



República de Cuba
Ministerio de Educación Superior
Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa
“Dr. Antonio Núñez Jiménez”
Facultad de Metalurgia Electromecánica
Departamento de Eléctrica

Trabajo de Diploma

En Opción al Título de Ingeniero Eléctrico

Título: *Remodelación de las redes a 34,5 kV en la ciudad de Moa.*

Autor: *Rafael Ángel Pérez Sosa*

Tutores: *Ing Antonio Gutiérrez Silva*
M.Sc. Ing. Gabriel Hernández Ramírez

Moa – 2011
“Año 53 de la Revolución”

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Yo Rafael Ángel Pérez Sosa:

Autor de este trabajo de Diploma y los tutores Ing Antonio Gutiérrez Silva, M.Sc. Ing. Gabriel Hernández Ramírez declaramos la propiedad intelectual de este servicio del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa para que disponga de su uso cuando estime conveniente.

Rafael Ángel Pérez Sosa
Autor

Ing Antonio Gutiérrez Silva
Tutor

Msc. Ing. Gabriel Hernández Ramírez
Tutor

PENSAMIENTO

"Debemos preocuparnos por prestar servicios con eficiencia y óptima calidad, y simultáneamente producir al nuevo hombre que construye y crea la nueva Sociedad Socialista, que es el hombre que produce, sirve, dirige, controla y supervisa. Hace falta tener control y supervisión para prestar servicios con eficiencia...."

Ernesto Ché Guevara.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a todas aquellas personas que me han apoyado, y que con su esfuerzo, amor y dedicación han hecho posible que este sueño se haga realidad en especial a mi esposa Belsy Guerrero Mora y a mi hijo Ángel Gabriel Pérez Guerrero.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar y con todo mi corazón a mi madre Juana Francisca Sosa Olivera y Sara Leyva Justis por el sacrificio y la confianza depositada en mí para que pudiese llegar a lo que soy hoy, a mi hermano Ever Gongora por el apoyo brindado, a mi esposa Belsy Guerrero y mi hijo Ángel Gabriel por la paciencia ,amor y dedicación que me ofrecieron durante tanto tiempo ,a los amigos que contribuyeron a que este sueño fuese realidad, a mi familia y a todos aquellos que dejaron de existir y que llevo presente en cada paso de mi vida

Agradezco a Eliosmar y los demás compañeros de aula por toda la ayuda que me brindaron.

Agradezco a todos mis profesores y en especial a mis tutores M.Sc. Ing. Gabriel Hernández Ramírez y el Ing. Antonio Gutiérrez Silva por sus conocimientos brindados para alcanzar el éxito de este trabajo

Agradezco a Dios por haber nacido en esta Revolución Socialista y a nuestro eterno Comandante Fidel Castro Ruz por darme la oportunidad de forjarme como persona culta y preparada en la especialidad de ingeniería eléctrica

Muchas Gracias a todos.

RESUMEN

El presente trabajo constituye una actualización de los esquemas de las seis redes de subtransmisión a 34,5 kV que le brindan servicio eléctrico a los diferentes objetivos económicos de aseguramiento a la industria así como al sector residencial, partiendo de la necesidad de reubicar las dos grandes subestaciones de Punta Gorda y Moa por la creación de una nueva subestación asociada al Fuel que alimentará a la Planta de Ferroníquel. Para la región de Moa se hizo un levantamiento a cada circuito, se valoró la trayectoria que recorren, se identificaron las principales deficiencias, estado constructivo, cargas que alimentan y sus esquemas de operación. Con los resultados obtenidos y cumpliendo con las exigencias del estudio de desarrollo existente en la empresa provincial se realizó la propuesta de las trazas de las redes que interconectarán a la nueva subestación con las redes existentes.

ABSTRACT

The present research constitutes an upgrade of the scheme of the six nets of subtransmission to 34,5 kV that it give electric service to the different economic objectives of insurance to the industry as well as to the residential sector, starting from of the necessity of relocating the two big substations of Punta Gorda and Moa for the creation of a new substation associated to the Fuel that will feed to the Plant of Ferroníquel. For the region of Moa a rising was made to each circuit, the trajectory was valued that travel, the main deficiencies were identified, constructive state, you load that feed and their operation outlines. With the obtained results and fulfilling the demands of the study of existent development in the provincial company was carried out the proposal of the appearances of the nets that it will interconnect to the new substation with the existent nets.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1 MARCO TEÓRICO METODOLÓGICO	3
1.1. GENERALIDADES DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN Y SUBTRANSMISIÓN .	3
1.2. DEMANDA MÁXIMA PARA LA SELECCIÓN DE TRANSFORMADORES	12
1.2.1. CONEXIONES DE TRANSFORMADORES	12
1.2.2. GRUPOS DE CONEXIÓN SEGÚN EL DESPLAZAMIENTO ANGULAR	15
1.3. FALLOS EN LA RED.....	18
1.3.1. CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO	18
1.3.2. CLASES DE CORTOCIRCUITOS.	20
1.3.3. CÁLCULO DE LA INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO (ICC).	20
1.4. SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN, INTERRUPTORES Y CONDUCTORES.	21
1.4.1. INTERRUPTOR AUTOMÁTICO DE POTENCIA.....	21
1.4.2. CÁLCULO DE LA SECCIÓN DE UN CONDUCTOR:.....	22
1.4.3. DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN.....	23
1.4.4. TIPOS DE INTERRUPTORES.	26
1.4.5. FUSIBLES.	27
1.4.6. PARARRAYOS.....	27
CAPITULO 2 SISTEMAS DE REDES DE SUBTRANSMISIÓN.....	31
2.1. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA ELECTROENERGÉTICO NACIONAL (SEN).....	31
2.2. CARACTERIZACIÓN DEL MUNICIPIO.	33
2.3. CIRCUITO 6150 MOA COMBINADO MECÁNICO.....	36
2.4. CIRCUITO 6155 MOA BOMBEO POTABILIZADORA	37
2.5. CIRCUITO 6160 MOA NUEVA.....	40
2.6. CIRCUITO 6515 MOA PASTEURIZADORA	41
2.7. CIRCUITO 6520 MOA VIVIENDAS CHECAS	43
2.8. CIRCUITO 6525 MOA SAGUA FRANK PAÍS	44
CAPÍTULO 3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	46
3.1. VARIANTE DE SOLUCIÓN DE LAS REDES DE SUBTRANSMISIÓN A 34,5 KV EN MOA.	46

3.1.1. MOA COMBINADO MECÁNICO 6150	46
3.1.2. MOA RUSKY, BOMBEO, POTABILIZADORA 6155	46
3.1.3. MOA MOA NUEVA 6160	47
3.1.4. MOA PASTEURIZADORA 6515	47
3.1.5. MOA VIVIENDAS CHECAS 6520	47
3.1.6. MOA SAGUA 6525	48
3.2. CARGABILIDAD DE CADA CIRCUITO DE SUBTRANSMISIÓN Y PRONÓSTICO DE LA DEMANDA.	48
3.3. RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LOS NUEVOS CIRCUITOS	50
3.4. INVERSIONES NECESARIAS	50
3.5. VALORACIÓN ECONÓMICA	51
CONCLUSIONES GENERALES	54
RECOMENDACIONES	55
BIBLIOGRAFÍA	56
ANEXOS	58

INTRODUCCIÓN

En el Complejo Energía-Combustible la forma de energía más versátil es, indudablemente, la energía eléctrica, lo que está dado por la facilidad de su uso en cualquier proporción, su accesibilidad y posibilidad de conversión, de manera relativamente sencilla, a otros tipos de energía. A ello es preciso agregar la facilidad de su transportación económica a grandes distancias, todo lo que le ha dado, desde la época de su primera implementación práctica, una preferencia indiscutible y un lugar sin competencia en la vida que llamamos moderna, por lo cual es preciso, para brindar una eficiente distribución de los servicios eléctricos y hacer un aprovechamiento máximo de los recursos con que contamos, seleccionar apropiadamente los diferentes dispositivos a utilizar y realizar una correcta conexión de los mismos, teniendo en cuenta las normas de diseño y demás acciones y parámetros necesarios para su buen funcionamiento.

