



REPUBLICA DE CUBA
MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO de MOA
“Dr. ANTONIO NUÑES JIMENES”
FACULTAD DE METALURGIA Y ELECTROMECAÁNICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TRABAJO DE DIPLOMA EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO

TÍTULO:

Rediseño de la subestación reductora para los turboareadores en la planta de Lixiviación y Lavado de la empresa “Cmdte Ernesto Che Guevara.”

AUTOR: OTIS ALBERT COLLINS

TUTORES: MSc. ILEANA GONZÁLEZ PALAU
Ing. SINECIO SAVÓN RENAULT

MOA - 2006

“Año de la Revolución Energética en Cuba”

PENSAMIENTOS

Mucha gente ve cosas y pregunta ¿Por qué?, pero yo soñé de cosas que nunca existieron y pregunto, “¿por qué no?”

EL hombre que es malo en su trabajo, es hermano de aquello que hay que destruir.

Otis A Collins

DEDICATORIA

Con Mucho Amor:

Para mi Hermano, Sophia Michele Collins,

Para mi Madre, Trevlyn Smikle Collins,

Para mi Familia,

Para mi amigo Ruddy Brooke.

y especialmente para mi “amiga , compañera, novia”

Tania Llamos Verdecia.

AGRADECIMIENTOS

Mis agradecimientos a quienes de forma desinteresada ayudaron a la realización de este trabajo, y en especial:

- ❖ A mi Hermana Sophia Michelle Collins
- ❖ A mis Padres y hermanos.
- ❖ A mis Tutores
- ❖ A mi novia y su familia
- ❖ A mis profesores
- ❖ A mis compañeros de la empresa Cmdte Ernesto Che Guevara, especialmente Sinecio y Arisbel.
- ❖ A quienes considero con grandes amigos.
- ❖ A todos mis compañeros de grupo por el tiempo que pasamos.

A todas, muchas gracias

RESUMEN

El trabajo titulado “Rediseño de la subestación reductora de los turboareadores nuevos de la empresa Comandante Ernesto Ché Guevara”, tiene como objetivo modificar el sistema de suministro eléctrico de los turboareadores que se instalarán en la planta de Lixiviación y Lavado, con el fin de lograr menos costos posibles y garantizar la estabilidad eléctrica de la planta teniendo en cuenta que es de primera categoría.

Se analiza el sistema energético de la planta de Lixiviación y Lavado, pues se realiza un estudio de las cargas instaladas y las que se instalarán, lo cual permite conocer la importancia de un rediseño del área de estudio. Los equipos que se van a instalar se seleccionaron a partir de un recálculo general de la subestación. Además, se hace una simulación para evaluar la eficiencia de la nueva subestación para determinar su operatividad y métodos para mejorarla.

Al efectuar todo esto, se obtendrá como resultado que con una subestación nueva se logrará flexibilidad y operatividad en el sistema eléctrico de la planta con la reducción de costos del proyecto original.

SUMMARY

This investigation with the title “Redesign of the reductive substation of the new turboaeradors of the Commandant Ernesto Che Guevara factory”, has as objective to recalculate and redesign the electrical substation in order to feed the turboaeradors to be implemented in the lixiviation plant, achieved at the lowest costs and to guarantee the stability of electrical supply of the plant considering that it is of the first category.

The energetic system of the lixiviation plant was analyzed, followed by a study on the charges installed and those that are going to be installed, which allowed knowledge of the importance of redesigning the studied area. A general recalculation of the substation made possible the selection of the equipments to be installed. Moreover, a simulation was done to evaluate the efficiency of the new substation in order to determine its stability and methods of improving it.

On carrying out all this, it is noted that a new substation will achieve flexibility and stability in the electrical system of the plant with less costs compared to the original project.

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| 2.8.3 Datos de las lámparas fluorescentes tubulares..... | 57 |
| 2.8.4 Cálculos realizados para la iluminación..... | 58 |
| Agradecimientos | 58 |
| 2.8.4.1 Determinación del flujo luminoso del local de los transformadores..... | 58 |
| Dedicatoria | 59 |
| 2.8.4.2 Determinación del flujo luminoso del local del panel de control..... | 59 |
| 2.8.4.3 Determinación del número de lámparas del local de transformadores..... | 59 |
| Resumen | 60 |
| 2.8.4.4 Determinación del número de lámparas del panel de control..... | 60 |
| Summary | 60 |
| 2.8.4.5 Cálculo del número de luminarias del local de transformadores..... | 60 |
| Introducción | 60 |
| 2.8.4.6 Cálculo del número de luminarias del local del panel de control..... | 60 |
| 2.8.4.7 Distribución del alumbrado del local de transformadores..... | 61 |
| Capítulo 2. Descripción del sistema energético de la planta de lixiviación y lavado. | 62 |
| 2.8.4.9 Determinación del número de lúmenes por filas del local de los transformadores..... | 62 |
| 1.1 Introducción..... | 62 |
| 1.2 Descripción del Flujo Tecnológico de la Planta Lixiviación y Lavado..... | 63 |
| 2.8.4.10 Distribución de las luminarias del local de los transformadores..... | 63 |
| 1.3 Descripción del Suministro Eléctrico de la Planta Lixiviación y Lavado..... | 64 |
| 2.8.4.11 Determinación del número de lúmenes por filas del panel de control:..... | 64 |
| 1.3.1 Caracterización del Sistema Eléctrico a partir del Proceso Tecnológico..... | 6 |
| 2.8.4.12 Distribución de las luminarias del local del panel de control..... | 65 |
| 1.4 Distribución General de la Energía Eléctrica en la Planta Lixiviación y Lavado..... | 15 |
| 2.9 Conclusiones..... | 65 |
| 1.5 Cambios propuestos para las subestaciones de la planta de Lixiviación y Lavado..... | 18 |
| 1.6 Estudio de la Carga General de la planta de Lixiviación y Lavado..... | 18 |
| Capítulo III. Análisis de la Eficiencia Eléctrica de la Subestación Propuesta. | 23 |
| 3.1 Introducción..... | 66 |
| Capítulo II. Cálculo y selección de los equipos | 66 |
| 3.2 Mejoras para solucionar las deficiencias del sistema eléctrico..... | 67 |
| 2.1 Introducción en los conductores..... | 27 |
| 2.2 Selección de los transformadores..... | 28 |
| 2.2.1 Cálculo realizado para los transformadores..... | 27 |
| 2.2.2 Determinación del régimen económico de los transformadores..... | 27 |
| 2.2.3 Pérdidas en los motores..... | 27 |
| 2.3 Selección de los conductores para la subestación..... | 29 |
| 2.3.1 Cálculo de la corriente de carga y la selección de los conductores..... | 30 |
| 2.3.2 Verificación de la caída de tensión..... | 32 |
| Capítulo IV. Valoración Económica | 33 |
| 2.4 Las protecciones y el sistema de control de la subestación..... | 33 |
| 2.4.1 Consideraciones económicas de la protección de la subestación..... | 33 |
| 4.1 Introducción..... | 34 |
| 2.4.2 Las protecciones de los motores que se instalarán en la subestación..... | 34 |
| 4.2 Valoración obtenida del proyecto..... | 35 |
| 2.4.2.1 Cálculo realizado para la protección de los motores de 200 Hp..... | 35 |
| 4.3 Precios de los materiales eléctricos para la protección de los motores de 125 Hp..... | 36 |
| 2.4.2.2 Selección de los interruptores de A001 hasta D005..... | 36 |
| 4.4 Fuerza de trabajo para la instalación de los equipos..... | 37 |
| 2.4.3 Cálculo realizado para la valoración económica hasta E8..... | 39 |
| 4.5 Cálculo de la selección de los interruptores..... | 40 |
| 2.4.3.1 Análisis de coordinación de los interruptores..... | 40 |
| 4.6 Tiempo de arranque..... | 43 |
| 2.4.3.2 Selección del interruptor E9..... | 43 |
| 4.7 Conclusiones..... | 45 |
| 2.4.4 Selección de las protecciones de los transformadores..... | 45 |
| 2.5 Flujo de potencia empleando en software Easy Power..... | 48 |
| Conclusiones | 48 |
| 2.6 El Centro de Control de Motores (CCM) de la subestación propuesta..... | 48 |
| 2.6.1 La selección de las pizarras para el Centro de Control de Motores (CCM)..... | 49 |
| 2.7 Puesta a tierra para la subestación..... | 50 |
| Bibliografía | 52 |
| 2.7.1 Cálculo de puesta a tierra de la subestación..... | 52 |
| Anexos | 52 |
| 2.7.2 Determinación de la resistencia de tierra de un electrodo..... | 52 |
| 2.7.3 Determinación de la resistencia de tierra para 30 electrodos..... | 53 |
| 2.7.4 Cálculo de la resistencia a tierra del cable de enlace..... | 53 |
| 2.7.5 Cálculo de la resistencia real de cable en enlace..... | 53 |
| 2.7.6 Cálculo de la resistencia total del sistema..... | 54 |
| 2.7.7 Compartimiento de los electrodos verticales..... | 54 |
| 2.8 La iluminación para la subestación..... | 55 |
| 2.8.1 Diseño del alumbrado interior de la subestación eléctrica..... | 55 |
| 2.8.2 Parámetros de la subestación..... | 56 |

INTRODUCCIÓN

La empresa “Comandante Ernesto Che Guevara”, es una empresa Estatal Socialista en Perfeccionamiento Empresarial que garantiza la producción de Ni + Co con una calidad reconocida a escala internacional manteniendo índice de eficacia y eficiencia que le permiten ser competitiva en el mercado, para lo cual cuenta con un capital humano idóneo, con un perfeccionamiento constante de su tecnología y cuidado del medio ambiente, constituyendo un símbolo para la Industrial Cubana actual.

Para garantizar este propósito en la misma se desarrollan cambios y modificaciones tecnológicas que tributan a un incremento de la eficiencia y de las ganancias para contribuir al desarrollo creciente de la economía del país.

Entre estas modificaciones, tiene la modernización de la Planta de Lixiviación y Lavado la cual permitirá incrementar la eficiencia metalúrgica de la Planta de 94.65 % hasta 97.50 %.

Esta modernización incluye el Rediseño de la Subestación Eléctrica que garantizará el suministro a los nuevos turboareadores, mediante el cual disminuirán los costos, se humanizará el trabajo y mejorará los regimenes de mantenimiento.

En el “Año de la Revolución Energética en Cuba” la presente tesis constituye un aporte al mejoramiento del sistema electroenergético nacional ya que aborda de forma directa y objetiva el tema del rediseño que lleva adelante el gobierno de Cuba en materia energética.

Situación Problemática:

La planta de Lixiviación y Lavado de la empresa Cmdte. Ernesto Che Guevara cuenta actualmente con 60 turboareadores los cuales se utilizan para oxigenar el mineral. Estos turboareadores tienen una potencia de 55 kW cada uno diseminados en diferentes subestaciones correspondiente a la planta. En el proceso de modernización de la misma se prevé la reducción de 60 turboareadores a 20 con una potencia mayor cada uno, pero en total tiene la misma capacidad de los de 66 turboareadores y se van a reagrupar en una subestación independiente, con ello se garantizará la estabilidad del suministro eléctrico de la planta teniendo en cuenta que es de primera categoría.

Objetivo:

Rediseñar la subestación eléctrica para la alimentación de los Turboareadores de la Planta de Lixiviación y Lavado de la Empresa Cmdte Ernesto Che Guevara.

Hipótesis:

Si se resuelven los problemas en el suministro eléctrico de los Turboareadores de la planta de Lixiviación y Lavado con costo mínimo entonces repercutirá en los indicadores técnico y económico de la empresa y aumentarán los niveles de producción.

Resultados Esperados:

- Diseño de la subestación para los nuevos turboareadores a instalar.
- Modificación de la red de suministro Eléctrico de la planta.
- Lograr flexibilidad y estabilidad en el sistema eléctrico de planta.
- Lograr la reducción de costos del proyecto original.

CAPÍTULO I

Descripción del Sistema Energético de la Planta de Lixiviación y Lavado.

1.1 Introducción

Este capítulo tiene como propósito presentar una descripción básica del flujo tecnológico de la Planta de Lixiviación y Lavado, en él se hace referencia a los puntos más importantes como son las fuentes de energía principal y características básicas del mismo; para exponer mejor estas ideas se despliegan los diagramas monolineales correspondientes (mostrado en el anexo 1), en estos se pueden observar claramente los elementos que conforman el sistema eléctrico de la planta Lixiviación y Lavado. Se usan los tableros y los equipos que están conectados en las subestaciones para obtener todos los datos necesarios.

También se muestran las descripciones del estudio de las cargas que están instaladas y las cargas que se instalaran en la planta de Lixiviación y Lavado.

Finalmente, se realiza una breve descripción de las cargas de los Turboaeradores que se van instalar en la nueva subestación eléctrica

1.2 Descripción del Flujo Tecnológico de la Planta Lixiviación y Lavado

En esta planta la pulpa del mineral reducido, desde los tanques de contacto pasa por tres sistemas paralelos de tres etapas de Lixiviación a contracorriente. La lixiviación se realiza con el licor carbonato – amoniacal en los espesadores por medio de la aeración de la pulpa con el aire.

Después de la tercera etapa de lixiviación, la pulpa de mineral se dirige a dos sistemas paralelos de lavado de cinco etapas cada uno. El lavado también se realiza con el licor de carbona amoniacal por el método de contracorriente en los espesadores.

El licor enriquecido de níquel y cobalto y la pulpa de desecho se suministran a la planta de recuperación de amoníaco donde se extrae el níquel en forma de carbonato básico y se recupera el amoníaco. El licor de la primera y segunda etapas de lixiviación se enfría en los intercambiadores de calor con el agua y se dirige a la planta de reducción del mineral para mezclarse con el mineral reducido.

El gas de escape y los productos de la ventilación de succión se dirigen hacia el sistema de absorción donde se recupera el amoníaco.

1.3. Descripción del Suministro Eléctrico de la Planta Lixiviación y Lavado

En la planta de Lixiviación y Lavado el suministro de energía a los equipos de fuerza es garantizado por cuatro Subestaciones transformadora, formada cada una de ellas por dos transformadores.

Los datos de los transformadores de las diferentes subestaciones son:

Tabla 1.1 Datos de los Transformadores

| Los transformadores de las subestaciones 1TP-1, 1TP- 2, 1TP-3 y ITP-17 | |
|---|------------------------------|
| Tipo: | Tm 3-1600/10-73T3 |
| Norma de fabricación | Gost 11677-75 |
| Sistema de enfriamiento | Por aceite |
| Potencia aparente | 1600kVA |
| Conexión | Delta estrella aterrada |
| Voltaje por alta | 10.5, 10.25, 10, 9.75,9.5 kV |
| Voltaje por baja | 0,48 kV |
| Corriente por lado de alta | 92.4 A |
| Corriente por lado baja | 1925 A |

Tabla 1.2 Datos del los transformadores

| Los transformadores de la subestación 1TP-4 | |
|--|-------------------------|
| Tipo: | Tm 3-1600/10-73T1 |
| Norma de fabricación | Gost 11677-75 |
| Sistema de enfriamiento | Por aceite |
| Potencia aparente | 2500kVA |
| Conexión | Delta estrella aterrada |
| Voltaje por alta | 10 kV |
| Voltaje por baja | 0,48 kV |
| Corriente por lado de alta | 92.4 A |
| Corriente por lado baja | 1925 A |

Cada uno de los transformadores que componen la Subestación se alimenta de una sección diferente del centro de distribución. Estos transformadores poseen un enlace secundario (secundario selectivo). Todo esto proporciona una alta seguridad y flexibilidad en el suministro de energía a los equipos de fuerza, estando garantizada la energía para los más importantes, aún en el caso de avería en uno de los transformadores, el otro debe asumir toda la carga de la instalación.

El alumbrado y los sistemas de automática e instrumentación esta garantizados por dos Subestaciones de alumbrado 1TP22 y 1TP23 ubicadas en el objeto 11/5 y en el objeto #14 respectivamente, con un transformador por Subestación.

Tabla 1.3 Datos de los transformadores

| Los transformadores de las subestaciones 1TP-22 y 1TP--23 | |
|--|-------------------------|
| Tipo: | Tm 3-630/10-73T1 |
| Norma de fabricación | Gost 11677-75 |
| Sistema de enfriamiento | Por aceite |
| Potencia aparente | 600KVA |
| Conexión | Delta estrella aterrada |
| Voltaje por alta | 10,5 kV |
| Voltaje por baja | 0,4 kV |
| Corriente por lado de alta | 36.4 A |
| Corriente por lado baja | 910 A |
| Tensión trifásica de trabajo | 380 V |

La distribución de B.T. se realiza mediante una Punto General de Distribución (PGD) ubicado en cada Subestación. Estas PGD están dotadas de enlace de barras, con sistema de transferencia automática y salida a los Centro de Control de los Motores (CCMs) donde se encuentran ubicados los arrancadores de los motores de las diferentes áreas de la planta. En la PGD se incluyen, además, los interruptores de salida para los equipos de corrección del factor de potencia.

Los CCMs están dotados de doble alimentación (desde cada semibarra de la PGD) y enlace, sin transferencia automática.

1.3.1 Caracterización del sistema eléctrico a partir del proceso tecnológico.

El mineral procedente de hornos de reducción es descargado en las canales 1 y 2 de las series de contactos A, B y C. En este momento se añade licor proveniente de la sección de enfriadores de licor.

El licor arrastra el mineral hasta los tanques de contacto 1 y 2 de las series A, B y C donde ocurre el proceso de homogeneización de la pulpa, que debe alcanzar densidades de operación de 1130 a 1140 gramos por litro y una

temperatura de 38 a 40 °C. Para que esto ocurra los tanques de contacto cuentan con un mecanismo agitador, los cuales son movidos por un motor eléctrico.

Tabla 1.4 Datos de los motores

| | |
|-----------------------|------|
| Potencia (kW) | 55 |
| Corriente nominal (A) | 86 |
| Velocidad (r.p.m) | 1730 |

La pulpa ya homogeneizada es bombeada por las bombas 01, 02, 03 y 04. Estas son movidas por motores.

Tabla 1.5 Datos del los motores

| | Motor 1 | Motor 2 | Motor 3 | Motor 4 |
|--------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Potencias(kW) | 121 | 110 | 110 | 90 |
| Corrientes nominales (A) | 192 | 173 | 173 | 142 |
| Velocidad (r.p.m.) | 1200 | 1200 | 1200 | 1730 |

Estos motores trabajaban a la intemperie y se encuentran expuestos a derrames de líquidos como es el agua y el amoníaco, por fallas en las tuberías y válvulas.

Estas bombas hacen llegar la pulpa al Distribuidor 100 que distribuye la misma en los Turboaeradores de primera etapa de cada serie (A, B y C), en cada una de estas series está dividida en dos miniseries de 4 Turboaeradores cada una. Aquí se completa la primera etapa de lixiviación condensada en los reactores.

Tabla 1.6 Datos del los motores eléctrico

| | |
|-------------------|-------------|
| Potencia | 55kW |
| Corriente Nominal | 86A |
| Velocidad | 1730 r.p.m. |

En los turbos, la pulpa es agitada y aireada con aire de baja presión proveniente de planta de compresores con el fin de oxigenar par obtener la oxidación del níquel y cobalto (Ni + Co).

