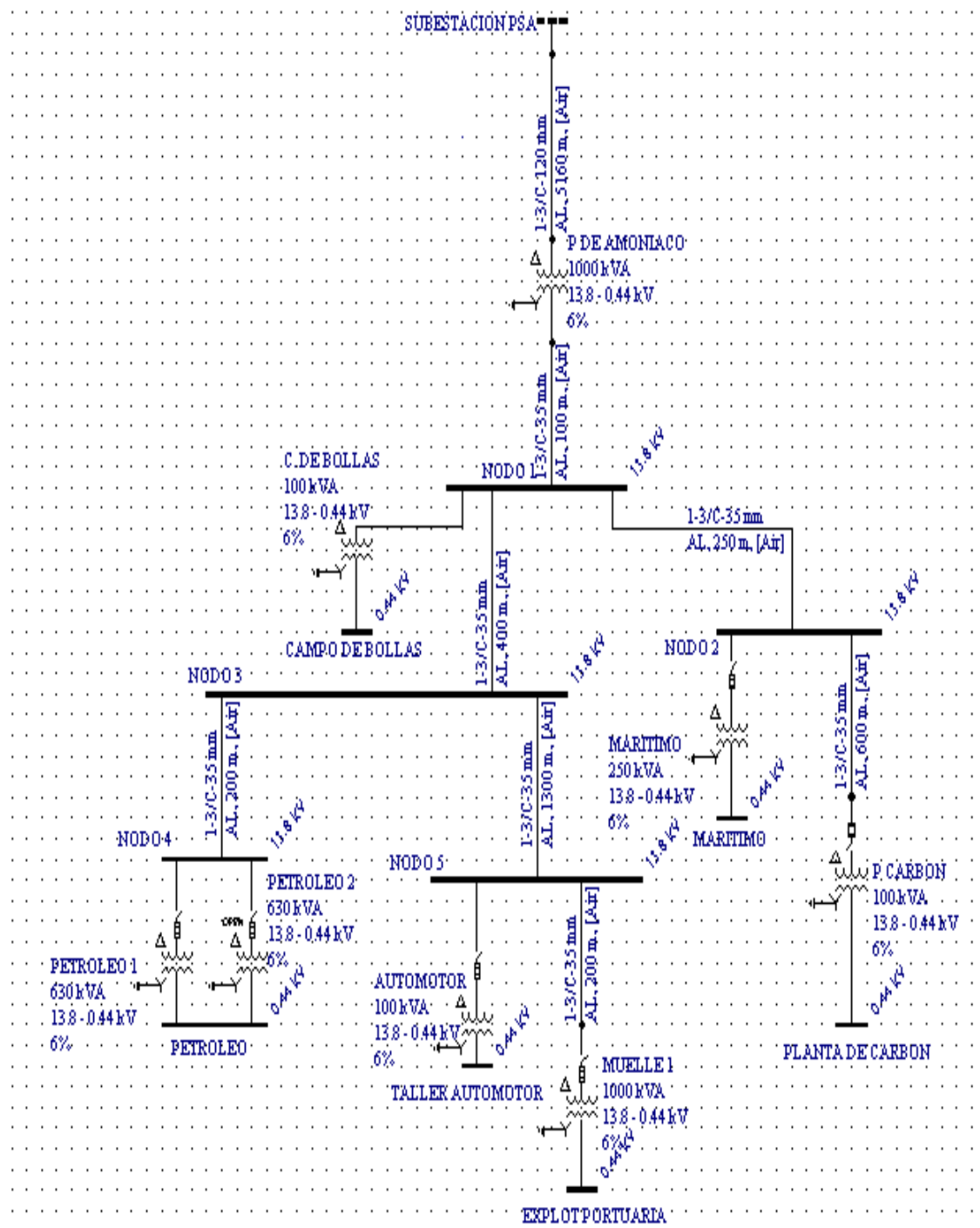
Campo de Boyas

| | | | | | | | | | | | | |
|------------|-------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 25/05/2014 | 00:00 | 002541 | 3.1 | 0.8 | 3.2 | 454 | 454 | 453 | 6.8 | 6.8 | 6.8 | 0.97 |
| | 02:00 | 002549 | 3.2 | 1.1 | 3.4 | 449 | 450 | 448 | 7.1 | 7.1 | 7.1 | 0.94 |
| | 04:00 | 002558 | 3 | 0.8 | 3.1 | 447 | 448 | 447 | 6.7 | 6.7 | 6.7 | 0.97 |
| | 06:00 | 002566 | 2.8 | 1.1 | 3 | 451 | 451 | 450 | 6.2 | 6.2 | 6.2 | 0.93 |
| | 08:00 | 002569 | 0.4 | 0.3 | 0.5 | 449 | 445 | 448 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.80 |
| | 10:00 | 002571 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 462 | 454 | 452 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.00 |
| | 12:00 | 002572 | 0.4 | 0.3 | 0.5 | 450 | 443 | 451 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.80 |
| | 14:00 | 002574 | 0.5 | 0.3 | 0.6 | 449 | 450 | 448 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 0.83 |
| | 16:00 | 002575 | 1.2 | 0.5 | 1.3 | 450 | 447 | 441 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 0.92 |
| | 18:00 | 002580 | 3 | 1.1 | 3.2 | 450 | 448 | 444 | 6.7 | 6.7 | 6.8 | 0.94 |
| | 20:00 | 002588 | 3.2 | 0.8 | 3.3 | 450 | 453 | 455 | 7.1 | 7.1 | 7.0 | 0.97 |
| | 22:00 | 002597 | 3.2 | 1.1 | 3.4 | 453 | 450 | 451 | 7.1 | 7.1 | 7.1 | 0.94 |