Cuba, realiza grandes esfuerzos para garantizar que los proyectos y convenios de trabajo con otros países se ejecuten en los periodos pactados, con la nueva industria de procesamiento de mineral (Ferroníquel) existe la necesidad de crear un suministro eléctrico seguro y eficiente que garantice un proceso productivo de forma estable por lo que nos damos a la tarea de planificar diferentes acciones constructivas y de mejoras en las subestaciones y redes eléctricas que permitirán asumir el desarrollo industrial y continuar ofreciendo un servicio eléctrico ininterrumpido a los objetivos económicos y sociales.

Situación problemática

Como consecuencia de la construcción de la nueva planta de Ferroníquel y la Batería Fuel asociada se reubican las dos grandes subestaciones de Moa y Punta Gorda lo que origina la necesidad de enlazar la nueva subestación con las redes de subtransmisión a 34,5 kV existentes.

Problema

No existe un esquema que defina las trazas de los circuitos de subtransmisión a 34,5 kV requiere actualmente la ciudad de Moa así como sus conexiones a las nuevas redes remodeladas.

Hipótesis

Si se remodelan las redes de 33 kV partiendo desde la nueva subestación se podrá seguir brindando un servicio a la ciudad de forma más eficiente y confiable reduciendo las pérdidas y permitiendo los enlaces de los circuitos.

Objetivo General

Definir las trazas de las redes de subtransmisión a 34,5 kV con el mínimo de costo y con los parámetros de operación dentro de las normas establecidas.

Objetivos Específicos

1. Caracterizar el sistema de redes de subtransmisión a 34,5 kV.
2. Obtener esquemas monolineales actualizados con la nueva ubicación de los desconectivos de enlaces entre circuitos que permitan una operación del SEN con eficiencia.
3. Proponer variante de solución, con el mínimo costo teniendo en cuenta las limitaciones que nos impone el coto minero y la ciudad de Moa.

Resultados esperados.

1. Identificar las redes de 33 kV que necesitan mantenimiento y pequeñas inversiones para cumplir con los requerimientos exigidos.
2. Recursos necesarios por cada circuito de subtransmisión con su costo aproximado

CAPÍTULO 1 MARCO TEÓRICO METODOLÓGICO

En el presente capítulo se establece el marco teórico de la investigación que da paso al desarrollo del trabajo.

1.1. Generalidades del sistema de Transmisión y subtransmisión

Un sistema de transmisión y subtransmisión de energía eléctrica es un conjunto de equipos que permiten energizar en forma segura y confiable un número determinado de cargas, a distintos niveles de tensión, ubicados generalmente en diferentes lugares. A las redes se acoplan un gran número de sub-centrales receptoras que permiten el proceso de transformación de la energía según las necesidades de los clientes.

Los principales datos de los sistemas eléctricos son la tensión nominal, la frecuencia nominal y su comportamiento en caso anormales de operación.

La calidad de la energía en los Sistemas Eléctricos de Potencia, se mide por el comportamiento del voltaje, frecuencia y la fiabilidad del servicio que se asocia con una continuidad del suministro a los consumidores.

Elementos de una red de subtransmisión

Un circuito de Subtransmisión está formado por diferentes elementos que en su conjunto posibilitan el suministro de energía eléctrica a las diferentes subestaciones transformadoras y de ellas a los consumidores. Para que la energía pueda llegar a los consumidores sin ninguna dificultad se necesita la interconexión de varios elementos que forman como tal un circuito de subtransmisión y distribución.

Conductores

En la selección de conductores se consideran varios factores principales. Entre ellos se pueden citar:

- Corriente admisible
- Flexibilidad
- Materiales
- Configuraciones

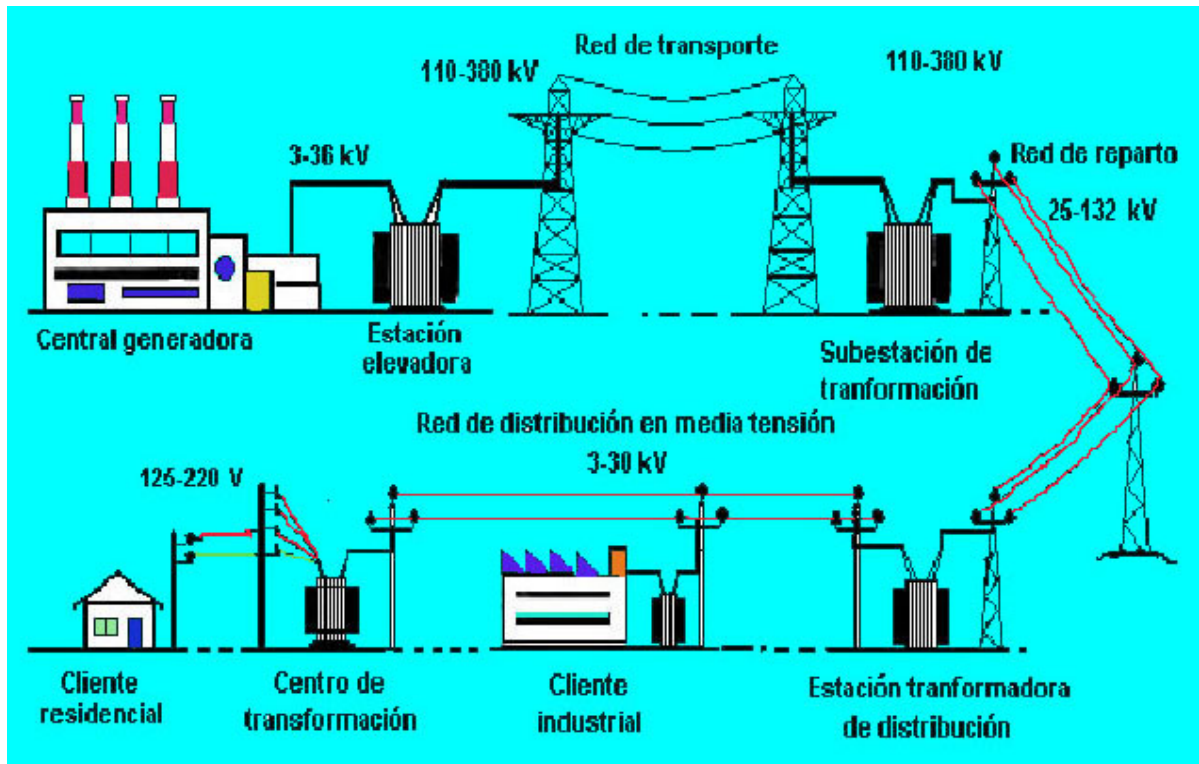


Figura 1.1 Esquema de un sistema de suministro eléctrico

Corriente admisible

Se trata de seleccionar los conductores por la corriente que es capaz de soportar en operación normal

La sección de los conductores, por una parte depende de:

- a. Su coste, que constituye siempre un capítulo de gran importancia.
- b. Su resistencia eléctrica, que provoca la energía perdida en ellos por efecto Joule
- c. La caída de tensión que tanto influye en el buen funcionamiento de los receptores.

Además, la sección de los conductores ha de ser adecuada a la intensidad de la corriente prevista, para impedir una elevación de temperatura peligrosa.

Cualquiera que sea la naturaleza del conductor (cobre, aluminio, etc.) sus condiciones de enfriamiento dependen del modo de estar instalado (desnudo, cubierto, aéreo, subterráneo, etc.) y por tanto, también de ello depende la cantidad de calor desarrollada por efecto Joule para que alcance el conductor la temperatura máxima admisible, o lo que es lo mismo, la sección mínima que puede tolerarse para un valor dado de la corriente.