Al finalizar su paso por los 4 Turboaeradores de cada miniserie, la pulpa es magnetizada por un electroimán que tiene como función aumentar el tamaño de los flocos de mineral, con vista a obtener una velocidad de sedimentación de 1 a 1.5 metros por segundo.

Esta pulpa es descargada en los Sedimentadores de primera etapa 109A 109B y 109C donde debe ocurrir la separación líquido sólido. El licor rebosado por estos Sedimentadores constituye el licor producto, el cual es bombeado a la planta de separación de cobalto y una parte de él es también utilizada como licor de recirculación.

Tabla1.7 Datos del los motores

| | |
|-----------------------|------|
| Potencia (kW) | 5.5 |
| Corriente Nominal (A) | 10 |
| Velocidad (r.p.m) | 1280 |

Estos conservan los mismos parámetros de proyecto.

Las bombas de reboso también conservan los mismos parámetros de proyecto:

Tabla 1.8 Datos del los motores

| | |
|-----------------------|------|
| Potencia (kW) | 110 |
| corriente nominal (A) | 173 |
| Velocidad (r.p.m.) | 1200 |

Estas bombas son 110 A, B y C. Los Sedimentadores de primera etapa descargan una pulpa de 1700 a 1750 g por litro, la cual es bombeada por las bombas 111 y 112 A, B y C. Las bombas 122 A, B y C y las bombas 123 A, B y C.

Esta pulpa es descargada en el cabezal de los Turboaeradores de segunda etapa de lixiviación (7 Turboaeradores en cada serie A, B y C) desde el turbo 113 al 130. Las corrientes de trabajo de estos turbos varían, incluso son diferentes entre cada uno de ellos debido a que dependen de la densidad con que se esté operando en ese momento, del aire que se le aplique en esa etapa, que por proyecto debe ser el mismo para cada turbo, teniendo en cuenta que la instrumentación que acciona las válvulas neumáticas que suministran el aire, lo hagan con la precisión requerida para ese accionamiento. Además dependen del estado mecánico del reductor, que incluye el nivel de aceite, el estado del rodamiento y si su acoplamiento es el adecuado; todo esto puede provocar que los motores trabajen con una corriente próxima a la nominal y en ocasiones superiores.

En la entrada a estos Turboaeradores la pulpa es diluida con licor proveniente de los distribuidores 135 y 136 bajando su densidad a 1300 y 1250 g por litros. Estos turbos constituyen la segunda etapa de lixiviación, es aquí donde debe pasar a solución de níquel (Ni) y lo que no había pasado en la primera etapa. Estos Turboaeradores trabajan bajo el mismo principio que los de la primera etapa.

En cuanto al acomodo de carga, los mismos tienen modificaciones respecto al proyecto ya que variaron su potencia de 35 Kw. a 36 Kw. con corriente nominal de 60 A y 1730 r.p.m. Al terminar su paso por el último turbo de segunda etapa las pulpas son magnetizadas nuevamente por un electroimán.

Esta pulpa es descargada en los Sedimentadores de segunda etapa 120 B, 131 A, 131 B y 131 C para proseguir un proceso de sedimentación nuevamente con la finalidad de la separación de la fase sólida de la líquida.

En cuanto al acomodo de carga de estos Sedimentadores conservan las características de proyecto con motores de:

Tabla 1.9 Datos del los motores

| | |
|-----------------------|------|
| Potencia (kW) | 5.5 |
| corriente nominal (A) | 10 |
| Velocidad (r.p.m.) | 1780 |

La corriente de trabajo de estos motores oscila entre 4 y 7.5 A. Esta corriente depende fundamentalmente de la densidad que tenga el Sedimentador así como del nivel de pulpa, esto provocaría que la corriente del motor supere muy por encima su valor nominal y de prolongarse esa sobrecarga se provocaría una avería de lamentables consecuencias para la Economía.

Además estas sobre corrientes pueden ser provocadas por defectos mecánicos en el reductor, en la transmisión, en los rodamientos y defectos internos dentro del tanque como es en lo brazos (Roturas)

El licor reboso de los sedimentadores es tomado por las bombas 121 A, B y C y 132 A, B y C siendo enviado a la sección de enfriadores de licor para ser utilizado como licor de recirculación. Las bombas de reboso 121 A, B y C - 132 A, B y C conservan el mismo acomodo de carga:

Tabla 1.10 Datos del los motores

| | |
|-----------------------|------|
| Potencia (kW) | 110 |
| Corriente Nominal (A) | 173 |
| Velocidad (r.p.m.) | 1200 |

La pulpa de fondo de los sedimentadores de segunda etapa es tomada por las bombas 122 B, 123B, 133 A, B y C y 134 A, B y C y es enviada al distribuidor 200. Ante esta ha sido diluido en las cajas de disolución a densidades de 1300 – 1250 g/l con licor proveniente del distribuidor 137. Estos motores trabajan a la intemperie y están expuestos a derrames de líquidos como es el amoníaco.

La pulpa descargada en el distribuidor de las bombas de fondo de los sedimentadores de segunda etapa es diluida por licor proveniente del reboso de los sedimentadores 206 A y B (Segunda etapa de lavado), hasta valores de 1200 a 1250 g/l y es compartida en dos chorros iguales para ser descargada en las dos series de lavado A y B ambas con 5 sedimentadores.

Antes de entrar en los sedimentadores 201 A y B la pulpa es magnetizada por electroimanes 1 por serie de características idénticas a los anteriormente mencionados. En los sedimentadores 201 A y B se produce una nueva separación líquido – sólido, el licor reboso de estos sedimentadores es tomado por las bombas 202 A, B y C.

Este licor es descargado en el distribuidor 135 y 136. Estos motores que accionan las bombas varían su corriente, que pueden llegar a ser muy superior a su corriente nominal debido a defectos mecánicos tales como:

- Defectos en los rodamientos y en el cilindro de las bombas (Esto puede llegar a trancar la bomba).
- Obstrucción de las líneas de bombeo de pulpa o licor.
- Obstrucción o deterioro de las válvulas.

Las pulpas de fondo de los sedimentadores 201 A y B con densidades de 1600 a 1650 g/l, esta pulpa es diluida por el licor proveniente del distribuidor 205 A y B hasta 1200 y 1250 g/l, en la caja de dilución y luego es tomada por las bombas 203 A y B y 204 A y B para pasar a los sedimentadores 206 A y B. Antes de caer en los mismos es nuevamente magnetizada por un electroimán (1 por serie) de características semejantes a los anteriores. Las bombas 203 A y B y 204 A y B modificaron sus características de proyecto que eran iguales a la bomba 202 A.

Tabla 1.11 Datos del los motores

| | |
|-----------------------|------|
| Potencia (kW) | 5.5 |
| Corriente Nominal (A) | 92 |
| Velocidad (r.p.m) | 1200 |

El licor reboso del sedimentador 206 A y B es bombeado por las bombas 207 A y C (de características iguales a las de los sedimentadores 201 A y B) y es descargado en los distribuidores 137 y 200.

Las pulpas de fondo de los sedimentadores 206 A y B tienen densidades de 1600 a 1650 g/l.

Las pulpas de fondo de los sedimentadores 211 A y B es tomada por las bombas 213 A y B y 214 A y B, ocurriendo entonces un nuevo proceso de magnetización y es descargado en los sedimentadores 216 A y B, para ocurrir otra nueva separación líquido – sólido.

El licor reboso de los sedimentadores 221 A y B es tomado por las bombas 222 A, B y C de igual característica y es bombeada al distribuidor 215 A y B. La pulpa de fondo de los sedimentadores 221 A y B es tomada por las bombas 223 A y B y 224 A y B.

Tabla 1.12 Datos del los motores

| | |
|-----------------------|------|
| Potencia (kW) | 90 |
| Corriente Nominal (A) | 142 |
| Velocidad (r.p.m) | 1730 |

Esta pulpa es bombeada a los tanques de retención de cola 231 y 232.

Los tanque de retención de cola como su nombre lo indica tienen como objetivo almacenar la cola empobrecida en Ni + CO para ser bombeada a la planta de recuperación de amoníaco.

Los tanques de retención de cola poseen dos motores: El motor principal que es el encargado de mover el mecanismo que tiene lo siguientes:

Tabla 1.13 Datos del los motores

| | |
|-----------------------|------|
| Potencia (kW) | 7.5 |
| Corriente Nominal (A) | 13.3 |
| Velocidad (r.p.m) | 1200 |

El motor secundario es utilizado para el ascenso y descenso del mecanismo principal en caso de sobrecarga. Este motor posee:

Tabla 1.14 Datos de los motores

| | |
|-----------------------|------|
| Potencia (kW) | 1 |
| Corriente Nominal (A) | 1.5 |
| Velocidad (r.p.m) | 1730 |

Sección enfriadores de licor

Esta sección como su nombre lo indica tiene como objetivo mantener el balance térmico de la planta. Para ello cuenta de 6 baterías de enfriadores de tubo y coraza, de 6 enfriadores cada una. El licor transita con un flujo contracorriente por los tubos de aluminio en número de 720 tubos y el agua por la coraza.

El licor proveniente de la segunda etapa de lixiviación y parte del licor de la primera es tomado de los tanques colectores (01 y 02) y por las bombas 06 A, B, C y D.

Tabla 1.15 Datos de los motores eléctrico.

| | |
|-----------------------|------|
| Potencia (kW) | 110 |
| Corriente Nominal (A) | 173 |
| Velocidad (r.p.m.) | 1200 |

Asiéndolo pasar por las 6 botellas de las 6 baterías, entrado el mismo con temperatura aproximada de 39 a 40 °C y sale con una temperatura de 33 a 34 °C. El agua de enfriamiento de la planta proviene de la planta de servicio energético, estos motores trabajan a la intemperie y están expuestos a derrames de agua y amoníaco, su corriente de trabajo es aproximadamente

130 A pero puede incrementarse hasta superar su corriente nominal producto a defectos mecánicos en su accionamiento tales como:

- Defectos en los rodamientos que provocan calentamiento en el cilindro (Esto puede llegar a trancar la bomba).
- Defectos en los impelentes.
- Obstrucción o deterioro de las válvulas.

Estos asociados a otros que aparecen durante el trabajo continuo son los causantes de indeseables sobrecargas en los motores mencionados.

La 02 (A, B, C y D) y la 03 (A, B, C y D) son torres empacadas con tablillas de madera que tienen como objetivo aumentar el contacto líquido – gas. Los gases amoniacales son atraídos a este sistema que trabaja a contracorriente: los gases entran por la torre 01 (A, B, C y D) por la parte inferior y el agua entra por las torres 03 (A, B, C y D) por la parte superior. Los gases son atraídos por ventiladores de:

Tabla 1.15 Datos del los motores eléctrico

| | |
|-----------------------|------|
| Potencia (kW) | 55 |
| Corriente Nominal (A) | 86 |
| Velocidad (r.p.m.) | 1200 |

Estos son los ventiladores 01, 02, 03 y 04 los mismos trabajan a la intemperie y su corriente depende de su estado mecánico, además como estos motores presentan un troqué muy elevado su arranque debe hacerse con la válvula de descarga cerrada, la que si tenerla abierta provocaría una sobre corriente inadmisibles para el motor.

El licor formado en las torres 03 (A, B, C y D) es atraído por las bombas 014 A y B, y luego es tomado por las bombas 015 A y B que lo envía a la torre 02

(A, B, C y D) para seguir enriqueciéndose. El licor emerge mediante las bombas 016 A y B formando el licor débil que es bombeado al distribuidor 220, última etapa de lavado, tanto las bombas 015 A y B como las 016 A y B tiene.

Tabla 1.15 Datos de los motores eléctricos.

| | |
|-----------------------|------|
| Potencia (kW) | 55 |
| Corriente Nominal (A) | 86 |
| Velocidad (r.p.m.) | 1700 |

La corriente de estos motores depende del estado mecánico de las bombas y que las líneas de bombeo no se encuentren obstruidas; estos motores trabajan a la intemperie y se encuentran expuestos a derrames.

1.4. Distribución General de la Energía Eléctrica en la Planta Lixiviación y Lavado.

Para la alimentación eléctrica de todo este equipamiento la planta cuenta con 3 Subestaciones reductoras: 1TPI1, 1TPI2, 1TPI3

Tabla 1.16 de los transformadores de las subestaciones.

| | |
|---------------------------|---------|
| Voltaje por alta | 10,5 kV |
| Voltaje por baja | 0,44 kV |
| Corriente por alta | 92 A |
| Corriente por baja | 1925 A |
| Porcentajes de Impedancia | 5,4 |

La conexión delta - estrella aterrada, sistema TN-C

Estas son las encargadas de suministrar la energía necesaria para el funcionamiento del sistema.

También posee dos Subestaciones de alumbrado de 10.5 kV por alta y 0.38 kV por baja con conexión delta estrella aterrada, sistema TN-C.

Este sistema de suministro está dispuesto de la siguiente manera.

La Subestación 1TII1 es la encargada de la alimentación de todo el equipamiento que comprende las series A y C de lixiviación, los Turboaeradores de la segunda etapa, las bombas de fondo del sedimentador 131 B, las bombas 02 B, 03 B, 03 A de los tanque de contacto así como las bombas 202 B y C. Esta Subestación presenta dos ПСЧ (ПСЧ 22 y ПСЧ 25).

La ПСЧ-22 cuenta con 4 CCMs (1W22, 2W22, 3W22, 4W22) siendo estos del sistema de control de motores, donde el circuito de fuerza es gobernado por un interruptor caja moldeada.

El enlace entre las 2 secciones de la pizarra se realiza a través de una cuchilla.

La ПСЧ-25 cuenta con 4 CCMs (1W25, 2W25, 3W25, 4W25) que es un conjunto de pizarras de control de motores donde el circuito de fuerza es gobernado por un interruptor caja moldeada. Tanto la ПСЧ-25 como la ПСЧ-22 son alimentadas por interruptores del tipo electrón de fabricación soviética, cada uno de ellos se alimenta de una sección de cada semiembarrados desde la WII y estos a su vez son alimentados de la sección 1 y 2 de la Subestación transformadora.

La Subestación 1TII2 es la encargada de suministrar energía eléctrica a la serie B de lixiviación, los motores de los tanques de contacto 01, 02 (A, B y C) y las bombas 01 A, B y C; 02 A y C, 03 A y C y las bombas 04 A, B y C. La sección de enfriadores de licor, las bombas de aguas calientes que pertenecen a la planta de servicio energético y el esquema corto de cobalto. Esta Subestación presenta 2 ПСЧ (20 y 21). La ПСЧ-20 cuenta con 3 CCMs (1W20, 2W20, 3W20). Que es un conjunto de pizarras del control de motores donde el circuito de fuerza es gobernado por un interruptor caja moldeada. Las pizarras que conforman los CCMS están divididas en dos secciones, las cuales están enlazadas entre sí por una cuchilla.

La ПСЧ 21 cuenta con 3 CCMs (1W21, 2W21, 3W21). Formadas por un conjunto de pizarras del control de motores donde el circuito de fuerza es

gobernado por un interruptor caja moldeada no ajustable. Las pizarras que conforman las PICY están divididas en dos secciones, las cuales están enlazadas entre sí por una cuchilla.

Tanto la PICY 20 como PICY 21, son alimentadas por un interruptor de tipo electrón, cada uno de ellos alimenta una sección de cada CCM. Estos electrones forman las llamadas WPI, que a su vez estas WPI son alimentadas desde la sección 1 y 2 de la Subestación transformadora. Estas secciones 1 y 2 están compuestas por un interruptor de la serie Electrón con mayor capacidad en cuanto a corriente.

La Subestación 1TPI3 alimenta la segunda serie de lavado así como el sistema de bombeo de esta área exceptuando las bombas 202 B y C.

Esta Subestación tiene dos PICY (PICY- 23 y PICY- 24). La PICY-23 cuenta con 4W (1W23, 2W23, 3W23 y 4w23). Cada PICY está formada por un conjunto de pizarras del Centro de control de motores (CCM).

La PICY 24 cuenta con 6 CCMS (1W24, 2W24, 3W24, 4W24, 5W24, 6W24). Formadas por un conjunto de pizarras del control de motores donde el circuito de fuerza es gobernado por un interruptor caja moldeada.

Los elementos que componen el suministro eléctrico de esta Subestación es muy semejante en su funcionamiento y descripción a las Subestaciones 1TPI1 y 1TPI2.

Descripciones de los Consumidores de cada subestación.

Las tablas que se muestran en el anexo 2, tienen todos los consumidores eléctricos con respecto del circuito de fuerza de la planta de Lixiviación. Aquí tiene todo los parámetros para los motores que están instalados en cada subestación en esta planta.

1.5. Cambios propuestos para la subestaciones de la planta de Lixiviación y Lavado.

Con la puesta en marcha de la subestación 1TP-17 y la implementación de la subestación 1TP-4, en las plantas de Cobalto y Lixiviación respectivamente, se hizo necesario la realización de un acomodo de carga, de forma tal, que abarcara a todo el sistema eléctrico de ambas plantas, con el objetivo de bajar carga al resto de las subestaciones, sin que para sea necesario el paro del proceso productivo por uno de estos conceptos.

Entre los cambios de las subestaciones tienen que:

- Movimiento de cargas eléctricas de la planta de Cobalto y de la sección de Lavado hacia la Subestación 1TP-17, que se alimentaban de la Subestación 1TP-3 de Lixiviación.
- Eliminación de cargas a la Subestación 1TP-2 e incorporación de la Subestación 1TP-4.
- Movimiento de cargas desde la Subestación 1TP-1 hacia la Subestación 1TP-3.
- Eliminación de las cargas de la Subestación 1TP-1 e incorporación de las mismas a la Subestación 1TP-4.

Con los cambios entre las cargas de las subestaciones, todas las instalaciones eléctricas de la planta Lixiviación quedaron enlazadas entre si, o sea existe circuítalmente una interrelación entre todas.

1.6. Estudio del las Cargas General de la planta de Lixiviación y Lavado

Con todos los datos obtenidos, es necesario hacer un estudio de la carga general para obtener información del consumo y demanda de la carga instalada en nuevo proyecto

La tabla 1.17 se muestra el estudio realizado de las cargas reales de cada área de la planta de Lixiviación y Lavado.