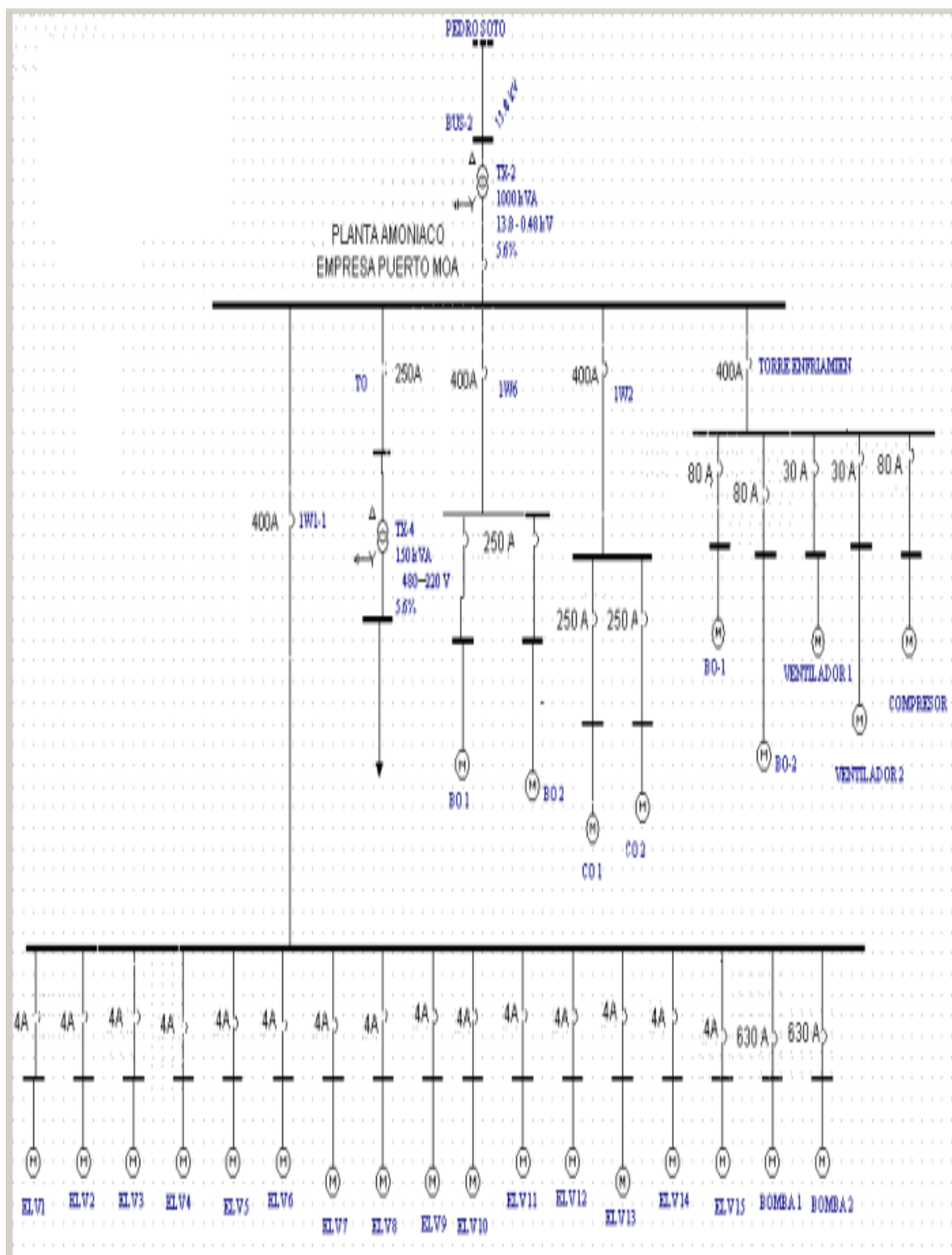


Anexo #3 Diagramas Monolineales