Pero, si bien no debemos darle una sección inferior, sí podemos darle una mayor, ya sea con el fin de disminuir la pérdida de energía hasta el valor conveniente, para que la economía resultante de la explotación e instalación sea máxima, o bien atendiendo a que la caída de tensión no pase de un cierto límite, compatible con el buen funcionamiento de los receptores.

Materiales

Los materiales más usados como conductores eléctricos son el cobre y el aluminio, aunque el primero es superior en características eléctricas y mecánicas (la conductividad del aluminio es aproximadamente un 60% de la del cobre y su resistencia a la tracción es de un 40%), las características de bajo peso y menor costo del aluminio, han dado lugar a un amplio uso tanto para conductores desnudos como aislados. También se construyen conductores de aluminio reforzado con acero para dar una mayor fortaleza al elemento

Flexibilidad

La flexibilidad de un conductor se logra de dos maneras, recociendo el material para suavizarlo o aumentando el número de hebras que lo forman. La operación de reunir varios conductores se denomina cableado y da lugar a diferentes flexibilidades, de acuerdo con el número de hebras que lo forman, el peso o longitud del torcido de agrupación y el tipo de cable.

Configuraciones

Los conductores pueden tener varias configuraciones,

El conductor circular compacto: En este tipo de conductor, las hebras que lo constituyen tienen diferentes secciones, de modo de aprovechar mejor el espacio. Con esta construcción, se obtiene un conductor de menor diámetro y peso, que un conductor concéntrico, comparando una misma sección de cobre. Esto significa estructuras mas livianas en tendidos aéreos o productos de menor diámetro en tendido subterráneo.

El conductor sectorial: En este tipo de conductor las hebras se agrupan para ocupar un sector circular equivalente a un tercio de circunferencia. Esta forma de construcción se emplea en la fabricación de cables trifásicos.

El cable anular: Consiste en alambres trenzados helicoidalmente, en capas concéntricas, sobre un núcleo que puede ser una hélice metálica.

El conductor segmental: Este conductor esta formado por tres o cuatro segmentos, aislados entre si por una delgada capa de aislante, todo trenzado en conducto. Los segmentos se conectan en paralelo. El conductor tiene algunas ventajas en el orden dimensional, ya que se consigue una sección menor y más económica que los conductores anulares.

Comparando los cables conductores sectoriales, con los equivalentes de conductores redondos, se tiene que los primeros presentan las siguientes ventajas:

- Menor diámetro.
- Menor peso.
- Costo más bajo.

Pero tienen en cambio estas desventajas:

- Menor flexibilidad.
- Mayor dificultad en la ejecución de uniones.

La mayoría de los cables utilizados en líneas de transmisión y Subtransmisión, son concéntricos y están formados por 7 - 12 - 19 - 37 - 61 - 91 - 127 hebras.

Postes

Los postes son estructuras utilizadas en las redes de transmisión, subtransmisión y distribución, en las subestaciones, para ubicar instrumentos de medición y sobre todo para soporte de las líneas. Estos pueden estar contruidos tanto de hormigón armado como de madera.. La mayoría de los utilizados en la subtransmisión poseen alturas de 10,7 y 12,2 m de alto y están situados a distancias desde 10 y 15 m en subestaciones y en las líneas hasta una máxima de 80 a 100 m según las características del terreno. .

Los postes para las líneas de subtransmisión se clasifican en:

- Postes de 10,7 m de alto contruidos con hormigón armado.
- Postes de 10,7 m de alto contruidos de madera.
- Postes de 12,2 m de alto contruidos de madera

Obsérvese en el anexo las características de diferentes tipos de postes utilizados en las redes de subtransmisión

La elección del tipo de poste depende del lugar en el cual vaya a ser emplazado, en el área rural y en sitios donde el acceso es difícil se usan postes de madera tratada y en el área urbana en sitios donde se deban colocar postes intermedios dentro de una red eléctrica, se usan postes de hormigón armado conjuntamente con postes de madera.

Tanto en los postes de hormigón como de madera se utilizan estructuras para el soporte de las líneas eléctricas y son clasificadas en estructuras de tipo A, B, C, D, E y variantes excéntricas de estas mismas, como se pueden ver a continuación.