Tabla 1.17 Datos de los estudio del las cargas actual

| Area Tecnológica | Equipamiento | Potencia nominal kW | Potencia instalada kW | Total equipos | Equipos en operación | Pot. real kW |
|---|-----------------|---------------------|-----------------------|---------------|----------------------|-----------------|
| CONTACTOS (Se incluye aérea de Sulfuro) | Agitadores | 55 | 68 | 6 | 5 | 289 |
| | Bombas | 121 | 151 | 9 | 9 | 951.3 |
| | Bombas | 90 | 112 | 3 | Reserva | 0 |
| SUB-TOTAL CONTACTOS | | | | | | 1240.3 |
| SEDIMENTADORES (Se incluye el Sedimentador de Pulimento con sus Bombas) | Bombas de fondo | 40 | 50 | 18 | 9 | 315 |
| | Bombas de fondo | 55 | 68 | 20 | 10 | 442 |
| | Bombas de fondo | 110 | 137 | 2 | 1 | 95.9 |
| | Bombas Reboso | 110 | 137 | 26 | 13 | 1424.8 |
| | Bombas Reboso | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Bombas Reboso | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Bombas Reboso | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Mecanismos | 5.5 | 6 | 20 | 20 | 78 |
| SUB-TOTAL SEDIMENTADORES | | | | | | 2355.7 |
| TURBOAERADORES | Agitadores | 55 | 68 | 66 | 66 | 3141.6 |
| | Agitadores | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SUB-TOTAL TURBOAERADORES | | | | | | 3141.6 |
| SOLUCIÓN CONTACTOS | Bombas | 110 | 137 | 4 | 3 | 308.25 |
| | Bombas | 75 | 93 | 2 | 2 | 130.2 |
| | Bombas | 55 | 68 | 2 | 0 | 0 |
| SUB-TOTAL SOLUCION CONTACTOS | | | | | | 438.45 |
| TORRES DE ABSORCIÓN | Ventiladores | 55 | 68 | 4 | 4 | 163.2 |
| | Bombas | 55 | 68 | 4 | 4 | 163.2 |
| | Bombas | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SUB-TOTAL TORRES DE ABSORCIÓN | | | | | | 326.4 |
| COLA | Agitadores | 7.5 | 9 | 2 | 2 | 9 |
| | Bombas | 132 | 165 | 4 | 4 | 462 |
| | Bombas | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SUB-TOTAL COLA | | | | | | 471 |
| TOTAL BAJA TENSIÓN (SUBESTACIONES DE 0.48 KV) | | | | | | 7973.45 |
| COMPRESORES | COMPRESORES | 1700 | 1789 | 3 | 2 | 2504.6 |
| | | | | | | |
| SUB-TOTAL EQUIPOS DE MEDIA TENSIÓN - 10.5 kV | | | | | | 2504.6 |
| TOTAL LIXIVIACIÓN | | | | | | 10478.05 |

Con este estudio se hizo un análisis de las cargas que van a ser instaladas en la planta de Lixiviación y Lavado.

La tabla 1.18 muestra en que área se van a instalar las mismas, el tipo de equipamiento, la cantidad de equipo en operación, la potencia real y potencia nominal de los equipos y al final una gran comparación de las cargas actuales y futuras.

Tabla 1.18 Datos de los estudio del las cargas futuras.

| Area Tecnológica | Equipamiento | Potencia nominal kW | Potencia instalada kW | Total equipos | Equipos en operación | Pot. real kW | Incr-mento kW |
|--|-----------------|---|-----------------------|---------------|----------------------|---------------|-----------------|
| CONTACTOS (Se incluye el área de Sulfuro) | Agitador | 55 | | 6 | 5 | 4.25 | -1229.75 |
| | Bombas | 121 | | 9 | 9 | 6.3 | |
| | Bombas | 90 | | 3 | Reserva | 0 | |
| SUB-TOTAL CONTACTOS | | | | | | 10.55 | |
| SEDIMENTADORES (Se incluye el Sedimentador de Pulimento con sus Bombas) | Bombas de fondo | 75 | 63 | 4 | 2 | 141.1 | 250.4 |
| | Bombas de fondo | 90 | 100 | 12 | 6 | 510 | |
| | Bombas de fondo | 10 | 11 | 2 | 1 | 9.35 | |
| | Bombas Reboso | 55 | 61 | 2 | 1 | 51.85 | |
| | Bombas Reboso | 110 | 122 | 4 | 3 | 311.1 | |
| | Bombas Reboso | 150 | 166 | 4 | 3 | 423.3 | |
| | Bombas Reboso | 220 | 244 | 10 | 5 | 1037 | |
| | Bombas Reboso | 260 | 288 | 2 | 1 | 244.8 | |
| Mecanismos | 19 | 21 | 9 | 9 | 160.65 | | |
| SUB-TOTAL SEDIMENTADORES | | | | | | 2606.1 | |
| TURBOAERADOS | Agitadores | 90 | 100 | 16 | 16 | 1600 | -877.6 |
| | Agitadores | 150 | 166 | 4 | 4 | 664 | |
| SUB-TOTAL TURBOAERADORES | | | | | | 2264 | |
| EQUIPOS AUXILIARS | Bo H2O | 132 | 146 | 2 | 1 | 124.1 | 252.95 |
| | Bo Booster | 15 | 16 | 2 | 1 | 13.6 | |
| | Ventiladores | 3.7 | 4 | 6 | 6 | 20.4 | |
| | Inter-calor | 14 | 15 | 8 | 4 | 60 | |
| COMPRESORES | Filtro de aire | 37 | 41 | 2 | 1 | 34.85 | |
| SUB-TOTAL EQUIPOS AUX. COMPRESORES | | | | | | 252.95 | |
| SOLUCIÓN CONTACTS | Bombas | EL EQUIPAMIENTO SE MANTIENE IGUAL QUE PARA LA ACTUALIDAD | | | | 308.25 | 0 |
| | Bombas | | | | | 130.2 | |
| | Bombas | | | | | 0 | |

| | | | | | | | |
|--|--------------------|---|------|---|---|----------------|---------------|
| SUB-TOTAL SOLUCION CONTACTOS | | | | | | 438.45 | |
| TORRES DE ABSORCIÓN | Ventiladores | EL EQUIPAMIENTO SE MANTIENE IGUAL QUE PARA LA ACTUALIDAD | | | | 163.2 | 0 |
| | Bombas | | | | | 163.2 | |
| SUB-TOTAL TORRES DE ABSORCIÓN | | | | | | 326.4 | |
| COLA | Agitadores | EL EQUIPAMIENTO SE MANTIENE IGUAL QUE PARA LA ACTUALIDAD | | | | 9 | 0 |
| | Bombas | | | | | 462 | |
| SUB-TOTAL COLA | | | | | | 471 | |
| TOTAL BAJA TENSIÓN (SUBESTACIONES DE 0.48 KV) | | | | | | 6369.45 | -1604 |
| COMPRESORES | COMPRESORES | 1750 | 1944 | 5 | 4 | 6998.4 | 4493.8 |
| TOTAL EQUIPOS DE MEDIA TENSIÓN - 10.5 kV | | | | | | 6998.4 | 4493.8 |
| TOTAL LIXIVIACIÓN | | | | | | 13367.8 | 2889.8 |

Con los dos estudios realizados, se llega a la conclusión de que hay un incremento de la potencia activa de **2889.8 kW**.

Con este análisis se pretende buscar un nuevo método que permita agregar esta carga al sistema eléctrico de la planta Lixiviación y Lavado sin ningún problema. Es por eso que se basará en el diseño de una nueva subestación que pueda alimentar el incremento de la carga futura ya que las subestaciones que existen no pueden asumir todas cargas que se instalarán.

Esta subestación alimentará a todos los turboareadores nuevos que serán instalados en la misma.

En la tabla 1.19 se muestran todos los datos de las cargas de los nuevos turboareadores. Aquí se tienen todos los parámetros eléctricos de las cargas que se instalarán.

Tabla 1.19 Datos de las cargas de los Turboareadores nuevos.

| EQUIPAMIENTO : CCM- LIXIVIACION | | BARRA: - | | TENSION NOM. (V): | | 440 | | PANTALLA A LA MONTA: | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-----------|----------|-------------------|-------------------------|-----|------------------|-----|----------------------------|-----------------------|----------------|----------------|-----------------------|----------------|----------------|------------------|----------------|----------------|
| IDENT. | POT. UTIL | | V _{NOM.} | Nº | (V) | η DE POLOS | FUN | FD | POTENCIA DEMANDADA | | | POTENCIA INSTALADA | | | | | |
| | VALOR | UNID. | VALOR | UNID. | | | | | (%) | COS φ | ACTIVA (kW) | REACT. (kVAr) | APAR. (kVA) | ACTIVA (kW) | REACT. (kVAr) | APAR. (kVA) | |
| AG-A001 | 200.0 | Hp | 181.8 | Hp | 440 | 4 | C | 95.5 | 1.00 | 0.85 | 140.03 | 86.78 | 164.74 | 154.03 | 95.46 | 181.21 | |
| AG-A002 | 125.0 | Hp | 113.6 | Hp | 440 | 4 | C | 94.2 | 1.00 | 0.80 | 88.73 | 66.54 | 110.91 | 97.60 | 73.20 | 122.00 | |
| AG-A003 | 125.0 | Hp | 113.6 | Hp | 440 | 4 | C | 94.2 | 1.00 | 0.80 | 88.73 | 66.54 | 110.91 | 97.60 | 73.20 | 122.00 | |
| AG-A004 | 125.0 | Hp | 113.6 | Hp | 440 | 4 | C | 94.2 | 1.00 | 0.80 | 88.73 | 66.54 | 110.91 | 97.60 | 73.20 | 122.00 | |
| AG-A005 | 125.0 | Hp | 113.6 | Hp | 440 | 4 | C | 94.2 | 1.00 | 0.80 | 88.73 | 66.54 | 110.91 | 97.60 | 73.20 | 122.00 | |
| AG-B001 | 200.0 | Hp | 181.0 | Hp | 440 | 4 | C | 95.5 | 1.00 | 0.85 | 139.40 | 86.39 | 164.00 | 154.03 | 95.46 | 181.21 | |
| AG-B002 | 125.0 | Hp | 113.6 | Hp | 440 | 4 | C | 94.2 | 1.00 | 0.80 | 88.73 | 66.54 | 110.91 | 97.60 | 73.20 | 122.00 | |
| AG-B003 | 125.0 | Hp | 113.6 | Hp | 440 | 4 | C | 94.2 | 1.00 | 0.80 | 88.73 | 66.54 | 110.91 | 97.60 | 73.20 | 122.00 | |
| AG-B004 | 125.0 | Hp | 113.6 | Hp | 440 | 4 | C | 94.2 | 1.00 | 0.80 | 88.73 | 66.54 | 110.91 | 97.60 | 73.20 | 122.00 | |
| AG-B005 | 125.0 | Hp | 113.6 | Hp | 440 | 4 | C | 94.2 | 1.00 | 0.80 | 88.73 | 66.54 | 110.91 | 97.60 | 73.20 | 122.00 | |
| AG-C001 | 200.0 | Hp | 181.8 | Hp | 440 | 4 | C | 95.5 | 1.00 | 0.85 | 140.03 | 86.78 | 164.74 | 154.03 | 95.46 | 181.21 | |
| AG-C002 | 125.0 | Hp | 113.6 | Hp | 440 | 4 | C | 94.2 | 1.00 | 0.80 | 88.73 | 66.54 | 110.91 | 97.60 | 73.20 | 122.00 | |
| AG-C003 | 125.0 | Hp | 113.6 | Hp | 440 | 4 | c | 94.2 | 1.00 | 0.80 | 88.73 | 66.54 | 110.91 | 97.60 | 73.20 | 122.00 | |
| AG-C004 | 125.0 | Hp | 113.6 | Hp | 440 | 4 | C | 94.2 | 1.00 | 0.80 | 88.73 | 66.54 | 110.91 | 97.60 | 73.20 | 122.00 | |
| AG-C005 | 125.0 | Hp | 113.6 | Hp | 440 | 4 | C | 94.2 | 1.00 | 0.80 | 88.73 | 66.54 | 110.91 | 97.60 | 73.20 | 122.00 | |
| AG-D001 | 200.0 | Hp | 181.8 | Hp | 440 | 4 | C | 95.5 | 1.00 | 0.85 | 140.03 | 86.78 | 164.74 | 154.03 | 95.46 | 81.21 | |
| AG-D002 | 125.0 | Hp | 113.6 | Hp | 440 | 4 | C | 94.2 | 1.00 | 0.80 | 88.73 | 66.54 | 110.91 | 97.60 | 73.20 | 122.00 | |
| AG-D003 | 125.0 | Hp | 113.6 | Hp | 440 | 4 | c | 94.2 | 1.00 | 0.80 | 88.73 | 66.54 | 110.91 | 97.60 | 73.20 | 122.00 | |
| AG-D004 | 125.0 | Hp | 113.6 | Hp | 440 | 4 | C | 94.2 | 1.00 | 0.80 | 88.73 | 66.54 | 110.91 | 97.60 | 73.20 | 122.00 | |
| AG-D005 | 125.0 | Hp | 113.6 | Hp | 440 | 4 | C | 94.2 | 1.00 | 0.80 | 88.73 | 66.54 | 110.91 | 97.60 | 73.20 | 122.00 | |
| - | 125.0 | Hp | 113.6 | Hp | 440 | 4 | R | 94.2 | 0.00 | 0.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 97.60 | 73.20 | 122.00 | |
| - | 125.0 | Hp | 113.6 | Hp | 440 | 4 | R | 94.2 | 0.00 | 0.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 97.60 | 73.20 | 122.00 | |
| - | 125.0 | Hp | 113.6 | Hp | 440 | 4 | R | 94.2 | 0.00 | 0.82 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 73.20 | 73.20 | 122.00 | |
| TOTAL | | | | | | | | | 0.83 | 2005.40 | | | 1427.72 | 2461.71 | 2415.35 | 1726.99 | 2969.25 |

La tabla 1.19 indica que la potencia instalada de los turboareadores es **2969.25 kVA** y la potencia demanda de los turboareadores es **2461.71 kVA**. Con estos datos y los demás datos que se muestran en la tabla, se puede proceder a diseñar la subestación para los nuevos turboareadores en la planta de Lixiviación y Lavado.

El monolineal de la nueva subestación se muestra en el anexo 3.

1.7 Conclusiones

En el presente capítulo se caracterizó el sistema eléctrico de la planta y se realizó el estudio de las cargas instaladas en las subestaciones, previendo las cargas futuras que se instalarán en la planta de Lixiviación y Lavado.

También se hizo un análisis de las cargas de los nuevos turboareadores que se van a instalar en la nueva subestación eléctrica.

CAPÍTULO II

Cálculo y selección de los equipos

2.1. Introducción

En este capítulo se seleccionará el equipamiento que se instalará en la nueva subestación eléctrica de la planta Lixiviación. Esta selección incluye los transformadores de alimentación (transformadores de la fuerza), los conductores, las protecciones y el control a utilizar, así como las pizarras y accesorios. También se empleará el software Easy Power para la simulación de cortocircuito y flujo de potencia.

Posterior a la selección del equipamiento se realizará el diseño de la puesta a tierra de la subestación y el sistema de iluminación que llevará el interior de la misma.

Para seleccionar el equipamiento se utilizarán las especificaciones y las normas de las siguientes organizaciones:

- NC: Norma Cubana.
- NEMA: National Electrical Manufacturers Association
- ANSI: American National Standard Institute
- IEC: International Electrotechnical Commission
- ASTM: American Society for Testing and Materials
- IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers

Los equipos deberán ser fabricados de acuerdo con la última edición de estas normas.

2.2. Selección de los Transformadores

La correcta selección de los transformadores debe estar fundamentada técnica y económicamente, teniendo en cuenta el número y potencia de los transformadores para una subestación de una empresa industrial, lo cual tiene una importancia fundamental en la construcción del esquema de suministro de tales instalaciones.

En el sistema de suministro eléctrico de la Planta de Lixiviación y Lavado debe estar compuesto por transformadores que garanticen la alimentación de los consumidores en regímenes normales de trabajo. En la selección de la potencia de estos transformadores se debe tratar de obtener tanto el régimen de trabajo económicamente útil, como la alimentación de reserva. La carga de los transformadores en condiciones nominales, no debe conducir al acortamiento de su vida útil.

Los transformadores 1 y 2 serán de 10.5/0.48 kV y estarán operando en paralelo ya que la carga a alimentar es de primera categoría y la falta de energía provocaría grandes pérdidas económicas. En caso de averías o de mantenimiento un transformador debe de soportar toda la carga del circuito.

Se conoce que la potencia aparente instalada de los nuevos turboaeradores será de **2969.25 kVA**. Con este valor se puede seleccionar los transformadores de alimentación (transformadores de la fuerza).

Para seleccionar los dos transformadores de 10.5/0.48KV la metodología utilizada es la siguiente:

$$S_{\text{Transformador}} = \frac{S_{\text{Instalada}}}{1.4} \quad (2.1)$$

$$S_{Transformador} = \frac{2969.25 \text{ kVA}}{1.4}$$

$$S_{Transformador} = 2120.89 \text{ kVA}$$

Con ese resultado se puede seleccionar correctamente los transformadores de alimentación, pero con los análisis de las fallas del sistema eléctrico, los problemas para alimentar la carga durante la sobrecarga sistemática, la sobrecarga de emergencia y la alimentación de la carga durante el tiempo de mantenimiento, no se puede seleccionar los transformadores con este pequeño valor de potencia. Entonces cada transformador tiene que tener una potencia equivalente a **2500 kVA** ya que la planta es de primera categoría y la falta de energía provoca grandes pérdidas económicas, muchísimo mas que las perdidas del los transformadores.

Tabla 2. 1 Datos de los transformadores T1 y T2 escogidos por catálogo

| Potencia Aparente (kVA) | 2500 |
|--|-------------|
| Voltaje primario (V) | 10500 |
| Voltaje secundario (V) | 480 |
| Perdidas en vacío(W) | 4600 |
| Perdidas por carga a 75°C (W) | 25000 |
| Ucc (%) | 5.5 |
| Corriente en vacío | 5.7 |
| Coefficiente Incrementado de Pérdidas. | 0.12 |
| Rendimiento carga 100% (cosφ=1/cosφ=0.8) | 98.84/98.56 |
| Rendimiento carga 75% (cosφ=1/cosφ=0.8) | 99.04/98.80 |
| Dimensiones | |
| Largo (mm) | 1820 |
| Ancho (mm) | 1420 |
| Alto (mm) | 1580 |

| | |
|---------------------|------|
| Peso total (kg) | 5800 |
| Volumen líquido (L) | 1500 |
| Peso líquido (kg) | 1340 |

Estos transformadores son de la marca VIROEX. S.L

2.2.1 Cálculo realizado para Los Transformadores.

Coefficiente de carga (k_c) a régimen normal

$$Kc = \frac{Scal}{2Snom(normada)} \quad (2.2)$$

$$Kc = \frac{2969.25}{(2 * 2500)}$$

$$Kc = 0.64$$

En el caso de la desconexión de un transformador por mantenimiento general o transferencia de cargas, la potencia que habrá que soportar un transformado para no más de seis horas será:

$$Saveria = 1.4Snom \quad (2.3)$$

$$Saveria = (1.4 * 2500)$$

$$Saveria = 3500kVA$$

2.2.2 Determinación del Régimen Económico de los Transformadores

- Para la variación de potencia reactiva sin carga

$$\Delta Q_{sc} = S_{nom} * \left(\frac{I_{sc}}{100} \right) \quad (2.4)$$

$$\Delta Q_{sc} = 2500 * \left(\frac{1}{100} \right)$$

$$\Delta Q_{sc} = 25 \text{ kVAR}$$

- Variación de la potencia reactiva en cortocircuito

$$\Delta Q_{cc} = S_{nom} * \left(\frac{U_{cc}}{100} \right) \quad (2.5)$$

$$\Delta Q_{cc} = 2500 * \left(\frac{5.5}{100} \right)$$

$$\Delta Q_{cc} = 137.5 \text{ kVAR}$$

- Variación de la potencia activa

$$\Delta P'_{sc} = \Delta P_{sc} + k_{ip} \Delta Q_{sc} \quad (2.6)$$

- Pérdidas de potencia de cortocircuito (perdidas de cobre).

$$\Delta P'_{cc} = \Delta P_{cc} + k_{ip} * \Delta Q_{cc} \quad (2.7)$$

$$\Delta P'_{cc} = 25 + 0.12 * 137.5$$

$$\Delta P'_{cc} = 41.5 \text{ kW}$$

El coeficiente incremental de pérdidas **Kip** es un factor económico y está en dependencia del medio de producción de la energía eléctrica, ya sea por petróleo, viento, agua, etc.