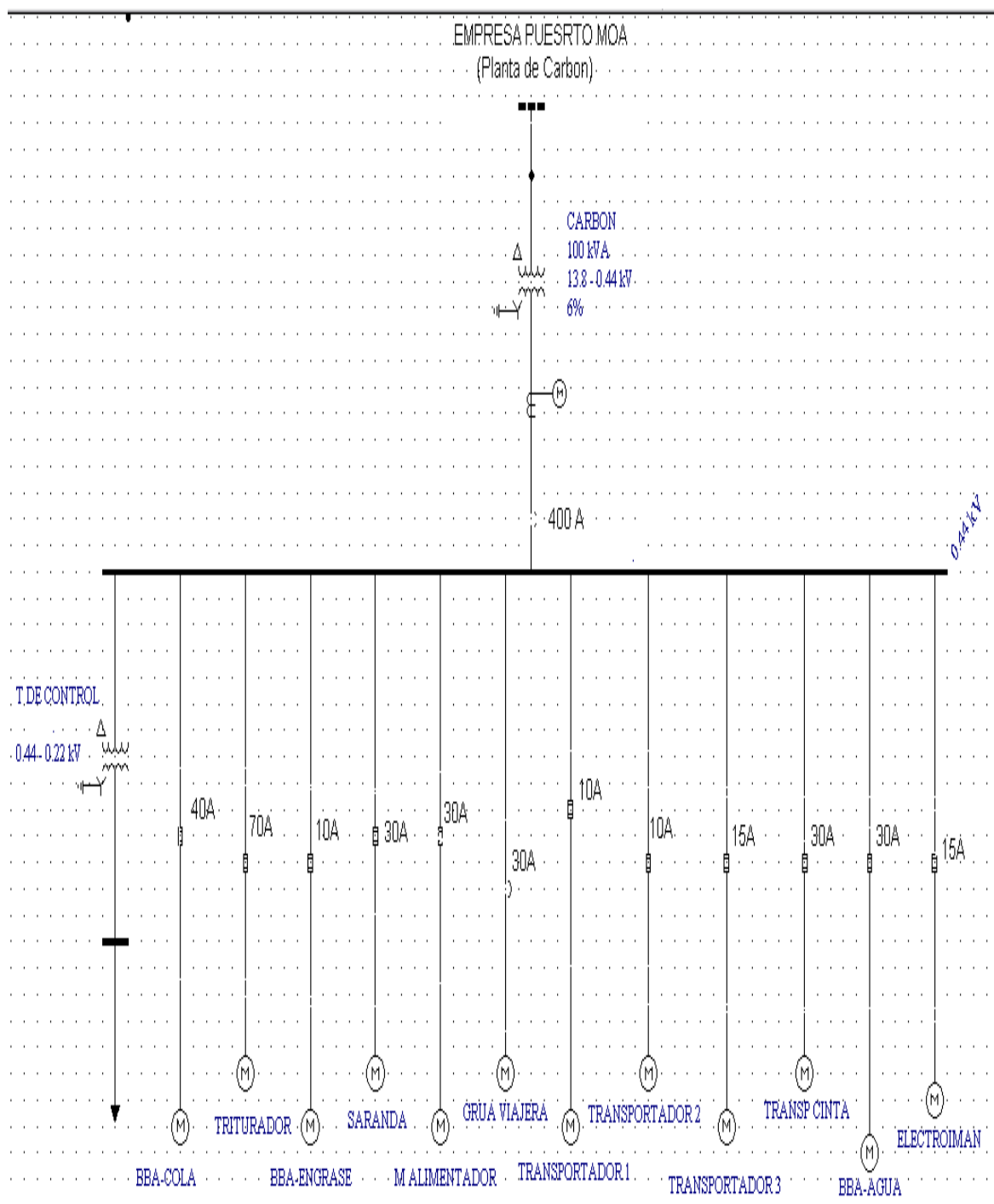
Monolineal Empresa Puerto Moa



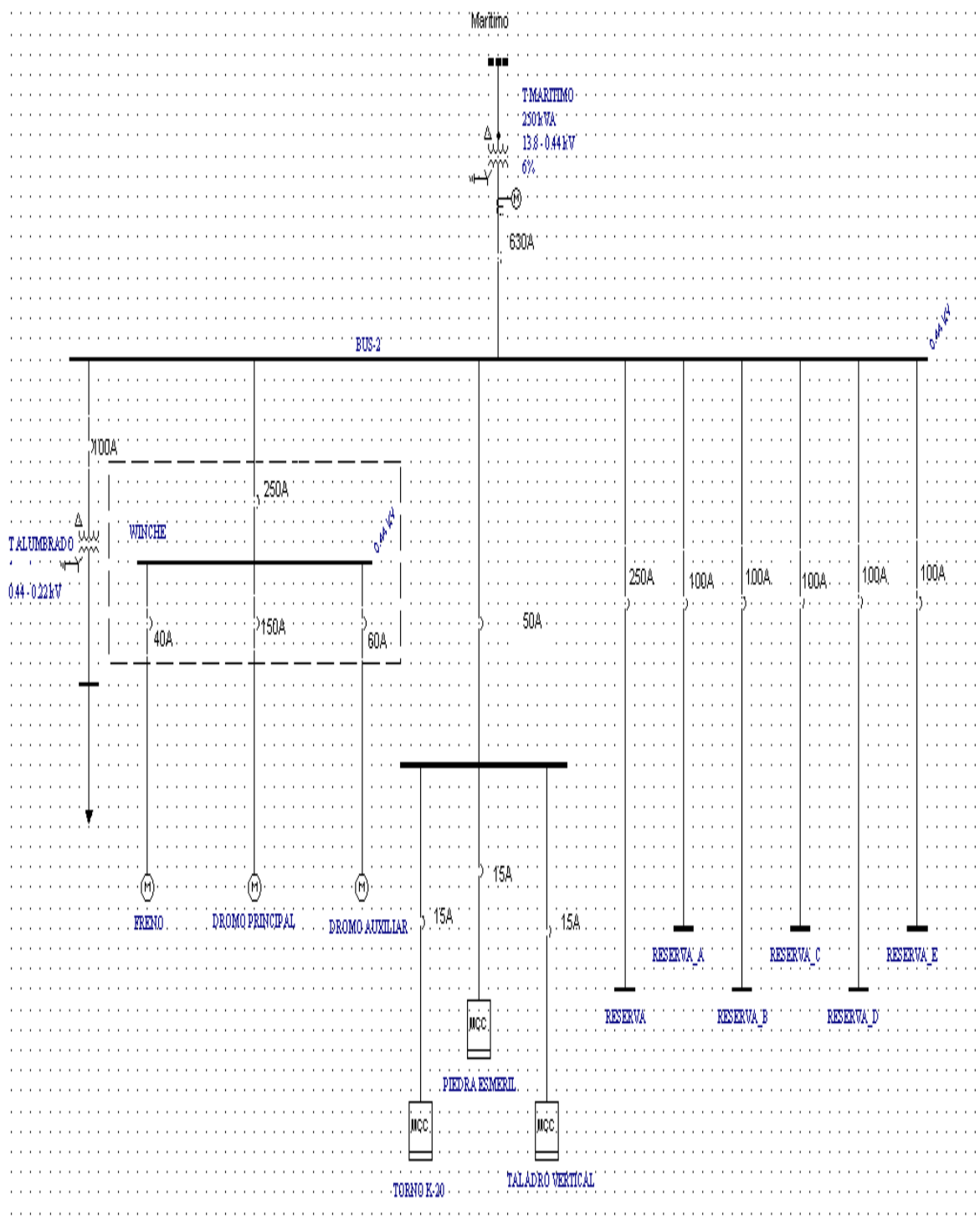