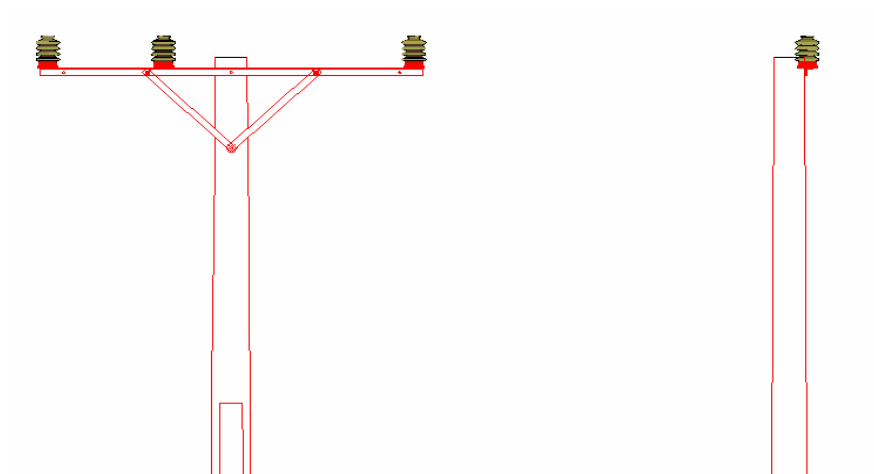


Figura 1.2 Estructura tipo A

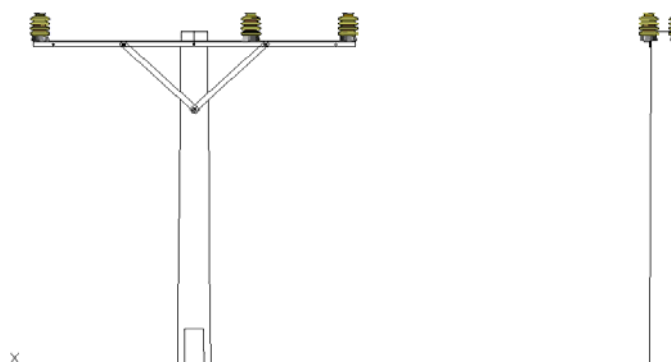


Figura1.3 Estructura tipo B

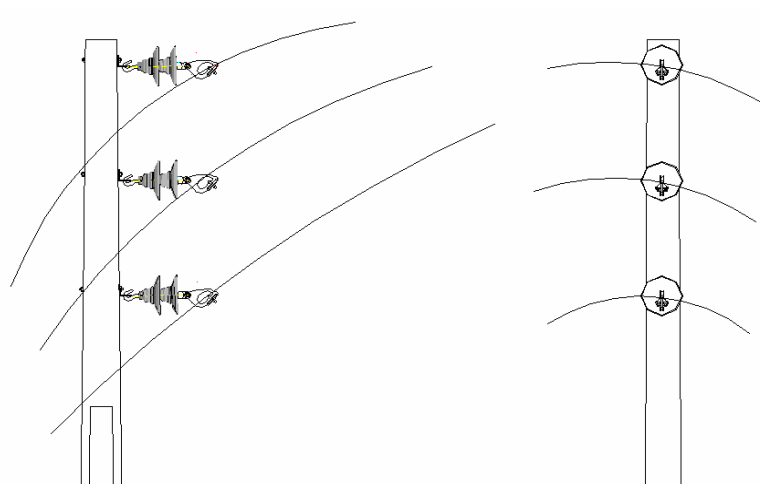


Figura 1.4 Estructura tipo C

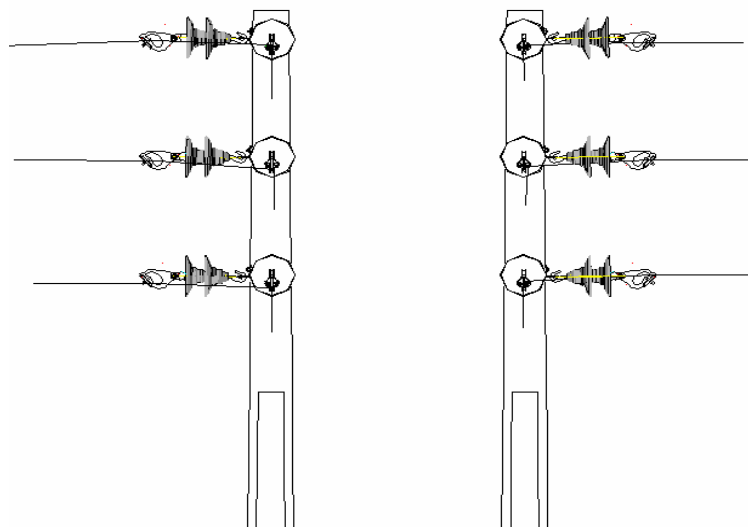


Figura 1.5 Estructura tipo D

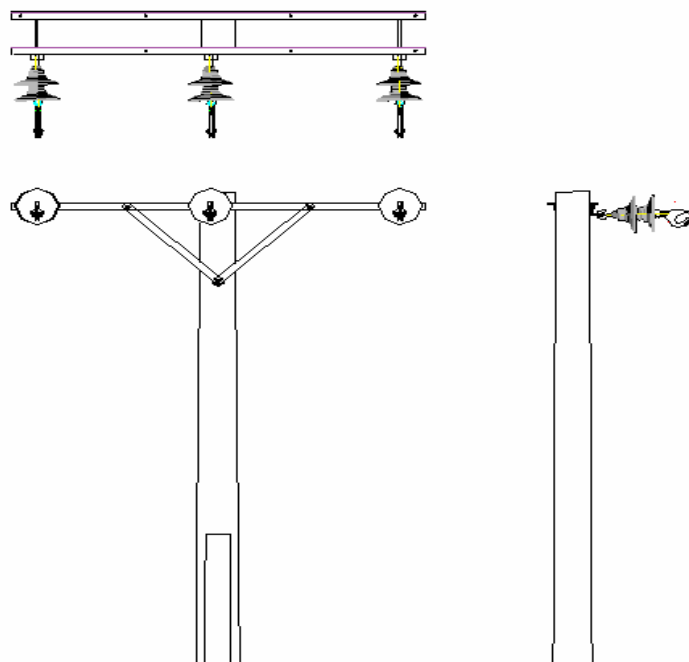


Figura 1.6 Estructura tipo E

Ejemplos de combinaciones de estructuras aplicadas según las características del terreno.

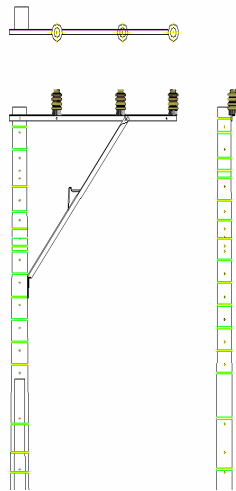


Figura 1.7 Estructura tipo A excéntrica

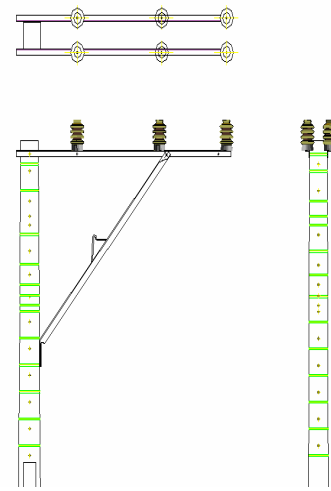


Figura 1.8 Tipo B excéntrica

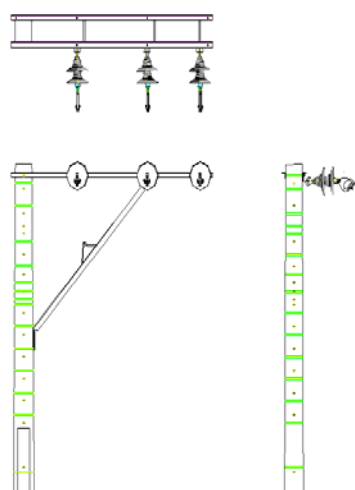


Figura 1.9 Tipo E excéntrica

Aislamiento

Los aisladores son elementos de las redes eléctricas capaces de mantener aislados los conductores eléctricos y partes conductoras del resto de las estructuras permitiendo la continuidad de la corriente eléctrica sin fugas.

Transformador trifásico

Los transformadores constituyen unos de los elementos de gran importancia de los sistemas eléctricos por tal motivo se les presta una priorizada atención en cuanto a: Regímenes de trabajo y Mantenimientos.

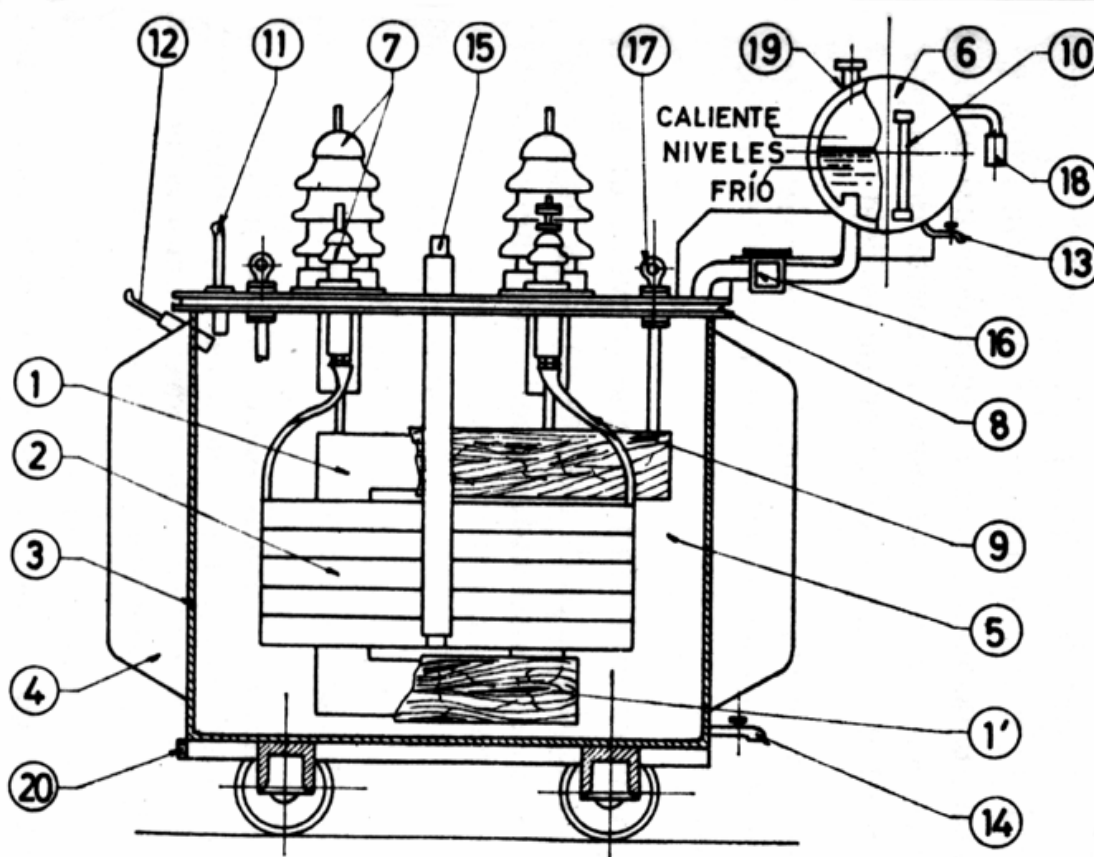


Figura 1.10 Esquema constructivo de un transformador

1 – Núcleo	7 - Aisladores (BT y AT)	15 - Cambio tensión
1' - Prensaculatas	8 - Junta	16 - Relé Buchholz
2- Devanados	9 – Conexiones	17 - Cáncamos transporte
3 - Cuba	10 - Nivel aceite	18 - Desecador aire
4 - Aletas refrigeración	11 - 12 Termómetro	19 - Tapón llenado
5 - Aceite	13 - 14 Grifo de vaciado	20 - Puesta a tierra
6 - Depósito expansión		