El rango de variación del coeficiente es:

$$K_{ip} = 0.1 \div 0.9$$

Pérdidas para los transformadores

$$\Delta P_t = \Delta P'_{sc} + kc^2 \Delta P'_{cc} \quad (2.8)$$

$$\Delta P_t = 7.6 + 0.81^2 * 41.5$$

$$\Delta P_t = 34.8 \text{ kW}$$

Pérdidas de energía en los transformadores.

Aquí T es el tiempo de pérdidas u horas equivalentes.

Tmax tiempo de duración de la carga máxima.

$$T_{\max} = 8760 \text{ hrs}$$

$$\Delta W = \Delta P_t * T_{\max}$$

(2.9)

$$\Delta W = 34.8 * 8760$$

$$\Delta W = 304848 \text{ kWh / ano}$$

Donde:

- $\Delta P'_{sc}$ son las pérdidas referidas al transformador sin carga.
- $\Delta P'_{cc}$ son las pérdidas referidas al cortocircuito en kW.
- ΔP_{sc} son las pérdidas de potencia sin carga en kW
- ΔP_{cc} Pérdidas de potencia de cortocircuito (pérdidas de cobre) en kW.

- K_{ip} Coeficiente incremental de pérdidas (kW/KVAR).
- K_c Coeficiente de carga.
- S_c Carga real del transformador (o de cálculo), kVA.
- S_n Potencia nominal del transformador.
- ΔQ_{cc} Potencia reactiva demanda por el transformador a plena carga, kVAR.
- ΔQ_{sc} Potencia reactiva del transformador sin carga, kVAR.
- I_{sc} Corriente del transformador sin carga.
- V_{cc} Voltaje de cortocircuito del transformador.

2.3 Selección de los Conductores para la Subestación.

Los conductores eléctricos se dividen en dos grupos: alambres y cables. Los alambres son conductores de sección circular, en tanto los cables están formados por un haz de alambres. Los materiales conductores más usados para la confección de los alambres y cables son el cobre y el aluminio.

Entre los alambres y cables aislados el factor fundamental que determina su vida útil es la temperatura de trabajo, la que nunca debe sobrepasar la temperatura establecida para la máxima corriente de operación continua admisible, ni la establecida para la máxima corriente admisible por el cable bajo condiciones de cortocircuito.

Los cables pueden ser trenzados a la derecha o a la izquierda. Existen dos tipos básicos de cables que son:

- Los cables concéntricos.
- Los cables no concéntricos.

2.3.1 Cálculo de las corrientes de cada centro de carga y la selección de los conductores.

La metodología utilizada se describe a continuación teniendo en cuenta que se trabaja con bajo voltaje.

Para el cálculo de las corrientes que debe soportar cada conductor se utiliza la siguiente ecuación:

$$I_{cond} = \frac{S}{\sqrt{3} * U} \quad (2.10)$$

Además se calculará la sección de los conductores mediante el método de densidad económica de corriente, para eso utilizará la ecuación:

$$S(mm^2) = \frac{I}{J} \quad (2.11)$$

Con los cálculos realizados se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 2.2 Conductores para alimentar los Motores.

| Tramos | Longitud (m) | Voltaje Nominal (V) | I _{max.} (A) | Sección de los conductores (AWG.MCM) |
|--------|--------------|---------------------|-----------------------|--------------------------------------|
| A001 | 100 | 440 | 231.83 | 300 |
| A002 | 110 | 440 | 155.96 | 4/0 |
| A003 | 109 | 440 | 155.96 | 4/0 |
| A004 | 110 | 440 | 155.96 | 4/0 |
| A005 | 103 | 440 | 155.96 | 4/0 |
| B001 | 88 | 440 | 231.83 | 300 |

| | | | | |
|------|-----|-----|--------|-----|
| B002 | 102 | 440 | 155.96 | 4/0 |
| B003 | 101 | 440 | 155.96 | 4/0 |
| B004 | 98 | 440 | 155.96 | 4/0 |
| B005 | 92 | 440 | 155.96 | 4/0 |
| C001 | 83 | 440 | 231.83 | 300 |
| C002 | 90 | 440 | 155.96 | 4/0 |
| C003 | 93 | 440 | 155.96 | 4/0 |
| C004 | 94 | 440 | 155.96 | 4/0 |
| C005 | 87 | 440 | 155.96 | 4/0 |
| D001 | 75 | 440 | 231.83 | 300 |
| D002 | 81 | 440 | 155.96 | 4/0 |
| D003 | 86 | 440 | 155.96 | 4/0 |
| D004 | 87 | 440 | 155.96 | 4/0 |
| D005 | 74 | 440 | 155.96 | 4/0 |

Tabla 2.3 Los conductores de los PGD hasta los CCM

| Tramos | Longitud (m) | I _{max} (A) | Voltaje Nominal (V) | Sección de los conductores (AWG.MCM) |
|--------|--------------|----------------------|---------------------|--------------------------------------|
| E001 | 30 | 387.92 | 480 | 450 |
| E002 | 30 | 467.85 | 480 | 500 |
| E003 | 30 | 467.85 | 480 | 500 |
| E004 | 30 | 387.92 | 480 | 450 |
| E005 | 30 | 467.85 | 480 | 500 |
| E006 | 30 | 387.92 | 480 | 450 |
| E007 | 30 | 387.92 | 480 | 450 |
| E008 | 30 | 467.85 | 480 | 500 |
| E9 | 25 | 580.8 | 480 | 620 |
| E10 | 25 | 580.8 | 480 | 620 |

2.3.2 Verificación de la caída de tensión

La caída de tensión se utiliza porque el conductor presenta una resistencia al paso de la corriente que es función del material, la longitud y la sección; por ello, la sección calculada debe verificarse por la caída de tensión en la línea, en base a la siguiente fórmula aproximada:

Para circuitos trifásicos:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3}LI}{U_L} (R \cos \phi + X \sin \phi) * 100 \quad (2.12)$$

Donde:

- ΔU es la caída de tensión en %,
- U_f es la tensión de fase (V),
- U_L es la tensión de línea (V),
- L es la longitud del circuito (km),
- I es la intensidad de corriente de fase del tramo del circuito (A),
- R es la resistencia del conductor (ohm / km) en C.A. a la temperatura de servicio.
- X es la reactancia del conductor (ohm / km)
- $\cos \phi$ es el factor de potencia de la instalación.

La caída de tensión provocada por el paso de corriente en los conductores de un circuito debe mantenerse dentro de los límites prefijados por las normas de aplicación, a fin de no perjudicar el funcionamiento de los equipos alimentados por los mismos. La caída de tensión se considera entre el origen de la instalación y el último punto de utilización.

Las caídas máximas admisibles son:

- Circuitos de alumbrado: $\Delta U = 3\%$
- Circuitos fuerza motriz: $\Delta U = 5\%$ (en régimen)
- $\Delta U = 15\%$ (en arranque), aunque se estima conveniente limitarlo al 10%.
- Circuitos alimentados en MT: $\Delta U = 7\%$

La caída de tensión se debe calcular considerando la alimentación de todos los aparatos susceptibles de funcionar simultáneamente

2.4 Las Protecciones y el Sistema de Control de la Subestación

El desarrollo del proyecto de un Sistema Eléctrico de Potencia (SEP) moderno, así como el estudio racional de sus normas de operación, debe consultar, básicamente, dos aspectos principales: operación en condiciones normales y operación en condiciones anormales.

Los sistemas de protecciones eléctricas constituyen el equipo más importante que se incluye en un sistema eléctrico de potencia con el fin de alcanzar el último objetivo, esto es, aminorar los efectos de las fallas sobre el equipo protegido desenergizándolo rápidamente y mejorar la calidad del servicio al eliminar o aislar aquellos elementos que por su operación defectuosa puedan producir perturbaciones.

El tema de las protecciones es tan básico para la seguridad y confiabilidad del suministro de energía, que debería ser considerado desde el comienzo en cualquier proyecto bien diseñado y no ser relegado a un segundo lugar, para considerarlo después que se han fijado las demás características del Sistema Eléctrico de Potencia SEP. Considerarlo así, resulta en un sistema de protecciones bien integrado, capaz de ser adecuadamente coordinado y lo suficientemente flexible como para acomodarse a las futuras expansiones del sistema.

2.4.1 Consideraciones económicas de la Protección de la Subestación

Por lo general, el costo del sistema de protecciones es bastante pequeño comparado con el costo del Sistema Eléctrico de Potencia SEP completo. Se estima entre 0,5 y 10% de la inversión total, creciendo el porcentaje mientras más pequeño sea el sistema eléctrico. Aún así, el costo de las protecciones puede minimizarse diseñando un sistema simple que garantice obtener y conservar una buena protección, lo que a su vez permite disminuir el costo del servicio y evitar la necesidad de efectuar complejas y costosas pruebas.

Durante la operación, las protecciones tienen incidencia sobre dos aspectos de orden económico los cuales son:

- Continuidad del servicio: A mayor continuidad, mayores son las ventas de energía y en consecuencia los ingresos de todos los operadores del sistema.
- Despeje de fallas: En la medida que las fallas sean despejadas en forma oportuna y rápida se causarán menores daños a los equipos e instalaciones, con lo cual serán menores los costos de reparación y menores los tiempos de paralización.

2.4.2 Las Protecciones del los motores que se instalarán en la Subestación:

Se protege el motor contra:

- Cortocircuitos multifásicos y monofásico
- Auto arranque

Cortocircuitos multifásicos y monofásico:

Como es un circuito de baja tensión y poca potencia el Interruptor automático de caja moldeada es suficiente para proteger el motor.

Auto arranqué:

Como es un motor pequeño de baja tensión, los mismos interruptores magnéticos realizan esta función, desconectando el motor cuando la tensión desciende por debajo del 60% de la tensión nominal del contacto.

Para la selección de los interruptores se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- La corriente de acción térmica no debe ser menor que la corriente de servicio máxima.
- La corriente de acción magnética debe ser mayor que la corriente transitoria máxima.

- Verificar que exista solapamiento con las curvas de sobre corriente de los interruptores adyacentes.

En los sistemas eléctricos de bajo voltaje los interruptores más apropiados son interruptores de caja moldeada. La utilización de interruptores de distintas característica en una misma subestación serán muy costoso por eso se utilizará interruptores del mismo tipo porque es mas económico.

2.4.2.1 Cálculo realizado para la protección del los motores de 200 Hp

Calculo de la corriente nominal:

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} * U_n * fp * \eta} \quad (2.13)$$

$$I_n = \frac{154030}{\sqrt{3} * 480 * 0,85 * 0,954}$$

$$I_n = 231.83A$$

La corriente de arranque (corriente magnetización) del el motor.

$$I_{arr} = 6 * I_n \quad (2.14)$$

$$I_{arr} = 6 * 231.83$$

$$I_{arr} = 1390.98A$$

La corriente interuptiva del motor:

$$I_{int} = 1,5 * I_n \quad (2.15)$$

$$I_{int} = 1,5 * 229.71$$

$$I_{int} = 344.56A = 400A$$

La corriente de por unidad.

$$I_{pu} = \frac{I_{arr}}{I_{int}} \quad (2.16)$$

$$I_{pu} = \frac{1378.26A}{400}$$

$$I_{pu} = 3.44I$$

La corriente magnetización.

$$I_{mag} = 1,2 * I_n \quad (2.17)$$

$$I_{mag} = 1,2 * 231.84$$

$$I_{mag} = 278.208A$$

2.4.2.2 Cálculo realizado para la protección del los motores de 125 Hp.

Cálculo de la corriente nominal utilizando la ecuación 2.13:

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} * U_n * fp * \eta}$$

$$I_n = \frac{97600}{\sqrt{3} * 480 * 0,80 * 0,942}$$

$$I_n = 155.96A$$

La corriente de arranque (corriente magnetización) del el motor utilizando la ecuación 2.14:

$$I_{arr} = 6 * I_n$$

$$I_{arr} = 6 * 155.96$$

$$I_{arr} = 935.76 A$$

La corriente interuptiva del motor utilizando la ecuación **2.15**:

$$I_{int} = 1,5 * I_n$$

$$I_{int} = 1,5 * 155.96$$

$$I_{int} = 233.94 A$$

La corriente por unidad utilizando la ecuación **2.16**.

$$I_{pu} = \frac{I_{arr}}{I_{int}}$$

$$I_{pu} = \frac{935.76}{233.94}$$

$$I_{pu} = 4$$

La corriente magnetización utilizando la ecuación **2.17**:

$$I_{mag} = 1,2 * I_n$$

$$I_{mag} = 1,2 * 155.96$$

$$I_{mag} = 187.152 A$$

2.4.2.3 Selección de los interruptores desde el A001 hasta el D005 (Para los motores).

Por el programa Easy Power se determina la corriente de cortocircuito en la barra 6.

$$I_{cc3\phi\text{máx.}} = 10062A$$

Potencia momentánea:

$$S_{mom} = \sqrt{3} * U * I_{mom} \quad (2.18)$$

$$S_{mom} = \sqrt{3} * U * I_{cc_{3\phi}} * K$$

$$S_{mom} = \sqrt{3} * 0.48KV * 10062 * 1.5$$

$$S_{mom} = 12.53MVA$$

Potencia interruptiva:

Estos interruptores fueron escogidos como interruptores de 5 ciclos.

$$S_{inter} = \sqrt{3} * U * I_{inter} \quad (2.19)$$

$$S_{inter} = \sqrt{3} * U * I_{cc_{3\phi}} * K$$

$$S_{inter} = \sqrt{3} * 0.48KV * 10062 A * 1.1$$

$$S_{inter} = 9.191MVA$$

Como todas las cargas son motores y tienen casi los mismos valores, para seleccionar los interruptores, las protecciones de los motores serán:

Tabla 2.4 Los resultados obtenidos de los interruptores

| Interruptores | Los motores A001, B001, C001, D001 y línea 3 reservado. | Los motores. A002-A004, B002-B005, C002-C005, D002-D005 y Linea1 y 2 reservados. |
|-------------------------------|--|---|
| Corriente Nominal (In) | 231.83A | 155.96A |
| Corriente Magnética (Imag) | 278.208A | 187.152A |
| Corriente Térmica (Iterm) | 1390.98A | 935.76A |

2.4.3 Selección de los interruptores desde E1 hasta E8

Por el programa Easy Power se determina la corriente de cortocircuito en las Barras desde la 5 hasta la barra 12, y se selecciona la corriente de cortocircuito más grande.

$$I_{cc3\phi máx.} = 12787A$$

Potencia momentánea utilizando la ecuación **2.18**:

$$S_{mom} = \sqrt{3} * U * I_{mom}$$

$$S_{mom} = \sqrt{3} * U * I_{cc_{3\phi}} * K$$

$$S_{mom} = \sqrt{3} * 0.48KV * 12787A * 1.5$$

$$S_{mom} = 15.93MVA$$

Potencia interruptiva utilizando la ecuación **2.19**:

Estos interruptores fueron escogidos como interruptores de 5 ciclos.

$$S_{inter} = \sqrt{3} * U * I_{inter}$$

$$S_{inter} = \sqrt{3} * U * I_{cc_{3\phi}} * K$$

$$S_{inter} = \sqrt{3} * 0.48KV * 12787 * 1.1$$

$$S_{inter} = 11.67MVA$$

Potencia nominal de cada interruptor:

$$S_{nom} = \sqrt{3} * U_n * I_n \quad (2.20)$$

Tabla 2.5 Los resultados obtenidos

| Interruptores | Corriente Nominal (In) | Corriente Térmica (Iterm) | Corriente Magnética (Imag) |
|---------------|---------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| E1 | 387.79 A | 2326.74 A | 465.35 A |
| E2 | 467.88 A | 2807.28 A | 561.46 A |
| E3 | 387.79 A | 2326.74 A | 465.35 A |
| E4 | 467.88 A | 2807.28 A | 561.46 A |
| E5 | 467.88 A | 2807.28 A | 561.46 A |
| E6 | 387.79 A | 2326.74 A | 465.35 A |
| E7 | 387.79 A | 2326.74 A | 465.35 A |
| E8 | 467.88 A | 2807.28 A | 561.46 A |

Para garantizar que no exista solapamiento entre los interruptores seleccionados, realizamos los siguientes cálculos, basándonos en las curvas de sobrecorrientes de los mismos.

2.4.3.1 Análisis de coordinación para los interruptores (Utilizando la siguiente ecuación y la ecuación 2.16.)

$$top(E1) \geq top(A001, A002)_{mayor} + \Delta t \quad (2.21)$$

Utilizando la curva c de la grafica de anexo 4.

$$In_{A001} p.u = \frac{I_{cc} 3 \phi \text{máx}(barra5)}{In_{carga1}}$$

$$In_{A001} p.u = \frac{9870}{231.83}$$

$$In_{A001} p.u = 42.57 pu$$

$$top(A001) = 0.025 seg$$

Utilizando la curva C de la grafica de anexo 4

$$In_{E1} p.u = \frac{I_{cc} 3 \phi \text{máx}(barra5)}{In_{E1}}$$

$$In_{E1} p.u = \frac{9870}{387.79}$$

$$In_{E1} p.u = 25.45 pu$$

$$top(E1) = 0.07 seg$$

$$top(E1) \geq top(A001) + \Delta t = 0.025 seg + 20 ms = 0.045 seg$$

cumple

Análisis de coordinación de los interruptores.

Tabla 2.6 Los resultados obtenidos del interruptor E5.

| Interruptores | Tiempo de operación | Corriente de corto-circuito |
|---------------|---------------------|-----------------------------|
| E5 | 90 mseg | 10059 A |
| A003 | 25 mseg | |
| A004 | 25 mseg | |
| A005 | 25 mseg | |

Tabla 2.7 Los resultados obtenidos de el interruptor E2.

| Interruptores | Tiempo de operación | Corriente de corto-circuito |
|---------------|---------------------|-----------------------------|
| E2 | 95 mseg | 10068 A |
| B003 | 25 mseg | |
| B004 | 25 mseg | |
| B005 | 25 mseg | |

Tabla 2.8 Los resultados obtenidos de el interruptor E6

| Interruptores | Tiempo de operación | Corriente de corto-circuito |
|---------------|---------------------|-----------------------------|
| E6 | 72 mseg | 9853 A |
| B001 | 25 mseg | |
| B002 | 25 mseg | |

Tabla 2.8 Los resultados obtenidos de el interruptor E3

| Interruptores | Tiempo de operación | Corriente de corto-circuito |
|---------------|---------------------|-----------------------------|
| E3 | 71 mseg | 9863 A |
| C001 | 25 mseg | |
| C002 | 25 mseg | |

Tabla 2.9 Los resultados obtenidos de el interruptor E8

| Interruptores | Tiempo de operación | Corriente de corto-circuito |
|---------------|---------------------|-----------------------------|
| E8 | 89 mseg | 10052 A |
| C003 | 25 mseg | |
| C004 | 25 mseg | |
| C005 | 25 mseg | |

Tabla 2.10. Los resultados obtenidos del interruptor E4

| Interruptores | Tiempo de operación | Corriente de corto-circuito |
|---------------|---------------------|-----------------------------|
| E4 | 91 mseg | 10062 A |
| D001 | 25 mseg | |
| D002 | 25 mseg | |
| D003 | 25 mseg | |

Tabla 2.11 Los resultados obtenidos del interruptor E7

| Interruptores | Tiempo de operación | Corriente de corto-circuito |
|---------------|---------------------|-----------------------------|
| E7 | 67.8 mseg | 9846 A |
| D004 | 25 mseg | |
| D005 | 25 mseg | |

2.4.3.2 Selección del interruptor E9

Este interruptor es normalmente abierto y se cierre en el instante que uno de los transformador esta fuera del servicio.