Monolineal Planta de Amoniaco



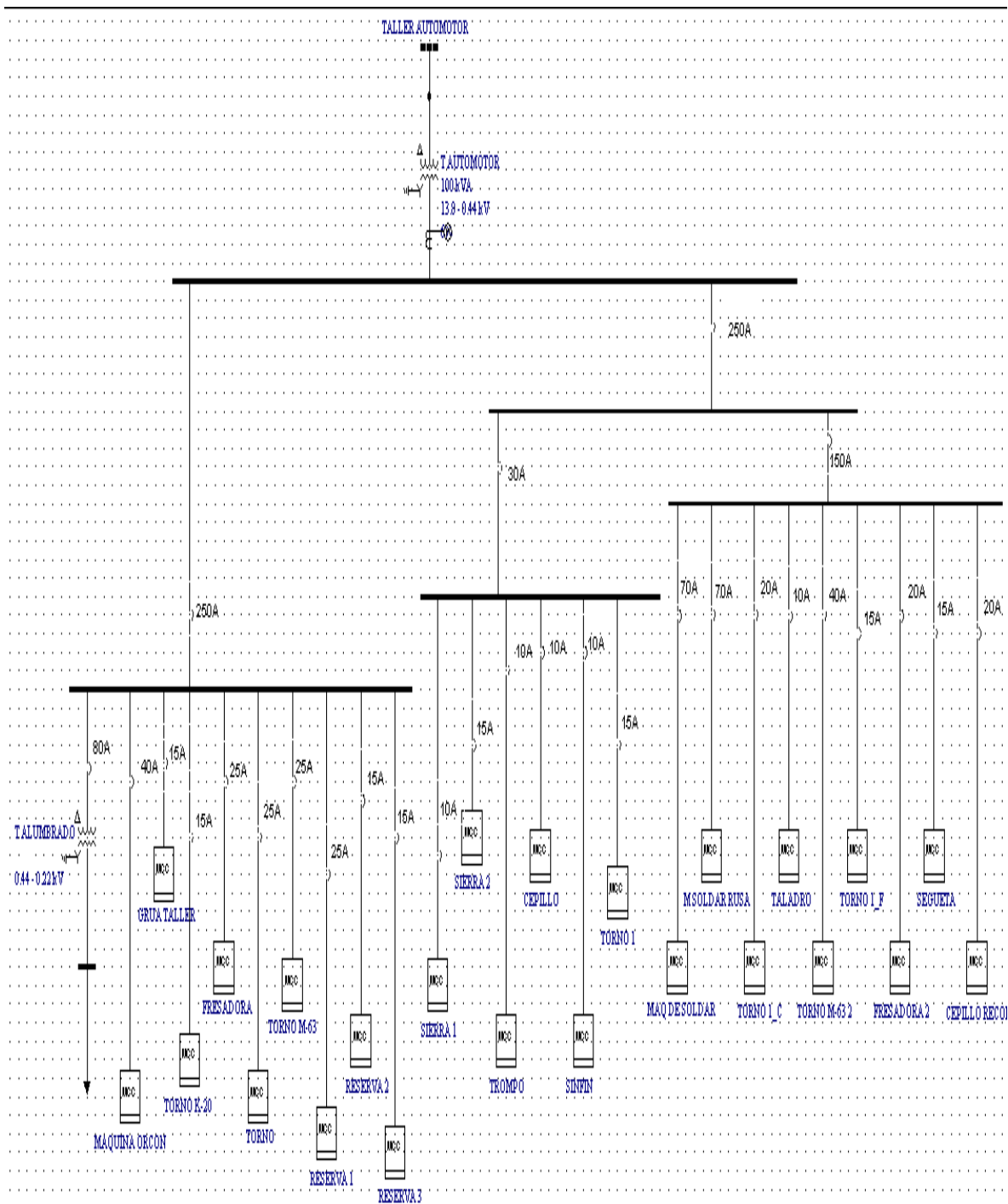
Monolineal Planta de Carbón



Monolineal Marítimo



Monolineal Taller Automotor



Monolineal Planta de Petróleo