1.2. Demanda máxima para la selección de transformadores

Todas las cargas individuales no están funcionando necesariamente a su plena potencia nominal ni necesariamente al mismo tiempo. Los factores k_u y k_s permiten la determinación de las demandas máximas de potencia y de potencia aparente requeridas en la realidad para poder dimensionar la instalación.

1.2.1. Conexiones de transformadores

La conexión de transformadores en paralelo se hace necesaria debido a los incrementos de la demanda que superan la capacidad existente o cuando los requerimientos de confiabilidad y continuidad de operación lo exigen, este es el caso, que si un transformador falla, el otro continuará alimentando la carga sin interrupción. Cuando la demanda de energía se reduce temporalmente, resulta más económico operar un transformador pequeño cerca de su límite de capacidad a plena carga que un transformador mayor a capacidad reducida.

Por lo que, cuando la demanda energética es muy fluctuante resulta mas provechoso la instalación de dos o más transformadores en paralelo que utilizar un transformador de gran capacidad. En estas condiciones el sistema es más flexible porque tiene la posibilidad de agregar una parte de los transformadores en paralelo cuando sea necesario.

Dos transformadores trifásicos operarán en paralelo si tienen el mismo arreglo en los devanados (por ejemplo, Y-Delta), están conectados con la misma polaridad, tienen la misma rotación de fase y su desplazamiento angular es el mismo.

La mínima condición que se le debe exigir a dos transformadores para que trabajen adecuadamente en paralelo es que tengan la misma relación de transformación:

$$K = \frac{U_1}{U_2} \quad (1.1)$$

Donde:

K - es la relación de transformación.

U_1 - es la tensión nominal del devanado primario.

U_2 - es la tensión nominal del devanado secundario.

Para conectar dos transformadores en paralelo, los diagramas de tensión deben, coincidir. Por supuesto, es necesario que los dos transformadores tengan impedancia, capacidad nominal y frecuencia similares. La división de la corriente de carga, en proporción a las capacidades de kVA de los transformadores en paralelo está determinada por la igualdad de sus voltajes nominales, relación de vueltas en los devanados, porcentaje de impedancias y relaciones de su reactancia a su resistencia.

Si estas condiciones no se cumplen, las corrientes de carga no se pueden dividir proporcionalmente en las capacidades nominales de kVA de los transformadores, y puede surgir una diferencia de fase entre las corrientes.

En el caso de transformadores trifásicos también es condición indispensable que tengan el mismo índice horario, es decir que pertenezcan al mismo grupo de conexión.

Si los dos transformadores no tienen la misma relación de transformación (k), circulará una corriente entre ambos en vacío, de tal manera que sus tensiones secundarias sean iguales. La corriente circulatoria será tanto más elevada, cuanto más diferentes sean las relaciones de transformación, y las pérdidas que produce se evitarían si las relaciones de transformación fueran iguales, estará limitada en magnitud solamente por las impedancias de los devanados primario y secundarios es decir, por las impedancias de cortocircuito.

$$I_i = \frac{\Delta E}{Z_{kI} + Z_{kII}} \quad (1.2)$$

Por ejemplo, sean dos transformadores de 34,5/13,8 kV conectados a una red de 34,5kV.

En vacío, con sus secundarios no conectados en paralelo, se tendrían unas tensiones secundarias de 13,8 kV respectivamente. Conectando sus secundarios en paralelo se fuerza que las tensiones secundarias sean iguales, para lo cual aparece una intensidad circulatoria entre ambos, dejando de estar en vacío, aunque no alimenten ninguna carga.

Si las relaciones de transformación de ambos transformadores son iguales, las tensiones Thevenin son iguales. Recuérdese que la tensión de Thevenin representa la tensión del secundario del transformador en vacío:

$$\frac{U}{U_{th}} A = K \quad y \quad \frac{U}{U_{th}} B = Kt \quad (1.3)$$

y si los dos tienen igual relación de transformación y su primario conectado a la misma tensión, sus tensiones secundarias en vacío son iguales.

Teniendo en cuenta que la U_{thA} corresponde a la tensión de Thevenin del transformador A y U_{thB} corresponde a la tensión de Thevenin del transformador B.

En el circuito que resulta, la corriente circulatoria entre ambos transformadores es nula.

Con el acoplamiento correcto se desea que los dos transformadores lleguen a la vez a sus respectivas intensidades nominales. El acoplamiento correcto evita sobrecargas en los transformadores, ya que la intensidad y la potencia se reparten proporcionalmente a las intensidades nominales (es equivalente a un reparto proporcional a las potencias nominales, si las tensiones nominales son iguales).

Para simplificar la conexión de los transformadores en paralelo y evitar la necesidad de pruebas de polaridad, rotación de fase etc., el ANSI en su norma C 57. 12. 70-1964 (R-1971) uniforma las marcas y la conexión para transformadores de distribución y potencia. Los transformadores marcados según tal norma, pueden operar en paralelo por la simple conexión de terminales numeradas igualmente.

Por supuesto, esto es aplicable a los transformadores que tienen características similares como la relación de vueltas, impedancia, y desplazamiento angular, etc.

1.2.2. Grupos de conexión según el desplazamiento angular

Grupo 1 Desplazamiento angular de 0°	
Grupo 2 Desplazamiento angular de 180°	
Grupo 3 Desplazamiento angular de 30°	

Figura 1.11 Transformadores trifásicos sin derivación.

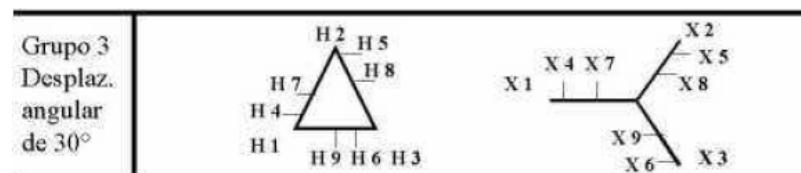


Figura 1.12 Transformadores trifásicos con derivación.

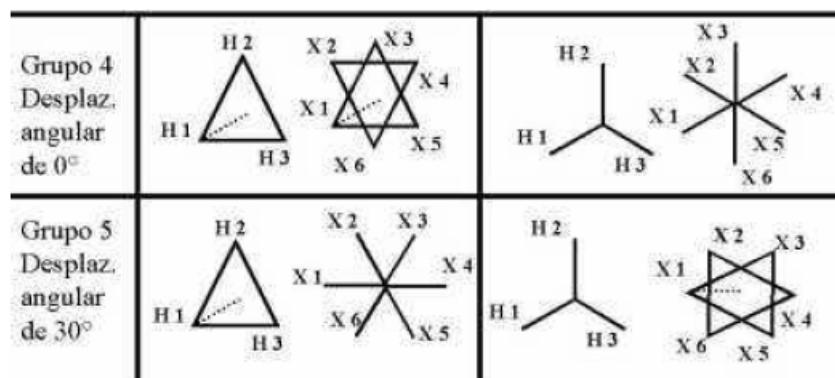


Figura 1.13 Transformadores de 6 fases sin derivación.