Aplica un interruptor de aire que tiene una unidad capaz de detectar esta condición y dispara al interruptor.

$$I_{cc3\phi \max \text{ Barra3}} = 17627 A$$

$$I_n(A) = 1711.34$$

$$I_{term}(A) = 10268.04$$

$$I_{mag}(A) = 2053.61$$

Potencia momentánea utilizando la ecuación **2.18**:

$$S_{mom} = \sqrt{3} * U * I_{nom}$$

$$S_{mom} = \sqrt{3} * 0.48KV * 17627 * 1.5$$

$$\underline{S_{mom} = 21.96MVA}$$

Potencia interruptiva utilizando la ecuación **2.19**:

$$S_{inter} = \sqrt{3} * U * I_{int}$$

$$S_{inter} = \sqrt{3} * 0.48KV * 17627 * 1.1$$

$$\underline{S_{inter} = 16.101MVA}$$

Análisis de coordinación del interruptor E9

Trabajando por el caso más crítico, con el transformador 2 fuera de servicio y el transformador 1 alimentando las cargas, y ocurre un corto circuito en la barra 2 los interruptores E1- E4 deben actuar más rápido que el interruptor E9.

En este caso el interruptor E9 funciona como el interruptor de respaldo de los interruptores E1- E4. Por lo tanto el tiempo de operación del interruptor E9 tiene que ser mayor que el tiempo de operación del interruptor más lento ecuación **2.21**.

$$Top_{int E9}(\min imo) > Top_{int E2}(\text{mayor}) + \Delta t$$

Así que según los cálculos realizados el interruptor de Top mayor es el interruptor E2 utilizando las ecuaciones **2.16** y **2.21**:

$$Top_{int E9}(\min imo) > 95ms + 20ms \text{ (Curva C)}$$

$$Top_{int E9}(\min imo) > 115ms$$

Determinando $Top_{int E9}$

$$Ipu_{int E9}(\min imo) = \frac{Icc3\phi_{\max}(BarraB)}{In_{int E9}}$$

$$Ipu_{int E9}(\min imo) = \frac{17627}{1711.34}$$

$$Ipu_{int E9}(\min imo) = 10.3$$

$$\underline{Top_{int E9}(\min imo) > 102ms \text{ (Curva C)}}$$

$$\underline{Top_{int E9} \min imo = 200ms \text{ (Curva C)}}$$

$$Top_{int E9} \min imo > 102ms \text{ Cumple la norma de selectividad}$$

2.4.4 Selección de las Protecciones de los Transformadores.

Se protege los transformadores contra:

- Corto Circuitos internos y externos

- Sobretensiones
- Problemas en el aceite
- Sobrecargas

Contra corto circuitos multifásicos internos y externos:

En eventos de cortocircuito internos deben desconectarse los transformadores inmediatamente.

Por esta razón se emplean las protecciones de relés de sobre corriente instantánea (Relé 50).

Ajuste del relé 50:

Como el relé 50 es utilizado para fallas internas en el transformador no debe ser sensible a los cortocircuitos en las barras secundarias por lo que no actuarían las protecciones adyacentes.

Contra Sobretensiones:

Las sobretensiones de carácter atmosférica externa fueron protegidas con el empleo de descargadores valvulares.

Problemas en el aceite:

Como protección contra problemas en el aceite se suele utilizar una protección conocida como Buchholz (63).

Contra Sobrecarga

Como protección contra sobrecarga se puede activar el mecanismo de enfriamiento en régimen automático o manual.

Transformador 1

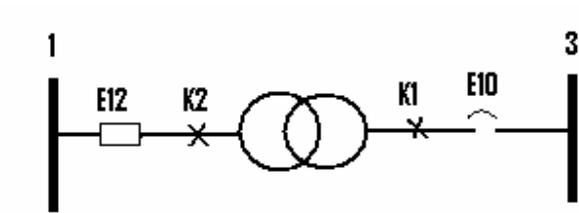


Figura 2.1. Transformador No 1.

Corriente de operación

$$Iop_{50(E12)} = Kseg * Icc3\phi \max K_1 \quad (2.23)$$

$$Icc3\phi \max k_1 = 17627 A$$

$$Iop_{50(E12)} = 1.5 * 17627 \left[\frac{0.48kV}{10.8kV} \right]$$

$$\underline{Iop_{50(E12)} = 1208.72 A}$$

Tiempo de operación.

$$Top_{50(E12)} = 0s$$

$$Iop_{50(E12)} > Im ag$$

$$Im ag = 8 * In$$

La corriente nominal utilizando la ecuación 2.15.

$$In = \frac{S}{\sqrt{3} * Unp}$$

$$In = \frac{2.5MVA}{\sqrt{3} * 10.5kV}$$

$$\underline{I_n = 137.62 A}$$

Corriente Magnética

$$Im\ ag = 8 * 137.62$$

$$Im\ ag = 1098.9 A$$

$$I_{op\ 50(E12)} > Im\ ag \text{ Cumple}$$

Coordinación de la protección E10 con interruptores E2 utilizando la ecuación **2.21**

$$Top_{51(E10)} = Top_{(E2)\ mayor} + \Delta t$$

Donde $\Delta t = 0.5s$

Según los cálculos realizados $Top_{int\ E2}$ es la protección con Top mayor.

$$Top_{int\ E2} = 95ms$$

Por lo tanto

$$Top_{51(E10)} = 95ms + 0.5seg$$

$$Top_{51(E10)} = 0.595s \Rightarrow 595ms$$

$$\underline{Top_{51(E10)} = 595ms}$$

Calculo para un fallo en el interno de transformador $Top_{51\ E13}$ tiene que ser más rápido que $Top_{51(E11)}$ utilizando la ecuación **2.21**:

$$\text{Entonces } Top_{51(E11)} = Top_{51(E13)} + \Delta t$$

$$Top_{51(E11)} = 0.595s + 0.5$$

$$\underline{Top_{51(E11)} = 1.09s}$$

$$I_{op\ 51(E11)} = \frac{kseg * ka}{kret} * I_n \Rightarrow \text{Asumiendo que: } Ka=2.5 \text{ y } Kret=1 \quad \text{(2.24)}$$

$$Iop_{51(E11)} = \frac{1.2 * 2.5}{1} * 137.62$$

$$\underline{Iop_{51(16)} = 412.86 A}$$

Para la protección seleccionada para los transformadores y los interruptores en el Punto General Distribución (PGD), se ubican 3 relés SR- 750 marca General Electric (GE).

2.5 Flujo de potencia empleando el software EASY POWER.

Tabla 2.12 Resultado obtenido de la simulación del sistema en Easy Power.

| | MWh | MVAh | MVArh | pf |
|---------------|---------|---------|---------|-------|
| Generación | 1602.72 | 2011.68 | 1214.64 | 0.797 |
| Cargas | 1559.52 | 1913.76 | 1108.8 | 0.815 |
| Capacitares | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Perdidas | 43.2 | 114.32 | 105.84 | |
| Consumo Total | 1602.72 | 2011.68 | 1214.64 | |

Tabla 2.13 Resultado obtenido de la simulación de los Transformadores en el software Easy Power.

| Transformadores de 2.5 MVA | Carga (MVA) | % de Carga | % de Sobrecarga |
|----------------------------|-------------|------------|-----------------|
| Transformador 1 | 967.68 | 67.2 | -32.8 |
| Transformador 2 | 1044.72 | 70.2 | -29.8 |
| Consumo Total | 2011.68 | | |

Todo de las mediciones son de 30 días.

2.6 El Centro de Control de los Motores (CCM) de la Subestación propuesta.

El cuatro de los CCM esta compuesto por paneles o armarios donde se encuentran todas las protecciones eléctricas de los motores. Cada armario está

compuesto por fusibles, contactos magnéticos e interruptores, también se pueden encontrar algunas protecciones modernas donde se pueden medir algunos parámetros como tensión (V), corriente (I), factor de potencia (fp) entre otros.

2.6.1 La selección de las pizarras para el Centro de Control de Motores (CCM).

La pizarra es donde se ubica toda la protección y control para los motores, se indica los nombres de los circuitos que están instalados, cual está funcionando o cual no será. En palabras simples, esta pizarra lleva los equipos que están asociados con los motores, es por esto que se llama Centro de Control de los Motores (CCM). Cada pizarra tiene una barra de distribución principal, horizontal, con capacidad de conducción de corriente en régimen con respecto de los circuitos instalados, en cada sección vertical existe derivando de la barra principal, una barra vertical con capacidad de conducción los datos de especificación. Además las barras de distribución pueden ser trifásicas o monofásicas dependiendo del circuito, y están compuestas de un tipo de material de cobre electrolítico, siempre se diseñan para soportar los esfuerzos mecánicos y térmicos de corriente de cortocircuito, conforme con los valores de especificación. Cada fase de la barra tiene una identificación permanente empleándose para esto diferentes colores, y las unidades que están instaladas pueden ser extraídas.

Para hacer las selecciones de las pizarras, deben tenerse en cuenta los siguientes elementos:

- Tensión inicial
- Límite de corriente de partida.
- Corriente nominal del motor.

- Voltaje nominal.
- Corriente nominal de la barra.
- La frecuencia del el circuito que se instalará.
- Los datos de las protecciones y control calculados.

Con todos estos datos, se seleccionó el siguiente tipo de pizarra:

Tabla 2.14 Datos de la Pizarra.

| | |
|------------------------------|-----|
| Voltaje de entrada (V_r) | 480 |
| Voltaje nominal (V_n). | 440 |
| Corriente Nominal $I_n(A)$ | 400 |
| Frecuencia (Hz) | 60 |
| Tipo | H |

Estas pizarras son de Marca VIROEX. S.L de España.

2.7 Puesta a Tierra para la Subestación.

En las instalaciones eléctricas de cualquier tipo, por razones de seguridad para el personal que las opera, es necesario que todas las estructuras metálicas mantengan la menor resistencia posible respecto a tierra, tanto bajo condiciones de operación nominales como bajo condiciones de falla. La posibilidad de que en cualquiera de las partes metálicas accesible al contacto con las personas se presenten potencia peligrosos respecto a tierra, se presenten considerablemente, e incluso llegar a eliminarse mediante su puesta a tierra.

En el diseño de una subestación eléctrica, el sistema de tierra no debe concretarse únicamente a obtener una baja resistencia en la puesta a tierra, sino que además debe cumplir con los siguientes parámetros:

- La puesta a tierra para la protección contra procesos transitorios debido tanto a operaciones o fallas en el sistema como a descargas atmosféricas.
- La puesta a tierra de neutros para estabilizar los potenciales en los circuitos respecto a tierra y proporcionar los medios para la utilización de relevadores para la protección contra fallas a tierra.
- Asegurar que las estructuras que no llevan corriente, como armazones de equipos y estructuras metálicas, estén siempre al potencial de tierra, aun en el caso de falla del aislamiento.
- Reducir a un mínimo que no sea peligroso los gradientes de potencial en la superficie de la subestación.

El valor de la resistencia de una puesta a tierra depende de muchos factores entre los cuales están:

- La resistencia de contacto entre el aparato protegido y el conductor de tierra.
- La impedancia del conductor y de la resistencia de contacto de su conexión al electrodo.
- La resistencia propia del electrodo.
- La resistencia de contacto entre el electrodo y la tierra. La resistencia del sistema de electrodos.

Mallas de tierra.

EL sistema de puesta a tierra en la subestación eléctrica tiene gran importancia, ya que este permite la conexión a tierra del neutro del sistema, el paso a tierra para la descarga de los pararrayos y debe garantizar que los gradientes de tensión superficial no sean peligrosos para los operadores. El sistema más usado de puesta a tierra en las subestaciones consiste en conductores y barras enterradas a una profundidad adecuada debajo de la

superficie del terreno y cuya configuración es la de una malla. Los principales parámetros de una malla son:

- Longitud y calibre de los conductores.
- Longitud, diámetro y cantidad de los electrodos verticales.
- Profundidad de enterramiento de los electrodos verticales y horizontales.
- Espaciamiento entre las filas de los conductores de tierra.
- Área de la malla de tierra.
- Gradiente de potencial máximo permisible.

2.7.1 Cálculo de puesta a tierra de la subestación.

Datos.

Resistividad de Terreno es: 17.7ohms/m

Numero (N) de electrodos utiliza: 30

Longitud (L) del electrodo utiliza: 400cm

Distancia entre electrodos:

$a = 400\text{cm}$ y $a/L = 1$.

Con los datos, se usa la tabla en anexo 5 para seleccionar los siguientes coeficientes.

$n_v = 0.63$ y $n_h = 0.71$.

Donde:

- n_v - Coeficientes de apantallamiento para electrodos verticales
- n_h - Coeficientes de apantallamiento para electrodos horizontales.

2.7.2 Determinación de la resistencia de tierra de un electrodo.

$$R_e = 0.9 \frac{\rho}{L} \quad (2.25)$$

$$R_e = 0.9 \frac{1770}{400}$$

$$R_e = 3.983\Omega$$

2.7.3 Determinación de la resistencia de tierra para 30 electrodos:

$$R_p = \frac{R_e}{Nn_h} \quad (2.26)$$

$$R_p = \frac{3.983}{(63 * 0.71)}$$

$$R_p = 1.873\Omega$$

Donde:

- ρ -la resistividad de terreno.
- R_p - Resistencia del grupo de electrodos en paralelo (Ω).
- R - Resistencia de un electrodo (Ω).
- n_h .Coeficiente de apantallamiento de los electrodos, el cual depende configuración y la relación entre la superación de los mismos y su longitud.
- N - Número de electrodos

2.7.4 Cálculo de la resistencia a tierra del cable de enlace:

$$R_c = 2.1 \frac{\rho}{L} \quad (2.27)$$

$$R_c = 2.1 \frac{1770}{400}$$

$$R_c = 9.293\Omega$$

2.7.5 Cálculo de la resistencia real del cable de enlace:

$$R_{rc} = \frac{R_c}{n_h} \quad (2.28)$$

$$R_{rc} = \frac{9.293}{0.71}$$

$$R_{rc} = 13.09\Omega$$

2.7.6 Cálculo de la resistencia total del sistema.

$$R_{tm} = \frac{R_p * R_{rc}}{R_p + R_{rc}} \quad (2.29)$$

$$R_{tm} = \frac{13.09 * 1.873}{13.09 + 1.873}$$

$$R_{tm} = 1.634\Omega$$

Se cumple, porque es menor de 4 ohms.

2.7.7 Compartimiento de los electrodos verticales.

Los sistemas de puesta a tierra, además de conducir a tierra la corriente de falla, también deben conducir a tierra la corriente provocada por las descargas atmosféricas, la cual se comporta como una onda de choque y por lo tanto su comportamiento está gobernado por la impedancia característica del sistema de puesta a tierra.

Considerando que la resistencia de puesta a tierra está dada por:

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{4L}{d} \quad (2.29)$$

$$R = \frac{1770}{2 * 3.142 * 300} \log \frac{4.300}{1.5}$$

$$R = 2.726\Omega$$

2.8 La Iluminación para la Subestación

Para tener una buena iluminación industrial existen algunos puntos claves que uno tiene que tener en cuenta como:

- **Luz suficiente:** Tener niveles adecuados de luz, según la naturaleza de la tarea visual.
- **Iluminación Uniforme:** Una iluminación general con un alto grado de uniformidad, garantiza total libertad a la hora de situar la maquinaria y los bancos de trabajo (en cualquier punto 200 Lux).
- **Buena Iluminación Vertical:** En ciertos trabajos la tarea visual está localizada en el plano vertical. Se puede recurrir a las empotradas en el techo que ofrecen una distribución asimétrica de la luz.

- **Fuentes de luz bien Apantalladas:** En alturas de montaje bajas es fundamental el uso de pantallas con rejillas que proporcionen el apantallamiento en la dirección crítica, y evitar el deslumbramiento.
- Debe de obtenerse el mejor rendimiento y la máxima economía en toda instalación de iluminación.
- No debe olvidarse el efecto decorativo y funcional de una buena iluminación.

2.8.1 Diseño del alumbrado Interior de la Subestación Eléctrica.

El objeto de un diseño de alumbrado es proporcionar iluminación suficiente para una tarea visual dada, sin producir malestar, y al mínimo costo posible. No es difícil obtener suficiente luz con las modernas fuentes luminosas, pero si se colocan y controlan en forma inadecuada, se obtendrán luz molesta y deslumbrante.

Al realizar los análisis de iluminación es necesario aclarar que no es conveniente una iluminación escasa ni tampoco una iluminación intensa, porque en el primer caso se realizará mayor esfuerzo al órgano de la visión, y el segundo caso produce deslumbramiento en los objetos iluminados afectando también al órgano de la visión.

En la iluminación de interiores, se debe tener en cuenta la reflexión que producirán las fuentes luminosas, las dimensiones que tendrá el ambiente o local a iluminar, los niveles y formas de iluminar los objetos del local.

Al iniciarse todo análisis en iluminación de interiores se deben tener en cuenta los siguientes puntos fundamentales:

- Formas o tipos de iluminación y número y ubicación de las lámparas a usar
- Potencia y número de lámpara a usar.
- Ubicación y altura de suspensión de las lámparas.

Basado en estas condiciones, se desea proyectar un sistema interior de alumbrado para el local de montaje de la subestación el cual consta con las siguientes dimensiones;

2.8.2 Parámetros de la subestación.

Tabla 2.15 Dimensiones de la Local de los Transformadores.

| Parámetros | Dimensión (m) |
|------------|---------------|
| Largo | 6.3 |
| Ancho | 9.3 |
| Altura | 4.2 |

Tabla 2.16 Dimensiones del Local de los Paneles de Control.

| Parámetros | Dimensión (m) |
|------------|---------------|
| Largo | 6.3 |
| Ancho | 9.3 |
| Altura | 4.2 |

Las paredes y el techo tienen colores claros. Para su realización se utilizará el método de iluminación general y en correspondencia al tipo de local, se proyectará el alumbrado para obtener una $E_{med} = 500$ Lux. Para esto se utilizarán lámparas fluorescentes tubulares producto ya que la altura de montaje es de 2 – 4.4 metros, la iluminación que se obtiene con el uso de estas constituye la mejor opción. En general, las luminarias se colocan en filas continuas o discontinuas que corren en forma paralela a la dirección de la visión y en ángulo recto a las maquinarias. Esto evita sombras que causan problemas

en la tarea visual y reduce la posibilidad de que se refleje la luz en los ojos de los operadores.

2.8.3 Datos de las lámparas fluorescentes tubulares.

Consta de un tubo de vidrio con el interior cubierto con fósforo en polvo, que se ilumina cuando se excita con luz ultravioleta; los electrodos del filamento se montan en juntas de extremo conectadas a las clavijas de la base. El tubo se llena con un gas inerte (como argón) y una gota de mercurio y se opera a una presión relativamente baja.

El Catálogo General De Luz se muestra en anexo 6.

Tabla 2.17 Datos técnicos de la lámpara.

| | |
|--|-----------------------|
| Tipo de lámpara. | FQ 40W/840 |
| Potencia nominal. | 40W |
| Color de la luz. | Lumi lux plus blanco. |
| Factor para calcular el flujo luminoso. | 1,075 |
| Flujo luminoso nominal con 25C° en lúmenes | 3250 |
| Diámetro del tubo en mm. | 16 |
| Longitud en mm. | 849 |

2.8.4 Cálculos realizados para la iluminación.

Utilizando la tabla No.1 en (Anexo6) se obtiene que para el local de transformadores con respecto de los datos de tabla 2.15, le corresponde el

índice F y la tabla 2.16 para el local de panel de control le corresponde el índice D.

En la tabla No. 2 en (anexo6) se encuentra que para paredes de color blanco se encuentra que el coeficiente de reflexión es del 50 %.

A través de la tabla 3 (anexo 6) para alumbrado general mediante la utilización de un coeficiente de reflexión en paredes y techos de un 50 % obtenga un factor de conservación (Cd) de 0,70 y un coeficiente de utilización (Cu) de 0,46 para el local de los transformadores y un factor de conservación (Cd) de 0,70 y un coeficiente de utilización (Cu) de 0,56 para el local de paneles de control.

2.8.4.1 Determinación del Flujo Luminoso del local de transformadores.

$$S = L * a \quad (2.30)$$

$$S = 6.3 * 9.3$$

$$S = 58.59 m^2$$

$$\phi_{LT} = \frac{E * S}{Cd * Cu} \quad (2.31)$$

$$\phi_{LT} = \frac{500 * 58.59}{0,7 * 0.46}$$

$$\phi_{LT} = 90978.26 lm$$

Donde:

- ϕ_{LT} Flujo Luminoso

- S Área de superficie.
- L Largo de la subestación
- A Ancho de la subestación.

2.8.4.2 Determinación del Flujo Luminoso del local del panel de control (utilizando las ecuaciones 2.30 y 2.31).

$$S = L * a$$

$$S = 18.52 * 9.3$$

$$S = 172.24 m^2$$

$$\phi_{LT} = \frac{E * S}{Cd * Cu}$$

$$\phi_{LT} = \frac{500 * 172.24}{0,7 * 0.56}$$

$$\phi_{LT} = 219693.88 lm$$

2.8.4.3 Determinación del número de lámparas del local de transformadores.

$$N = \frac{\phi_{LT}}{\phi_{LL}} \tag{2.32}$$

$$N = \frac{90978.26 lm}{3250 lm}$$

$$N = 31.49 \Rightarrow 32 lamparas.$$

Donde:

- $\phi_{LL} \rightarrow$ flujo lum lampara.

2.8.4.4 Determinación del número de lámparas del local del panel de control (utilizando la ecuación 3.2.)

$$N = \frac{\phi_{LT}}{\phi_{LL}}$$

$$N = \frac{219693.88 \text{ lm}}{3250 \text{ lm}}$$

$$N = 63.59 \Rightarrow 64 \text{ lámparas.}$$

2.8.4.5 Cálculo del número de luminaria del local de transformadores

$$\text{Nº Luminaria} = \frac{N}{n} \quad (2.33)$$

$$\text{Nº Luminaria} = \frac{32}{4}$$

$$\text{Nº Luminaria} = 8$$

Donde:

- $n \rightarrow$ número de lámparas por luminaria

Para hacer la distribución

$$\text{Filas} = 2 \quad \text{columna} = 4$$

2.8.4.6 Cálculo del número de luminaria del local del panel de control (utilizando la ecuación 2.33.)

$$\text{Nº Luminaria} = \frac{N}{n}$$

$$\text{Nº Luminaria} = \frac{64}{4}$$

$$\text{Nº Luminaria} = 16$$

Para hacer la distribución

Filas = 4 columna = 4

2.8.4.7 Distribución del alumbrado de local de los transformadores.

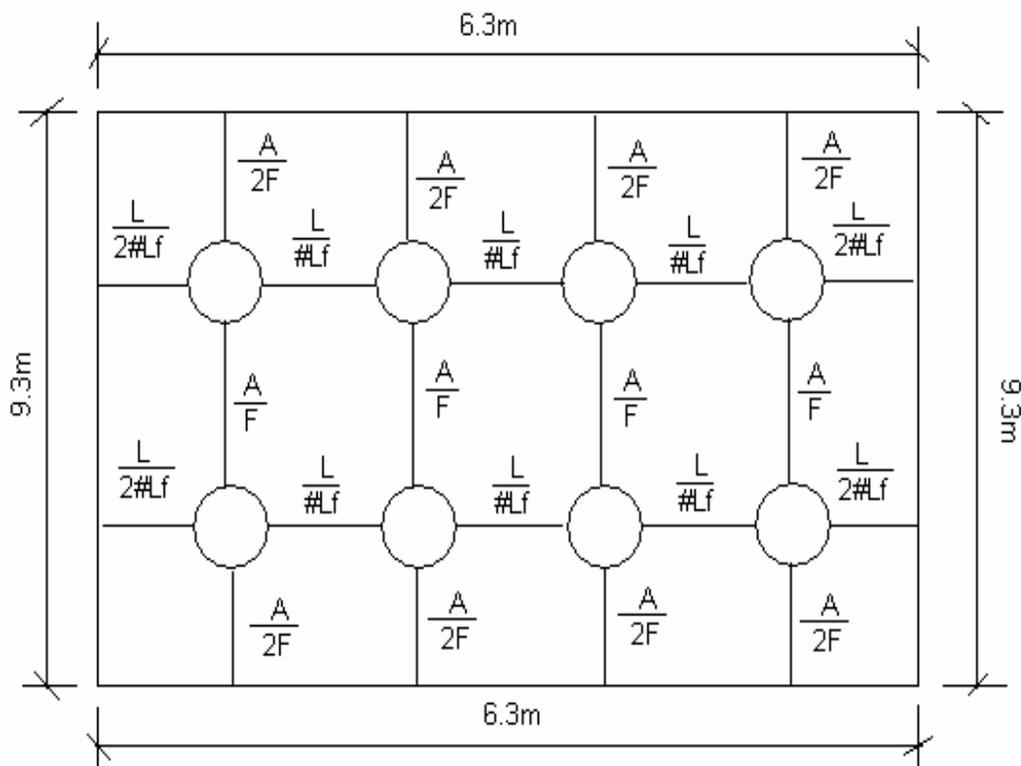


Figura 1. Distribución del alumbrado de local de los transformadores

2.8.4.8 Distribución del alumbrado de local del panel de control.

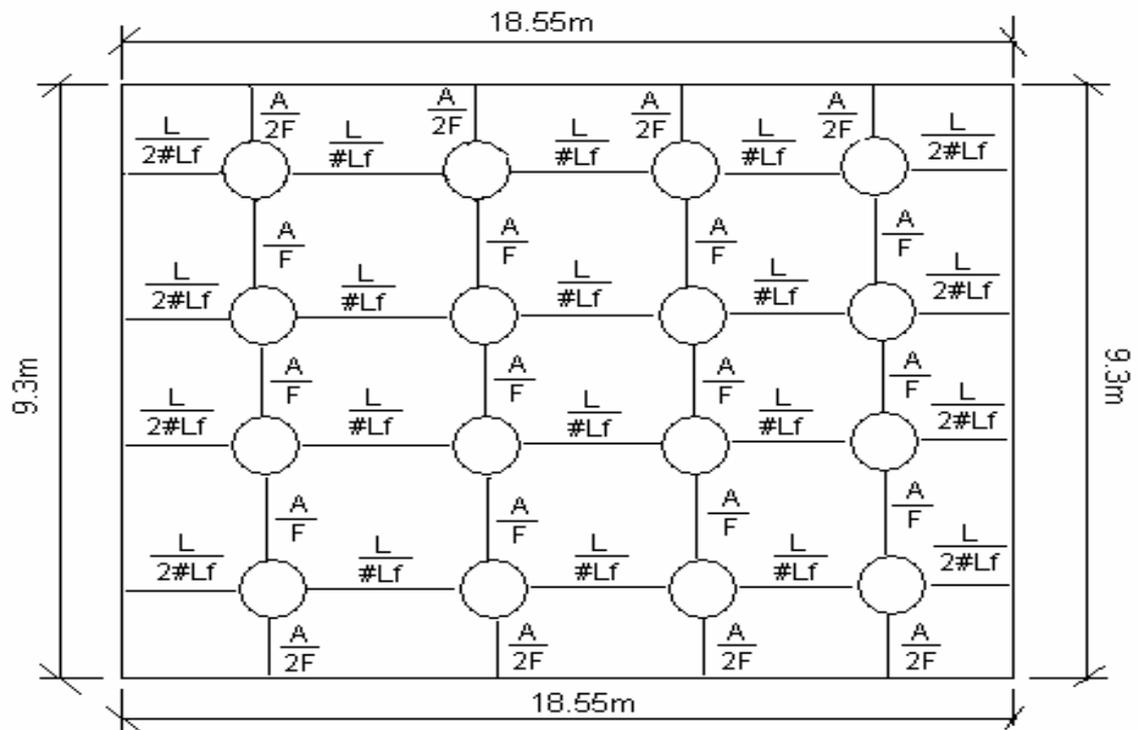


Figura 2.2 Distribución del alumbrado de local de los paneles de control.

2.8.4.9 Determinación del número de Lúmenes por filas (#Lf) del local de los transformadores.

$$\#Lf = \frac{A}{\text{Filas}(F)} \quad (2.34)$$

$$\#Lf = \frac{6.3}{Filas}$$

$$\#Lf = \frac{6.3}{2}$$

$$\#Lf = 2.15$$

$$\frac{L}{2\#Lf} = \frac{6.3}{2*2.15}$$

$$\frac{L}{2\#Lf} = 1.47m$$

$$\frac{L}{\#Lf} = \frac{6.3}{2.15}$$

$$\frac{L}{\#Lf} = 2.93m$$

$$\frac{A}{2F} = \frac{9.3}{2*2}$$

$$\frac{A}{2F} = 2.33m$$

$$\frac{A}{F} = \frac{9.3}{2}$$

$$\frac{A}{F} = 4.65m$$

2.8.4.10 Distribución de las Luminaras del local de transformadores.

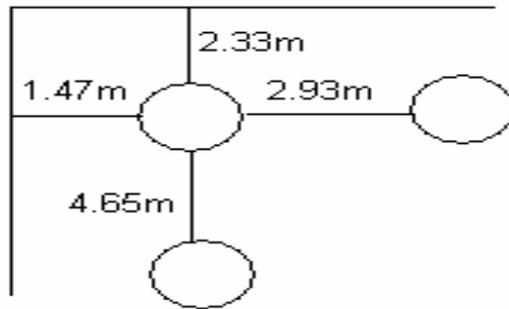


Figura 2.3 Distribución de la luminaras

Donde:

- A Ancho
- F Filas
- L Largo

2.8.4.11 Determinación del número de Lúmenes por filas (#Lf) del panel de control.

$$\#Lf = \frac{18.52}{Filas}$$

$$\#Lf = \frac{16.52}{2}$$

$$\#Lf = 8.26$$

$$\frac{L}{2\#Lf} = \frac{18.52}{2 * 8.26}$$

$$\frac{L}{2\#Lf} = 1.12m$$

$$\frac{L}{\#Lf} = \frac{18.52}{8.26}$$

$$\frac{L}{\#Lf} = 2.24m$$

$$\frac{A}{2F} = \frac{9.3}{2*4}$$

$$\frac{A}{2F} = 1.16m$$

$$\frac{A}{F} = \frac{9.3}{4}$$

$$\frac{A}{F} = 2.33m$$

2.8.4.12 Distribución de las Luminaras del local de panel de control.

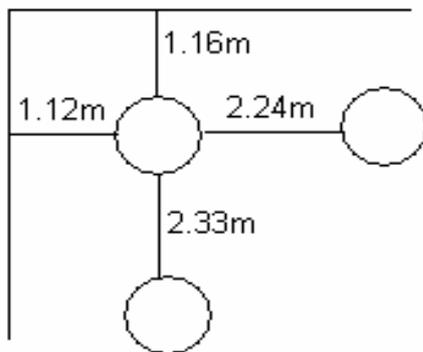


Figura 2.4 Distribución de la luminaras.

2.9 Conclusiones.

En el presente capítulo se hizo el cálculo y se seleccionó los equipamientos que se instalará en la subestación, además se actualizó el monolineal con sus cargas instaladas. Con el flujo de potencia realizado en el software Easy Power se determinó que el sistema está trabajando con bajo factor de potencia y hay la necesidad de compensar la potencia reactiva en la subestación.

También se presentó pérdidas en los conductores y en los transformadores alrededor del 10% de las pérdidas en el sistema.

CAPÍTULO III

Análisis de la Eficiencia Eléctrica de la Subestación Propuesta.

3.1 Introducción

La eficiencia eléctrica es un parámetro que describe el buen funcionamiento de una instalación eléctrica, lograrla es un reto y constituye una de las premisas a lograr en cualquier proyecto, cambio o modificación en los esquemas de suministro modernos.

Para cada uno de los casos es determinante plantear alternativas que permitan solucionar el problema con la mejor utilización de los recursos. Estas alternativas serán evaluadas desde el punto de vista técnico, económico y social, con el fin de seleccionar aquella que reúna, si es posible, las mejores condiciones técnicas requeridas para la solución del problema, las condiciones económicas de mínimo costo y ofrezca el mayor beneficio social.

Usualmente es difícil que una alternativa para un proyecto reúna las tres condiciones anteriores, debiéndose seleccionar la que más se acerque a las condiciones óptimas propuestas. Con el fin de sustentar más sólidamente el proyecto presentado, es recomendable adicionar una descripción de cada una de las alternativas técnicas analizadas para la solución del problema, que hayan sido descartadas y el motivo por el cual se tomó esta decisión.

Se hará a continuación una descripción de cada uno de los problemas mencionados, de la forma como se presentan los mismos y de los beneficios que ofrecen los proyectos dirigidos en este sentido. Se debe tener en cuenta que en algunas ocasiones es necesaria la ejecución de un conjunto de acciones para solucionar el problema. Estas se conocen como proyecto de inversión.

La eficiencia de un sistema eléctrico considera unos niveles de pérdidas técnicas no superiores a ciertos valores establecidos, unos niveles de tensión adecuados

y una confiabilidad mínima del servicio. Adicionalmente, el usuario industrial espera que el sistema mantenga una frecuencia estable (60 Hertz) y una atención rápida y oportuna en el momento de una contingencia.

3.2 Mejoras para solucionar las deficiencias del sistema eléctrico

El capítulo 2 aborda el tema de la selección de todos los componentes que conforman el sistema eléctrico, con la misma se hizo el flujo de potencia del sistema y con los resultados obtenidos se pudo comprobar que el mismo operaba con ineficiencia. En el presente capítulo se harán propuestas a algunas de estas inconvenientes.

Con el estudio realizado se llegó a la conclusión que los principales factores que influyen en la ineficiencia del sistema son:

- Pérdidas en los conductores
- Bajo factor de potencia
- Pérdidas en los transformadores
- Pérdidas en los motores

3.2.1 Pérdidas en los conductores

Las pérdidas de potencia por el calor generado en los conductores es proporcional al cuadrado de la corriente y de la resistencia efectiva que el conductor ofrece al paso de la corriente por efecto Joule. Esta resistencia efectiva deberá ser calculada a la temperatura de operación del conductor y tomar en cuenta los efectos de piel y de proximidad, según las condiciones de operación o instalación.

Para mejorar las pérdidas en la línea se acercarán las cargas de mayor consumo a la subestación de 10.5/0.48kv

Acercamiento de cargas

En este caso lo que se hizo fue acercar a la subestación las líneas con cargas más grandes con el objetivo de disminuir las pérdidas y las caídas de tensión.

Tabla 3.1 Datos de los conductores nuevos.

| Tramo | Longitud (km) | Vn(V) | I _{max} (A) | Sección de los cond.(AWG/MCM) |
|-------|---------------|-------|----------------------|-------------------------------|
| E001 | 0.03 | 480 | 386.83 | 336.4 |
| E002 | 0.03 | 480 | 470 | 397.5 |
| E003 | 0.03 | 480 | 386.83 | 336.4 |
| E004 | 0.03 | 480 | 470.2 | 397.5 |
| E005 | 0.03 | 480 | 470.2 | 397.5 |
| E006 | 0.03 | 480 | 386.83 | 336.4 |
| E007 | 0.03 | 480 | 386.83 | 336.4 |
| E008 | 0.03 | 480 | 470.2 | 397.5 |
| A001 | 0.10 | 440 | 231.83 | 350 |
| B001 | 0.092 | 440 | 231.83 | 350 |
| C001 | 0.083 | 440 | 231.83 | 350 |
| D001 | 0.075 | 440 | 231.83 | 350 |

Con esta mejora se obtendrán los siguientes beneficios:

- Se disminuirán las pérdidas en las líneas (en un 4%)
- Los niveles de voltajes mejorarán (en un 5%)

3.2.2 Bajo factor de potencia

El mejoramiento del factor de potencia, en la red de baja tensión (BT), es importante porque su aplicación permite reducir las Pérdidas Reactivas en las líneas y aumentar la capacidad en dichas líneas.

Cuando se inicia una tarea de mejoramiento del factor de potencia se tiene que tener en cuenta que los mejores beneficios se obtienen cuando los compensadores están situados lo más cerca posible de la carga.

Aunque los beneficios máximos se obtiene cuando los compensadores están situados cerca de la carga, eso no es siempre lo mas práctico y mas económico.

El factor de potencia observado es del orden de 0.815 lo cual conlleva la implicación de una penalización.

Para este problema se propone la aplicación de un banco de capacitores para compensar la potencia reactiva en el sistema hasta un factor de potencia de 0.92.

Se instalarán bancos de capacitores en las barras alimentadores porque la compensación global es mucho más económica que la compensación individual.

La cantidad de reactivo se calcula de la siguiente manera:

$$Q = P[(\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)] \quad (3.1)$$

Donde:

- P = Potencia activa de las cargas
- φ_1 = ángulo del nuevo factor de potencia
- φ_2 = ángulo de la carga a compensar

Se propone la instalación de ocho bancos de condensadores en las barras que alimentadores las cargas. En la siguiente tabla se muestra la capacidad de cada banco de condensadores en cada barra.