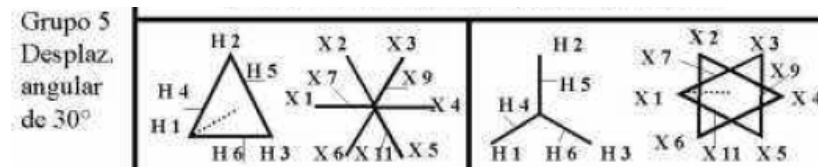


Figura 1.14 Transformadores de 6 fases sin derivación.

- **Conexión de los transformadores en estrella, triángulo y zigzag**

Tanto el primario como el secundario de un transformador trifásico se pueden conectar de tres formas:

Estrella (Y), triángulo (D) y zigzag (Z). Dependiendo de la forma de conexión, tendrá relaciones de transformación y propiedades diferentes.

La conexión en estrella permite tener el neutro accesible. La corriente de línea coincide con la corriente de cada devanado, es decir que $I_f = I_L$. Los devanados

soportan la tensión de fase. ($U_f = \frac{U_L}{\sqrt{3}}$)

En la conexión en triángulo no se puede tener neutro. La corriente de cada devanado es la de línea dividida por tres. Los devanados aguantan la tensión compuesta o de línea. Para igual tensión de línea e igual potencia, cada devanado debe tener $3 = 1.73$ veces más espiras que en estrella (la tensión de devanado es superior), pero de sección tres veces inferior (la intensidad de devanado es inferior). Luego la cantidad total de cobre es la misma. Por lo que se puede concluir que el transformador convierte tensión de un nivel a otro, pero no transforma potencia.

Para tener una conexión en zigzag hay que hacer dos bobinas iguales por fase, por las que circulará la intensidad de línea. Para igual tensión, hace falta un número de espiras $2/3 = 1.15$ veces más grande que en estrella, espiras de la misma sección. Se puede tener neutro accesible. Cada una de las dos bobinas de cada devanado soporta una tercera parte de la tensión compuesta o de línea.

En general, la conexión en triángulo se comporta bien frente a los desequilibrios que provoca la alimentación de cargas no simétricas, mientras que las conexiones en estrella presentan problemas, deformando la onda de tensión (aparecen armónicos de tensión). La conexión en zigzag representa una opción mejorada de la conexión

en estrella, y se comporta bien ante desequilibrios, aunque presenta el inconveniente de necesitar un 15% más de cobre. Permite también la creación de un neutro artificial.

Entonces:

- La conexión Y-Y se utiliza poco por los problemas mencionados.
- Las conexiones Y-D y D-Y funcionan razonablemente bien ante cargas desequilibradas, ya que el triángulo redistribuye parcialmente el desequilibrio entre las fases.
- La conexión D-D se comporta bien con cargas desequilibradas, aunque la ausencia de neutro resulta a veces un inconveniente si se utiliza para distribución. Si se trata de un banco trifásico tiene la ventaja de que se puede quitar un transformador para realizar operaciones de mantenimiento o reparación, mientras que los restantes pueden seguir trabajando.
- Las conexiones Y-Z y D-Z se emplean bastante en distribución por su excelente comportamiento frente a desequilibrios. La conexión en zigzag se encuentra siempre en el lado de baja tensión por la posibilidad de crear un neutro artificial. La conexión Y-Z es la opción mejorada de la Y-Y. En la siguiente figura se puede apreciar este tipo de conexión.

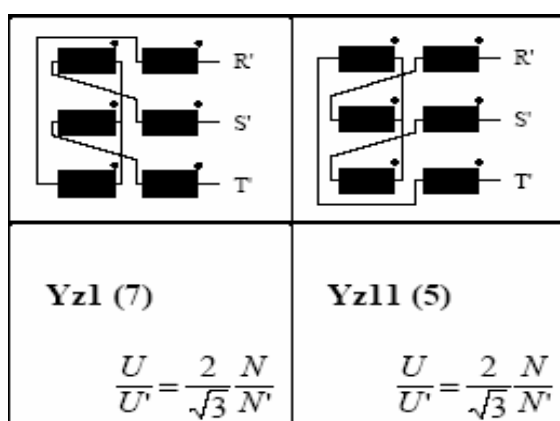


Figura. 1.15 Transformador trifásico con conexión estrella-zigzag y diagrama fasorial.

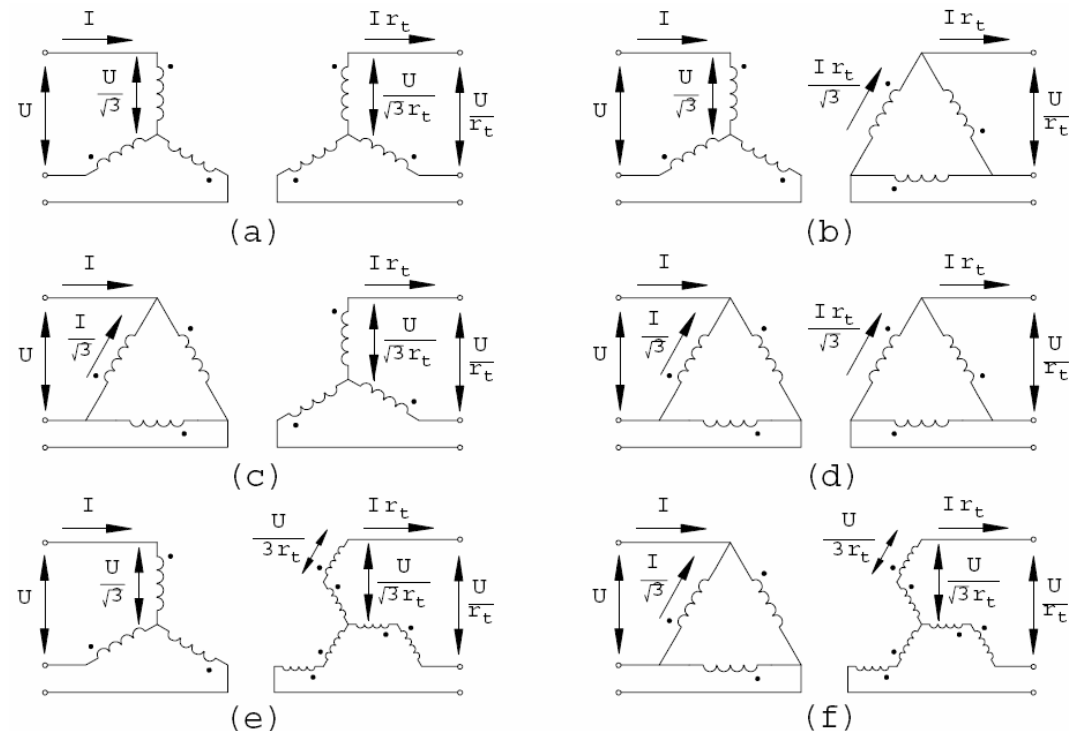


Figura 1.16 Conexiones usuales de los devanados de un transformador trifásico:

(a) estrella-estrella (Y-Y), (b) estrella-triángulo (Y-D), (c) triángulo-estrella (D-Y), (d) triángulo-triángulo (D-D), (e) estrella-zigzag (Y-Z), (f) delta-zigzag (D-Z).