Tabla 3.2. Capacidad de los bancos de condensadores que se instalarán en las barras

| | | | | | | | | |
|-------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Barras | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Cantidad de banco | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Capacidad en kVAr | 70 | 80 | 80 | 70 | 70 | 80 | 80 | 70 |

Estos bancos serán conectados en estrella esta conexión permite que los equipos de interrupción estén al potencial de la tierra y es un medio de seguridad para los operadores. Estarán compuestos con valores de reactancia para limitar el efecto de los armónicos y protegidos además con fusibles.

3.2.3 Pérdidas en transformadores

Las pérdidas en los transformadores están constituidas por las pérdidas en el hierro y en el cobre, considerándose constantes las pérdidas en el hierro y variable las pérdidas en el cobre.

Teniendo los valores de pérdidas en el cobre, según fabricante, estos se tiene que ajustar de acuerdo a la demanda máxima de la carga que alimenta el transformador. Las pérdidas en el hierro se toman tal como se indica en el cuadro de pérdidas a potencia nominal correspondiente.

- Deben preocuparse por conocer la carga asociada al transformador para no sobrecargarlo, y así reducir las pérdidas en el cobre.
- Evitar operar los transformadores a baja carga (menor al 20%), si es posible redistribuir las cargas.
- Revisar el nivel y rigidez dieléctrica del aceite cada 6 meses, con el fin de controlar la capacidad aislante y refrigerante del mismo.
- Realizar una limpieza periódica del transformador, es decir, superficie del tanque, aletas disipadoras de calor, borne, etc.
- Medir con frecuencia la temperatura superficial del transformador, ella no debe ser superior a 55°C, de ser así, debe revisarse el aceite dieléctrico.

3.2.4 Pérdidas en los Motores

En el análisis de las pérdidas en las máquinas se observa que existen pérdidas significativas, las cuales se deben minimizar. Aquí se proponen algunos métodos para lograr esto.

- Evitar el arranque y la operación simultánea de motores, sobre todo los de mediana y gran capacidad, para disminuir el valor máximo de la demanda.
- Evitar la operación en vacío de los motores.
- Verificar periódicamente la alineación del motor con la carga impulsada. Una alineación defectuosa puede incrementar las pérdidas por rozamiento y en caso extremo ocasionar daños mayores en el motor y la carga.
- Corregir la caída de tensión en los alimentadores. Una tensión reducida en los terminales del motor, genera un incremento de la corriente, sobrecalentamiento y disminución de su eficiencia. Las normas permiten una caída de tensión del 5%. Para ello utiliza conductores correctamente dimensionados.
- Balancear la tensión de alimentación en los motores trifásicos de corriente alterna. El desequilibrio entre fases no debe exceder en ningún caso del 5%, pero mientras menor sea el desbalance, los motores operarán con mayor eficiencia.
- Utilizar arrancadores a tensión reducida en aquellos motores que realicen un número elevado de arranques. Con esto evitarás un calentamiento excesivo en los conductores y lograrás disminuir las pérdidas durante la aceleración.

- Sustituir en los motores de rotor devanado, los reguladores con resistencias para el control de la velocidad, por reguladores electrónicos más eficientes, porque las resistencias llegan a consumir hasta un 20% de la potencia que el motor toma de la red.

3.3 Conclusiones

En el presente capítulo se propuso la organización de las mejoras. Estas en la distribución permiten tener un sistema eléctrico más operativo y flexible, las pérdidas existentes por causa de un bajo factor de potencia fueron disminuidas. Con el acercamiento de las cargas se logró disminuir las pérdidas en el sistema eléctrico en un 6.2% mensual.

Con la instalación del banco de condensadores se liberan 2500 kWh de potencia activa mensual, y se logra un incremento de tensión en el secundario de los transformadores alrededor del 0.12 %.

CAPÍTULO IV

Valoración Económica

4.1 Introducción

Los turboareadores tienen una gran importancia en la producción de Níquel y Cobalto en la planta de Lixiviación y Lavado para la Empresa Comandante Che Guevara. Si estos logran trabajar con una alta eficiencia, entonces en sentido general aumentará la eficiencia de la planta.

Con las instalaciones de los turboareadores la planta de Lixiviación y Lavado se logra las siguientes condiciones generales de operaciones:

- Se Incrementará la eficiencia metalúrgica de la Planta de 94.65 % hasta 97.50 %, valor que se logra por el incremento del lixiviado y lavado del Ni en 4.25 % y la reducción de las pérdidas no contabilizadas al aumentar la disponibilidad de los Sedimentadores.
- Disminución de las pérdidas de Níquel en un 50 %, por licor que se va en las colas. La concentración actual de Ni en el licor que se va en las colas es de 0.16 g/l, el cual será reducido a 0.08 g/l.
- Incremento del cobalto Lixiviado y Lavado desde 31.56 % hasta 43.50 %.
- Los Costos de Operación de la Planta de Lixiviación y Lavado se estima disminuyan en un 49.4 % como resultado de:
 1. Disminución de los índices de consumo de amoníaco desde 0.448 t/ t Ni + Co lixiviado y lavado hasta 0.15 t/ t Ni + Co lixiviado y lavado.

2. Disminución de los costos de mantenimiento en un 61.1 % con relación a la operación actual.

3. Disminución de la fuerza de trabajo en 56.0 % con relación a la operación actual.

4.2 Valoración Obtenida del Proyecto.

La valoración de los resultados económicos se tuvo en cuenta el costo de los materiales, recursos y mano de obra empleados para dichos fines, teniendo en cuenta además de los equipamientos seleccionados. Además, una comparación de los gastos del proyecto original con respecto de los gastos del presente. También el tiempo de amortización de los gastos del presente proyecto.

Para una valoración económica se relacionó todo el equipamiento necesario para la ejecución del proyecto eléctrico (tabla 4.1)

4.3 Precios de los Materiales Eléctricos.

Tabla 4.1 precios de los materiales eléctricos

| Equipamiento. | Cantidad | Precios (CUC) | Importe(CUC) |
|---|-----------------|----------------------|-----------------------|
| Transformador de fuerza de 2.5 MVA | 2 | \$62,894.00 | \$125,788.00 |
| Pizarra de Control de los motores (CCM) | 5 | \$160,000.00 | \$800,000.00 |
| Banco de Capacitores de 70 kVAr. | 4 | \$850.00 | \$3 400.00 |
| Banco de Capacitores de 80 kVAr | 4 | \$925.00 | \$3 700.00 |
| Conductores. | | | |
| Conductores 250 MCM | 800m | \$28.40 | \$22,720.00 |
| Conductores 4/0 AWG | 1800m | \$25.90 | \$46,620.00 |
| Conductores 336.4 MCM | 300m | \$34.25 | \$10,275.00 |
| Conductores 397.5 MCM. | 600m | \$35.90 | \$21,540.00 |
| Conductores 2/0 AWG. Para protecciones Y control. | 2000m | \$4.20 | \$8,400.00 |
| Conductor 2/0 AWG nudo para conexión de la Tierra | 2500m | \$2.50 | \$6,250.00 |
| Conductores 14 AWG | 1000m | \$2.50 | \$2,500.00 |
| Malla a Tierra. | | | |
| Soldadura exotérmica | 30 | \$7.35 | \$220.50 |
| Electrodo de Cobre | 40 | \$18.56 | \$742.56 |
| Iluminación | | | |
| Lámpara FQ 40W/840 de 4 tubos a prueba de explosión | 24 | \$301.53 | \$7,236.70 |
| Punto General de Distribución (PGD) | 1 | \$325,000.00 | \$325,000.00 |
| UPS 3kW | 1 | \$350.00 | \$350.00 |
| Otros Accesorio de Montaje | 2 KIT | \$20,000.00 | \$40,000.00 |
| | | | |
| TOTAL MATERIALES | | \$570,480.09 | \$1,417,457.00 |

4.4 Fuerza de Trabajo para Materializar el proyecto.

Los gastos por concepto de fuerza de trabajo incluyen los salarios de las personas que llevaran la ejecución del proyecto así como los equipos y herramientas que estas emplearan en el mismo.

Tabla 4.2 Calculo realizado para la fuerza de trabajo.

Cálculo de Fuerza de Trabajo

| Trabajadores | Cantidad | Tarifa Horaria MN | Tarifa Horaria CUC | Horas a Trabajar | Importe MN | Importe CUC | Importe Total |
|-------------------------|-----------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|----------------------|
| Ing. Electrico | 2 | \$5.20 | \$0.13 | 1440 | \$7,488.00 | \$187.20 | \$7,675.20 |
| Electricista A | 5 | \$4.10 | \$0.11 | 3600 | \$14,760.00 | \$396.00 | \$15,156.00 |
| Electricista B | 6 | \$3.80 | \$0.10 | 4320 | \$16,416.00 | \$432.00 | \$16,848.00 |
| Ayudante | 10 | \$3.25 | \$0.10 | 7200 | \$23,400.00 | \$720.00 | \$24,120.00 |
| Soldador B | 2 | \$3.80 | \$0.10 | 1420 | \$5,396.00 | \$142.00 | \$5,538.00 |
| Chofer de Equipo Pesado | 1 | \$3.67 | \$0.11 | 720 | \$2,642.40 | \$79.20 | \$2,721.60 |
| Gruero B | 1 | \$3.96 | \$0.12 | 720 | \$2,851.20 | \$86.40 | \$2,937.60 |
| Total | 27 | | | 19420 | \$72,953.60 | \$2,042.80 | \$74,996.40 |

| Alquiler de Equipos | Cantidad | Tarifa Horaria MN | Tarifa Horaria CUC | Horas a Trabajar | Importe MN | Importe CUC | Importe Total |
|----------------------------|-----------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|----------------------|
| Camion | 1 | \$7.50 | \$1.20 | 720 | \$5,400.00 | \$864.00 | \$6,264.00 |
| Grua 20 t | 1 | \$13.20 | \$2.05 | 720 | \$9,504.00 | \$1,476.00 | \$10,980.00 |
| Equipo Soldadura Autógena | 1 | \$5.20 | \$1.10 | 720 | \$3,744.00 | \$792.00 | \$4,536.00 |
| Equipo Soldadura Eléctrica | 1 | \$5.10 | \$1.09 | 720 | \$3,672.00 | \$784.80 | \$4,456.80 |
| Total | 4 | | | 2880 | \$22,320.00 | \$3,916.80 | \$26,236.80 |

Total Fuerza de Trabajo y Equipos de Alquiler

| | MN | CUC |
|----------------------|---------------------|-------------------|
| Fuerza de Trabajo | \$72,953.60 | \$2,042.80 |
| Equipos de Alquiler | \$22,320.00 | \$3,916.80 |
| Total | \$95,273.60 | \$5,959.60 |
| Total General | \$101,233.20 | |

El costo total para el proyecto = costo de el equipamiento + Costo para montaje del equipamiento.
= \$101,233.20 + \$1, 417,457.00
= **\$1, 518,690.20**

Con respecto al proyecto inicial, el costo se reduce desde **\$2, 656,669.50** hasta **\$ 1, 518,690.20**

Con un ahorro para la empresa de **\$1, 137,979.30**

4.5 Cálculo Realizado para la Valoración Económica.

Como se explicó en la situación problemática, los turboareadores nuevos en total, tiene la misma capacidad que los turboareadores existentes.

La potencia instalada de los 66 turboareadores durante lo proceso es de **78,408 kW** diario.

La potencia instalada de los 20 turboareadores nuevos durante lo proceso de funcionamiento será de **44,064 kW** diario para garantizar el mismo trabajo que con los 66 turboareadores existentes.

El ahorro por día sea:

La diferencia de los 66 turboareadores entre los 20 turboareadores nuevos.

Potencia de ahorro diario = 78408 kW – 44064kW
= 34344 kW.
= **34.344 MW**

El costo del MW h para la fábrica es de \$69.504 CUC.

$$\begin{aligned}\text{Ahorro en el año es} &= 34.344 \text{ MW} * 365 \\ &= \mathbf{12,535.56 \text{ MW.}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Ahorro en el año en CUC} &= 12535.56 \text{ MW} * \$69.504 \\ &= \mathbf{\$871271.56}\end{aligned}$$

4.6 Tiempo de Amortización.

Se analiza el periodo de recuperación teniendo en cuenta solo el gasto relacionado con la actividad eléctrica, el cual equivale a **\$ 1, 622,988.27**

$$\begin{aligned}\text{Periodo de Recuperación} &= \text{inversión eléctrica/ ahorro de actividad eléctrica por} \\ &\quad \text{Año.} \\ &= \$1, 518,690.20/ \$871271.56 \\ &= \mathbf{1.74}\end{aligned}$$

El tiempo de amortización de la parte eléctrica sería de **1.74** años.

4.7 Conclusiones.

Tomando en consideración que el tiempo de retorno de la propuesta de rediseño eléctrico es de **1.74** años, que el ahorro en dinero es representativo (871271.56 CUC) y que el ahorro anual de potencia también es representativo (12535.56 MW) se considera que existe un ahorro importante en materia energética acorde a las exigencias del “Año de la Revolución Energética en Cuba”

CONCLUSIONES GENERALES

Las conclusiones a las que se llegó con este proyecto son las siguientes:

- Con el recálculo del proyecto, se determinó que el costo de materiales del proyecto disminuye de **2, 310,147.39 CUC** hasta **1, 417,457.00 CUC** y el costo proyecto se redujo a **\$1, 518,690.20 CUC**.
- Se caracterizó el sistema eléctrico de la planta y se realizó el estudio de las cargas instaladas en las subestaciones previendo las cargas futuras que se instalarán en la planta de Lixiviación y Lavado.
- Se seleccionó el equipamiento que se instalará en la nueva subestación y se actualizó el diagrama monolineal con las nuevas cargas a instalar.
- Tomando en consideración que el tiempo de amortización de la propuesta de rediseño eléctrico es de **1.74 años** por lo que se considera viable el proyecto propuesto.
- El ahorro anual que se obtiene es de **(871271.56 CUC)** lo que corresponde a **(12535.56 MW)** de potencia, lo que representa un porcentaje significativo en materia de gestión energética acorde con las exigencias del “Año de la Revolución Energética en Cuba”.

RECOMENDACIONES

- Utilizar los datos de este proyecto y el esquema monolineal para realizar la nueva subestación para los turboareadores de planta de Lixiviación y Lavado.
- Realizar un estudio del sistema de arranque de los motores que influyen en las pérdidas del sistema.
- Realizar un estudio similar al realizado en este trabajo a las restantes subestaciones de la empresa con el objetivo de reajustar la carga instalada.
- Utilizar la presente tesis como material de estudio de la especialidad de Ingeniería Eléctrica.

Bibliografía:

1. BEEMAN, D.; [et al]. *Industrial Power Systems Handbook*. Instituto del Libro, La Habana: 1969. 971 pág.
2. CHAN, LONG, D.; Análisis Estructural para la valoración del suministro. Editorial Electricidad. 1997
3. CHERNOBROVOV, N.; Protective Relaying, Moscú, Mir. 1974. 1789.
4. ESCALON A.; Entrenamiento en Pararrayos, Sistema de Tierra y Protección Eléctrica. La Habana y Varadero. Junio 26,2000
5. FEDOSEEV, A. M.; Protección Por Relés De Los Sistemas Eléctricos, Moscú. [sn], 1984. 743 pág.
6. KOSTENKO y PIOTROVSKY, L.; Maquinas Eléctricas *Tomo 1*. 1982.
7. KOSTENKO y PIOTROVSKY, L.; Maquinas Eléctricas *Tomo 2*. 1982
8. Manual del Alumbrado. Camaguey: Talleres De La Universidad De Camaguey, 1987. 255 pág.
9. MASON, C.R.; *The Art And Science Of Protective Relaying*. La Habana: Pueblo y Educación, 1975. 585 pág.
10. MAZORRA, S. J.; Suministro Eléctrico Industrial. La Habana: Ministerio de Educación Superior, 1986. 282 pág.
11. Manual de Operaciones. Planta de Lixiviación y Lavado. Empresa Cmdte. Ernesto Ché Guevara
12. Power Factor Application Guide .1998.
13. Power Systems. Reactive Power compensación.
14. Protecciones Eléctricas En Sistemas Industriales. La Habana: Ministerio de Educación Superior, 1987. 326 pág
15. RODRÍGUEZ LÓPEZ, E.; Suministro Eléctrico De Empresas Industriales. La Habana
16. STEVENSON, D. W.; Análisis De Sistemas Eléctricos De Potencia. Edición Revolucionaria. Pueblo y Educación, 1980. 1990. 341 – 398 pág.

17. TORRES BREFFE, O. E.; Conferencia 2, Dispositivos de Protección, ISMM, Moa. 2000. 17 pág.
18. TORRES BREFFE, O. E.; Conferencia 6, Protección de Redes Eléctricas de Transmisión y Sub-transmisión, ISMM. 2000. 14 pág.
19. TORRES BREFFE, O. E.; Seminario 4, Protección Para Motores Eléctricos, ISMM, Moa. 2000. 13 pág.
20. TORRES BREFFE, O. E.; Seminario 5, Protección Para Transformadores, ISMM, Moa. 2000. 17 pág.
21. TORRES BREFFE, O. E.; Clase Práctica 8, Protección Para Transformadores, ISMM, Moa. 2000. 18 pág.
22. TORRES BREFFE, O. E.; Protección Modernos, ISMM, Moa. 2005. 16 pág.

Sitios WEB visitados.

www.monografias.com

www.worldenergia.com

www.energeticaXXL.com

www.KYBER.cl

www.ABB.com

www.ipSCO.com

www.ISPJAE.cu

www.GE/product.com

www.alcion.es

www.elprisma.com

Datos de las cargas de la Subestación 1TP-1

| Motores | Voltaje (kw) | Potencia (kW) | Corriente Nominal (A) | cos | Eficiencia | Velocidad (r.p.m) |
|----------|-----------------|------------------|--------------------------|------|------------|----------------------|
| AGI-124 | 0.44 | 22 | 32,5 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| AGI-125 | 0.44 | 22 | 32,5 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| AGI-126 | 0.44 | 22 | 32,5 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| AGI-127 | 0.44 | 22 | 32,5 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| BO-05A | 0.44 | 60 | 96 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-05B | 0.44 | 60 | 96 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-05C | 0.44 | 60 | 96 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-05D | 0.44 | 60 | 96 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-111A | 0.44 | 40 | 63 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-111C | 0.44 | 40 | 63 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-112A | 0.44 | 40 | 63 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-112C | 0.44 | 40 | 63 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-121I | 0.44 | 110 | 173 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-122A | 0.44 | 40 | 63 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-122C | 0.44 | 40 | 63 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| BO-123A | 0.44 | 40 | 63 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-123C | 0.44 | 40 | 63 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-133A | 0.44 | 40 | 63 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-133C | 0.44 | 40 | 63 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-134A | 0.44 | 40 | 63 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-134B | 0.44 | 40 | 63 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-134C | 0.44 | 40 | 63 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-140-E | 0.44 | 4 | 9 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-140F | 0.44 | 18,5 | 26 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| BO-140J | 0.44 | 110 | 173 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-146B | 0.44 | 18,5 | 26 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| BO-202B | 0.44 | 110 | 173 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-202C | 0.44 | 110 | 173 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| SD-109A | 0.44 | 5,5 | 11 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| SD-109B | 0.44 | 5,5 | 11 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| SD-109C | 0.44 | 5,5 | 11 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| SD-120A | 0.44 | 5,5 | 11 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| SD-120B | 0.44 | 5,5 | 11 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| SD-120C | 0.44 | 5,5 | 11 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| SD-131A | 0.44 | 5,5 | 11 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| SD-131B | 0.44 | 5,5 | 11 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| SD-131C | 0.44 | 5,5 | 11 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| SD-201A | 0.44 | 5,5 | 11 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| SD-201B | 0.44 | 5,5 | 11 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| SD-216A | 0.44 | 5,5 | 11 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| SD-216B | 0.44 | 5,5 | 11 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| SD-221B | 0.44 | 5,5 | 11 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| TA-01C | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| TA-02C | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| TA-101A | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-102A | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-103A | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-103C | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| TA-104A | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-104C | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| TA-105A | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |

| | | | | | | |
|---------|------|-----|------|------|------|------|
| TA-105C | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-106A | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-106C | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-107A | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-107C | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| TA-108A | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-108C | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| TA-113A | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-113C | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-114A | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-114C | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-115A | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-115C | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-116A | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-116C | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-117A | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-117C | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-118A | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-118C | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-119A | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-119C | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-124A | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-124B | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-125A | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-125B | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-126A | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-126B | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-127A | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-127B | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-128A | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-128B | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| TA-129A | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-129B | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-130A | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-130B | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TK-231 | 0.44 | 7,5 | 13,5 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| TK-232 | 0.44 | 7,5 | 13,5 | 0.82 | 0.91 | 1200 |

3841

6051

Datos de las cargas de la Subestaciones 1TP-2 y 1TP-4

| Motores | Voltaje (kV) | Potencia (kW) | Corriente nominal (A) | cos | Eficiencia | Velocidad |
|---------|--------------|---------------|-----------------------|------|------------|-----------|
| BO-01A | 0.44 | 121 | 194 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| BO-01B | 0.44 | 121 | 194 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-01C | 0.44 | 121 | 173 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| BO-02A | 0.44 | 121 | 194 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| BO-02B | 0.44 | 121 | 194 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-02C | 0.44 | 121 | 194 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| BO-03A | 0.44 | 121 | 194 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| BO-03B | 0.44 | 121 | 194 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-03C | 0.44 | 121 | 194 | 0.82 | 0.91 | 1800 |

| | | | | | | |
|---------|------|-----|-----|------|------|------|
| BO-04A | 0.44 | 90 | 142 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| BO-04B | 0.44 | 90 | 142 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| BO-04C | 0.44 | 90 | 142 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| BO-05B | 0.44 | 60 | 96 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-06A | 0.44 | 110 | 173 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-06B | 0.44 | 110 | 173 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-06C | 0.44 | 110 | 173 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-06D | 0.44 | 110 | 173 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-06E | 0.44 | 110 | 173 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| BO-010A | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 3500 |
| BO-013 | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 3500 |
| BO-110A | 0.44 | 110 | 173 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| BO-110B | 0.44 | 110 | 173 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| BO-110C | 0.44 | 110 | 173 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| BO-110D | 0.44 | 110 | 173 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| BO-111A | 0.44 | 40 | 63 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-111B | 0.44 | 40 | 63 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-111C | 0.44 | 40 | 63 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-112A | 0.44 | 40 | 63 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-112B | 0.44 | 40 | 63 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-121A | 0.44 | 110 | 173 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| BO-121B | 0.44 | 110 | 173 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| BO-121C | 0.44 | 110 | 173 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| BO-121D | 0.44 | 110 | 173 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| BO-122B | 0.44 | 40 | 63 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| BO-123B | 0.44 | 40 | 63 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| BO-123C | 0.44 | 40 | 63 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-132A | 0.44 | 110 | 173 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| BO-132B | 0.44 | 110 | 173 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| BO-132C | 0.44 | 110 | 173 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| BO-133B | 0.44 | 40 | 63 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| BO-134C | 0.44 | 40 | 63 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-140B | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| BO-140C | 0.44 | 30 | 53 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| BO-140D | 0.44 | 15 | 26 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| BO-143D | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| BO-147B | 0.44 | 30 | 49 | 0.82 | 0.91 | 3500 |
| BO-401 | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| BO-402 | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| BO-403 | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| BO-404 | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| BO-405 | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| BO-406 | 0.44 | 110 | 173 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| BO-407 | 0.44 | 110 | 173 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| BO.-011 | 0.44 | 75 | 113 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| BO140A | 0.44 | 45 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-101B | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-102B | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-103B | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-104B | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-105B | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-106B | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-107B | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-108B | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |

| | | | | | | |
|----------|------|----|----|------|------|------|
| TA-113B | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-113C | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-114B | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-114C | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-115B | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-115C | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-116B | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-116C | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-117B | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-118B | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TA-119 B | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TN-01A | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TN-01B | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TN-01C | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TN-02A | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TN-02B | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| TN-02C | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |

Datos de las cargas de la Subestación 1TP-3

| Motores | Voltaje (kW) | Potencia (kW) | Corriente Nominal (A) | cos | Eficiencia | Velocidad |
|---------|--------------|---------------|-----------------------|------|------------|-----------|
| BO-014A | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| BO-014B | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| BO-015A | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| BO-015B | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| BO-016A | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| BO-016B | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| BO-139B | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-145B | 0.44 | 11 | 19 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| BO-202A | 0.44 | 75 | 113,5 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| BO-203A | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-203B | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-204A | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-204B | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| BO-207A | 0.44 | 75 | 113,5 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| BO-207B | 0.44 | 110 | 173 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-207C | 0.44 | 110 | 173 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-208A | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-208B | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-209A | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-209B | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-212A | 0.44 | 110 | 173 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-212B | 0.44 | 110 | 173 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-212C | 0.44 | 110 | 173 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-213A | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-213B | 0.44 | 55 | 94 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-214A | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-214B | 0.44 | 55 | 94 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-217A | 0.44 | 110 | 173 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-217B | 0.44 | 110 | 173 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-217C | 0.44 | 110 | 173 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-218A | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |

| | | | | | | |
|----------|------|-----|-------|------|------|------|
| BO-218B | 0.44 | 55 | 94 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-219A | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-219B | 0.44 | 90 | 142 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| BO-222A | 0.44 | 110 | 173 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-222B | 0.44 | 75 | 113,5 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| BO-222C | 0.44 | 110 | 173 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-223A | 0.44 | 90 | 142 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| BO-223B | 0.44 | 90 | 142 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| BO-224A | 0.44 | 90 | 142 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| BO-224B | 0.44 | 90 | 142 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| BO-231A | 0.44 | 132 | 208 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| BO-231B | 0.44 | 132 | 208 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| BO-232 A | 0.44 | 132 | 208 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| BO-232B | 0.44 | 132 | 208 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| BO-235A | 0.44 | 110 | 173 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-235B | 0.44 | 110 | 173 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-236B | 0.44 | 22 | 35 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| BO-236C | 0.44 | 30 | 49 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| BO144B | 0.44 | 11 | 19 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| BO144C | 0.44 | 11 | 16 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| BO236A | 0.44 | 22 | 37 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| FIT-148A | 0.44 | 12 | 22 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| FIT-148B | 0.44 | 12 | 22 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| MEC ELEV | 0.44 | 2,2 | 3,6 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| MECA ELE | 0.44 | 2,2 | 3,5 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| SD-233 | 0.44 | 4 | 8 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| SD-234 | 0.44 | 5,5 | 11 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| V-1 | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| V-2 | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| V-3 | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| V-4 | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1730 |

Datos de las cargas de la Subestación 1TP-17

| Motores | Voltaje (V) | Potencia (kW) | Corriente (A) | cos fi | Eficiencia | RPM |
|---------|-------------|---------------|---------------|--------|------------|------|
| AG-148 | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| BO-014B | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| BO-015B | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| BO-016A | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| BO-016B | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| BO-139B | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-149B | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| BO-203A | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-204A | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-208A | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-209A | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-212A | 0.44 | 110 | 173 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-212C | 0.44 | 110 | 173 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-213A | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-213B | 0.44 | 55 | 94 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-214A | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-214B | 0.44 | 55 | 94 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-217B | 0.44 | 110 | 173 | 0.82 | 0.91 | 1200 |

| | | | | | | |
|----------|------|-----|-------|------|------|------|
| BO-218A | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1800 |
| BO-218B | 0.44 | 55 | 94 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-219A | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-219B | 0.44 | 90 | 142 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| BO-222B | 0.44 | 75 | 113.5 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| BO-222C | 0.44 | 110 | 173 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-223A | 0.44 | 90 | 142 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| BO-223B | 0.44 | 90 | 142 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| BO-224A | 0.44 | 90 | 142 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| BO-231A | 0.44 | 132 | 208 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| BO-231B | 0.44 | 132 | 208 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| BO-232 A | 0.44 | 132 | 208 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| BO-232B | 0.44 | 132 | 208 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| BO-235A | 0.44 | 110 | 173 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| BO-235B | 0.44 | 110 | 173 | 0.82 | 0.91 | 1200 |
| V-1 | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| V-2 | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| V-3 | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| V-4 | 0.44 | 55 | 86 | 0.82 | 0.91 | 1730 |
| SD-235 | 0.44 | 132 | 208 | 0.82 | 0.91 | 1730 |

Anexo6

ANEXOS ALUMBRADO

Tabla 1. Letras para la clasificación de los locales con arreglo a sus dimensiones.
(General Electric Co.)

| ALTURA DE TECHO, M | | | | | | | | | | |
|--|--------------------|--------------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|---|
| Luz semiindirecta o indirecta | 2,70 | 3,00 | 3,60 | 4,20 | 5,10 | 6,30 | 7,50 | 9,30 | 11,10 | |
| | a | a | a | a | a | a | a | a | a | a |
| | 2,85 | 3,45 | 4,05 | 4,95 | 6,00 | 7,20 | 9,00 | 10,80 | 15,00 | |
| Altura de las lámparas sobre el suelo, m | | | | | | | | | | |
| Luz directa y semidirecta | 2,10 | 2,40 | 2,70 | 3,00 | 3,60 | 4,20 | 5,10 | 6,30 | 7,50 | |
| | a | a | a | a | a | a | a | a | a | a |
| | 2,25 | 2,55 | 2,85 | 3,45 | 4,05 | 4,95 | 6,20 | 7,20 | 9,00 | |
| Ancho del local, m | Largo del local, m | Letra - índice del local | | | | | | | | |
| (5,00 – 12,60) | 5,50 – 12,60 | A | B | C | C | E | F | G | H | I |
| | 12,60 – 18,00 | A | B | B | C | D | E | F | G | H |
| | 18,00 – 27,00 | A | A | B | C | D | D | E | F | G |
| | 27,00 – 42,00 | A | A | B | C | D | D | E | F | F |
| | 42,00 – 60,00 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

Tabla 2 Coeficientes de reflexión de superficies de color.

| COLOR | COEFICIENTE DE REFLEXIÓN EN % | COLOR | COEFICIENTE DE REFLEXIÓN EN % |
|--------------|-------------------------------|-------------|-------------------------------|
| Blanco liso | 75 – 85 | Verde claro | 40 – 50 |
| Marfil | 70 – 75 | Gris | 30 – 50 |
| Ante | 60 – 70 | Azul | 25 – 35 |
| Amarillo | 55 – 65 | Rojo | 15 – 20 |
| Marrón Claro | 45 – 55 | Marrón | 10 – 15 |
| | | Oscuro | |

Tabla 3. Coeficientes de conservación y de utilización de las guarniciones para lámparas de mercurio y de incandescencia.
(General Electric Co.)

| N ^o . | CURVA FOTOMÉTRICA | GUARNICIONES TÍPICAS | COEFICIENTE DE CONSERVACIÓN EN CONDICIONES MEDIAS % | COEFICIENTES DE REFLEXIÓN | | | | | | | | |
|-------------------------|---|---|---|---------------------------|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | | | Techo | 75 % | | | 50% | | | 30 % | |
| | | | | Paredes | 50 % | 30 % | 10 % | 50 % | 30 % | 10 % | 30 % | 10 % |
| | | | | Letra del local | Coeficiente de utilización (%) | | | | | | | |
| Luz directa concentrada | | | | | | | | | | | | |
| 4 |  |  Pantalla de vidrio prismático o especular | 75 | <i>J</i> | 34 | 29 | 24 | 34 | 29 | 24 | 28 | 24 |
| | | | | <i>I</i> | 42 | 38 | 34 | 42 | 37 | 33 | 37 | 33 |
| | | | | <i>H</i> | 46 | 43 | 39 | 45 | 42 | 39 | 42 | 39 |
| | | | | <i>G</i> | 50 | 47 | 43 | 49 | 46 | 43 | 45 | 42 |
| | | | | <i>F</i> | 53 | 50 | 46 | 52 | 49 | 46 | 48 | 45 |
| | | | | <i>E</i> | 58 | 55 | 51 | 57 | 54 | 51 | 53 | 51 |
| | | | | <i>D</i> | 62 | 59 | 56 | 61 | 58 | 56 | 58 | 56 |
| | | | | <i>C</i> | 64 | 61 | 58 | 63 | 60 | 58 | 60 | 58 |
| | | | | <i>B</i> | 67 | 65 | 63 | 66 | 64 | 62 | 63 | 61 |
| | | | | <i>A</i> | 69 | 67 | 65 | 67 | 66 | 64 | 65 | 63 |

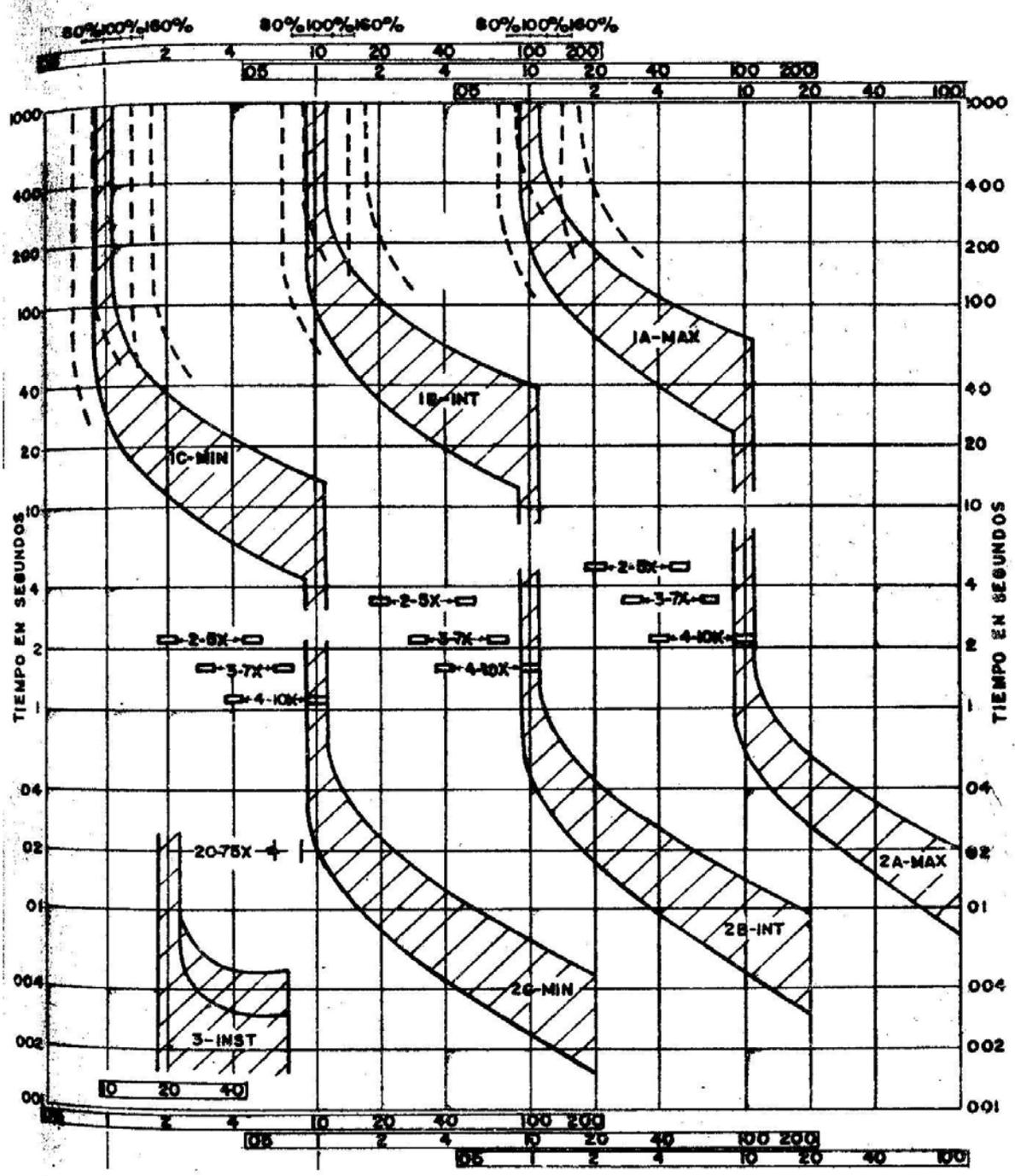


Tabla 5.- Coeficientes de apantallamiento para electrodos verticales y horizontales.

| | Relación S/L | | | | | |
|----------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 1 | | 2 | | 3 | |
| Electrodos en circulo o polígono | | | | | | |
| n | N _V | N _H | N _V | N _H | N _V | N _H |
| 3 | 0,75 | 0,50, | 0,77 | 0,60 | 0,88, | 0,75 |
| 5 | 0,69 | 0,45 | 0,75 | 0,55 | 0,85 | 0,70 |
| 6 | 0,62 | 0,40 | 0,73 | 0,48 | 0,80 | 0,64 |
| 8 | 0,58 | 0,36 | 0,71 | 0,43 | 0,78 | 0,60 |
| 10 | 0,55 | 0,34 | 0,69 | 0,40 | 0,76 | 0,56 |
| 20 | 0,47 | 0,27 | 0,64 | 0,32 | 0,71 | 0,45 |
| 30 | 0,43 | 0,24 | 0,60 | 0,30 | 0,68 | 0,41 |
| 50 | 0,40 | 0,21 | 0,56 | 0,28 | 0,66 | 0,37 |
| 70 | 0,38 | 0,20 | 0,54 | 0,26 | 0,64 | 0,35 |
| 100 | 0,35 | 0,19 | 0,52 | 0,24 | 0,62 | 0,35 |
| Electrodos en línea recta | | | | | | |
| 2 | 0,85 | 0,82 | 0,90 | 0,90 | 0,95 | 0,95 |
| 3 | 0,78 | 0,80 | 0,86 | 0,92 | 0,91 | 0,95 |
| 4 | 0,74 | 0,77 | 0,83 | 0,89 | 0,88 | 0,92 |
| 5 | 0,70 | 0,74 | 0,81 | 0,86 | 0,87 | 0,90 |
| 6 | 0,63 | 0,71 | 0,77 | 0,83 | 0,83 | 0,88 |
| 10 | 0,59 | 0,62 | 0,75 | 0,75 | 0,81 | 0,82 |
| 15 | 0,54 | 0,50 | 0,70 | 0,64 | 0,78 | 0,74 |
| 20 | 0,49 | 0,42 | 0,68 | 0,56 | 0,77 | 0,68 |
| 30 | 0,43 | 0,31 | 0,65 | 0,46 | 0,75 | 0,58 |