1.3. Fallos en la red.

1.3.1. Corrientes de cortocircuito

Un cortocircuito es un fenómeno eléctrico que ocurre cuando dos puntos entre los cuales existe una diferencia de potencial se ponen en contacto entre sí, caracterizándose por elevadas corrientes circulantes hasta el punto de falla. [7]

Un cortocircuito es un camino por el cual se desvía la corriente, debido a que la resistencia que esta encuentra es menor que la del camino que ella usualmente recorre.[4]

Debido al constante incremento de producción de energía eléctrica, las corrientes de cortocircuitos, en los sistemas de transporte y distribución actuales alcanzan valores elevados, que en muchos casos pueden afectar gravemente las instalaciones.

La corriente de cortocircuito de una instalación eléctrica, en general va acompañada en el momento inicial, de fenómenos transitorios seguidos de una situación permanente.

Los efectos básicos del cortocircuito sobre la instalación se pueden resumir en dos:

- a) Efecto electrodinámico, debido a la fuerza que aparece en los conductores al ser atravesados por fuertes corrientes y estar bajo campo magnético. El campo magnético lo crea la misma corriente o bien la corriente que circule por los conductores vecinos de la misma o distintas fases. Esta fuerza es proporcional al cuadrado de la intensidad. La fuerza máxima se producirá, por tanto cuando la corriente tenga el valor máximo.
- b) Efecto térmico, debido al calor producido por la intensidad (Efecto Joule) y a la capacidad calorífica de la zona donde se haya producido. Dada la escasa duración del cortocircuito, normalmente inferior a 3s, puede afirmarse que no se produce transmisión de calor al medio que rodea al conductor. Puede tomarse como ecuación de equilibrio térmico aproximada la siguiente:

$$Q = R \cdot I^2 \quad (1.4)$$

$$Q = R \cdot I^2 \cdot \Delta t \quad (1.5)$$

Donde:

R = resistencia óhmica del conductor.

I = intensidad que circula por él conductor.

Δt = tiempo de duración del cortocircuito.

Q = capacidad calorífica del cable, que depende de su sección, clase de conductor (Cu o Al) y temperatura máxima admisible.

A partir de la ecuación de equilibrio podrá calcularse la intensidad de cortocircuito máxima que es capaz de soportar el cable. Además de los efectos anteriores, un cortocircuito produce una caída de tensión elevada, que a su vez puede dar lugar a desequilibrios de tensiones y corrientes en la red.

1.3.2. Clases de Cortocircuitos.

En las redes trifásicas y con neutro a tierra se pueden distinguir:

- Cortocircuito trifásico.
- Cortocircuito entre dos fases sin contacto a tierra, que afecta a dos fases cualesquiera.
- Cortocircuito entre dos fases con contacto a tierra, que afecta a dos fases y tierra.
- Cortocircuito entre fase y tierra, es el caso más normal en las líneas de alta Tensión.

Un cortocircuito equivale a una carga cuya intensidad solo viene limitada por la impedancia de la parte de red afectada.

1.3.3. Cálculo de la intensidad de cortocircuito (Icc).

El cortocircuito trifásico equivale a una carga simétrica de la red; por tanto el cálculo puede realizarse por fase como si se tratara de una línea normal. Los restantes cortocircuitos son asimétricos y tienen que calcularse por métodos difíciles por lo que se omitirá su resolución.

Los pasos a seguir para la resolución de Icc son los siguientes:

- 1º.- Determinar la impedancia total del tramo de línea afectada por el cortocircuito.
- 2º.- Determinar la Icc que permanece en el punto considerado.

La impedancia de la línea afectada por el cortocircuito estará formada por circuitos serie o paralelo, o mallas que habrán de resolverse y obtener la Z equivalente. Las componentes de la impedancia total serán la resistencia (Rcc) y reactancia (Xcc) de cortocircuito:

$$Z_{cc} = R_{cc} + jX_{cc} \quad (1.6)$$

$$Z = \sqrt{R_{cc}^2 + X_{cc}^2} \quad (1.7)$$

Normalmente las componentes Rcc y Xcc se expresan en Ω/km y suelen darse en los catálogos de fabricantes de cables.

El valor de la corriente de cortocircuito Icc se obtiene a partir de la fórmula:

$$I_{cc} = \frac{V_{fase}}{Z_{cc}} = \frac{V_L}{\sqrt{3} * Z_{cc}} \quad (1.8)$$

Donde:

V_L = tensión de línea (kV).

Z_{cc} = impedancia de cortocircuito por fase (Ω).

I_{cc} = Corriente de cortocircuito permanente (kA).

1.4. Selección de dispositivos de protección, interruptores y conductores.

La seguridad en el suministro de energía eléctrica desde la central al punto de consumo depende, en gran parte del grado de protección previsto en las subestaciones y líneas intermedias. Una línea eléctrica debe estar básicamente protegida contra sobre intensidades, cortocircuitos y sobretensiones.

1.4.1. Interruptor automático de potencia.

Dispositivo electromecánico de conexión capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes en condiciones normales del circuito, así como corrientes en condiciones anormales específicas del circuito.

Un Interruptor de potencia automático puede ser maniobrado además mediante relés que pueden ser (relé temporizador de máxima intensidad, relé térmico directo, relé electrónico de protección de líneas, etc.).

La principal función de un automático es asegurar la protección de los circuitos que alimenta. Aseguran igualmente las funciones de seccionamiento y de mando. La protección de los circuitos debe estar asegurada contra:

- Las sobrecargas: Esta función está realizada por la desconexión térmica mediante el bimetálico o de los relés estáticos a tiempo inversos e integrados en el automático.
- Los cortocircuitos: Esta función está realizada por el dispositivo magnético o por relés estáticos a tiempo constante, instantáneos o a corte retardado e integrados al automático:

En los casos donde es necesaria una protección contra los defectos de aislamiento, es posible asociar al automático un bloque detector de corrientes de fuga a tierra.

Las características eléctricas de estos elementos de protección varían en función del tipo de desconexión o del relé y del tipo de automático, en la siguiente figura aparecen distintas curvas de ajuste para estas protecciones.

Criterios de elección:

La elección del tipo de interruptor automático para la protección de una instalación en corriente continua depende esencialmente de los criterios siguientes:

- Intensidad nominal que permite elegir el calibre.
- Tensión nominal que permite determinar el número de polos en serie que deben participar en el corte.
- Intensidad de cortocircuito máxima en el punto de instalación que permite definir la potencia de corte.
- El tipo de red.

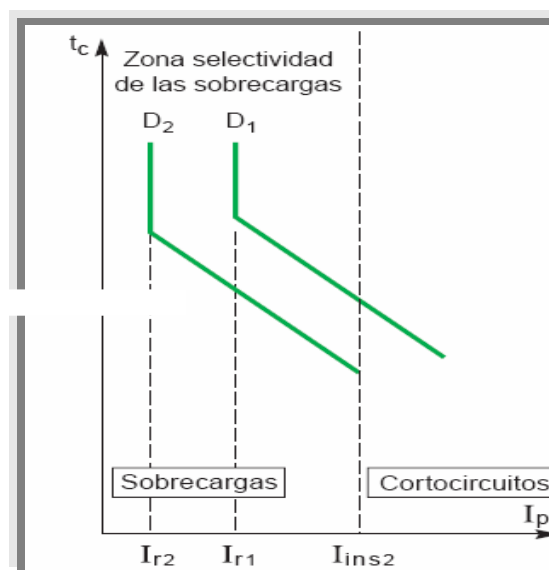


Figura. 1.17 Curvas de Operación de un Interruptor Automático.

1.4.2. Cálculo de la sección de un conductor:

La determinación reglamentaria de la sección de un cable consiste en calcular la sección mínima normalizada que satisface tres condiciones fundamentales:

- 2- **Criterio de la máxima intensidad admisible por calentamiento:** La temperatura del conductor del cable trabajando a plena carga a régimen permanente no deberá traspasar nunca la temperatura máxima admisible por los materiales aislantes de dicho cable. Esta suele ser 70 °C para cables con aislamientos termoplásticos y 90 °C para cables con aislamientos termoestables.
- 3- **Criterio de la caída de tensión:** La circulación de corrientes a través del conductor origina una pérdida de la potencia transportada por el cable, así como una caída de tensión entre su origen y extremo la cual debe ser inferior a límites establecidos en el “Reglamento Electrotécnico Cubano”.
- 4- **Criterio de la intensidad de cortocircuito:** La temperatura que puede alcanzar el conductor del cable como consecuencia de la ocurrencia de un cortocircuito no deberá traspasar nunca la temperatura máxima admisible por los materiales aislantes de dicho cable.

1.4.3. Dispositivos de protección

- **Relés de protección**

Los relés de protección son derivados de los dispositivos de medición, los cuales por su funcionamiento rápido y automático, hacen posible la ejecución de la acción de “proteger”.

Los relés de protección deben responder a diversas exigencias:

- Consumo propio reducido.
- Sensibilidad.
- Capacidad de soportar cortocircuitos sin deformarse.
- Exactitud de los valores de funcionamiento.
- Indicación de los valores de funcionamiento mediante señales ópticas.
- Posibilidad de transmisión de los valores medidos para la indicación a distancia.

El funcionamiento general de los relés de protección es tal que, al sobrepasar o descender por debajo de un valor de la magnitud de acción para la cual ellos han sido instalados, provocan la desconexión del dispositivo de potencia que gobiernan.

- ***Tipos de relé de protección***

Según su funcionamiento los relés de protección pueden ser:

- Sobreintensidad.
- Mínima y máxima tensión.
- Vigilancia de contactos a tierra.
- Diferenciales.
- Distancia.

- ***Relé de intensidad.***

El aparato actúa cuando la corriente que circula sobrepasa la corriente de operación ajustada en él.

- El relé temporizado de sobreintensidad independiente: es la combinación de relés de tiempo y de intensidad, cuando se detecta una sobreintensidad se pone en funcionamiento el mecanismo de tiempo que es totalmente independiente de la magnitud de la intensidad.
- El relé temporizado de sobreintensidad térmico: este tipo de relé actúa al cabo de unos segundos de producirse la sobrecarga, disminuyendo el tiempo de disparo fuertemente al aumentar la intensidad.

- ***Relés de tensión.***

Su comportamiento es similar al relé de sobreintensidad no retardado, distinguiéndose dos tipos: de mínima y máxima tensión.

- El relé de mínima tensión actúa cuando la tensión de red disminuye a un valor que pudiera ser peligroso para los receptores (85 % de VL) y que persiste durante cierto tiempo.
- El relé de máxima tensión tiene la misión de evitar la elevación de la tensión de red a valores superiores al máximo previsible.
- El relé de vigilancia de la tensión trifásica se coloca en redes trifásicas para la vigilancia de las tres tensiones en relés de protección o contadores y así evitar

disparos o mediciones erróneas. Generalmente señalan fuertes descensos o la caída de una o varias tensiones.

- ***Relé de vigilancia de fallo a tierra.***

El relé de vigilancia de contacto a tierra tiene la misión de señalar inmediatamente, en redes sin puestas a tierra del punto estrella, los contactos a tierra que se presenten en la red. Los dispositivos de extinción de contactos a tierra disminuyen la corriente en los puntos de contacto a tierra a una medida no perjudicial, evitando poner inmediatamente fuera de servicio las partes de la línea afectadas por el contacto a tierra.

- ***Relé diferencial.***

Tiene la misión de detectar la corriente de defecto de una línea por comparación de las corrientes en sus dos extremos captadas por medio de transformadores de intensidad. Cuando la comparación de corrientes se hace de dos líneas en paralelo, se llama relé diferencial transversal.

- ***Relé de distancia.***

Es un dispositivo que actúa al producirse cortocircuitos en las líneas durante un tiempo que resulta proporcional a la distancia donde se haya producido dicho defecto. Este tipo de protección es el más generalizado en líneas de media y alta tensión.

- ***Protección contra sobrecorrientes.***

Este tipo de protecciones suele utilizarse como medida de precaución para evitar el paso de intensidades superiores a las nominales, con el consiguiente peligro para el aislamiento, por causas térmicas. Naturalmente este exceso de intensidad es siempre muy inferior a la corriente de cortocircuito, utilizándose para su prevención dispositivos térmicos o magnéticos, similares a los utilizados en las protecciones de motores. También pueden utilizarse fusibles, como dispositivos para interrumpir el

paso de sobrecorrientes. Además puede conseguirse una protección eficaz de sobreintensidades con seccionadores en carga combinado con fusibles de apertura rápida y relés térmicos.

1.4.4. Tipos de interruptores.

- ***Interruptor de potencia de alta tensión.***

Los interruptores de potencia de alta tensión se utilizan en las redes de suministro de energía eléctrica para unir o separar partes de dichas redes, bien sea en condiciones normales de servicio o en caso de averías. En el caso de producirse avería, el interruptor ha de separar las partes defectuosas de las redes, a ser posible en el mismo instante de producirse. Las redes están vigiladas por relés de protección, que en caso de detectar un cortocircuito envían un impulso de desconexión a los interruptores correspondientes. Es interesante que los relés realicen una protección selectiva, es decir, que eliminen de ser posible solamente la parte de línea comprendida entre dos interruptores. En las maniobras de servicio, las intensidades que han de cortar los interruptores pueden llegar hasta algunos miles de amperes; sin embargo en las desconexiones por cortocircuito, las intensidades alcanzan valores muy elevados (150 000 A para media tensión). La elección del interruptor para un caso determinado depende principalmente de su potencia de ruptura, que es la mayor potencia de cortocircuito que puede desconectar dicho interruptor y suele expresarse en MVA.

- ***Apertura de contactos de un interruptor de potencia.***

En los interruptores de C. A. no se interrumpe la corriente en un momento cualquiera, sino que se aprovecha el hecho de que dicha corriente pasa dos veces por cero dentro de cada período, es decir 100 veces cada segundo para una frecuencia. Si se intenta interrumpir repentinamente una intensidad muy elevada (miles de amperios), se producirían en la red sobretensiones muy elevadas, que además de perjudicar su aislamiento, formarían un arco entre los contactos abiertos del interruptor, anulando así la maniobra de apertura.

- **Interruptores de gas a presión.**

Como medio de extinción, utilizan normalmente aire comprimido depositado en un recipiente de acero, siendo el proceso de extinción independiente de la energía del arco y por tanto, de la corriente que debe interrumpirse. La cámara de ruptura de estos interruptores puede ser de tobera metálica o tobera de material aislante. En ambas, el arco se extiende al interior de una tobera en forma de anillo y es rodeado por el aire comprimido, que fluye a gran velocidad en dirección axial y transversal; normalmente es más utilizada la tobera metálica. Existen además los interruptores que emplean el Hexafluoruro de azufre (SF₆), de gran aplicación en las redes de subtransmisión y distribución.

1.4.5. Fusibles.

Los fusibles tienen la misión de interrumpir el paso de la corriente en un circuito al aparecer sobreintensidades o corrientes de cortocircuito. La interrupción se realiza por la fusión de un conductor fusible, que normalmente es hilo de plata, que rodea a un soporte aislante y va soldado a las caperuzas externas. Por el efecto de la arena de cuarzo, la extinción del arco se realiza rápidamente, limitando la amplitud del cortocircuito. Normalmente los fusibles de ALTA TENSIÓN vienen con dispositivos de señalización o disparo para facilitar la detección de averías.

1.4.6. Pararrayos.

En la elección de un pararrayos influyen considerablemente las características del tipo de instalación que ha de proteger. Entre los factores que se deben tener en cuenta se pueden citar: altura sobre el nivel del mar, frecuencias anormales, etc.

- **Pararrayos - autoválvula.**

Este aparato se compone básicamente de dos partes, el explosor y la resistencia variable unida a él en serie. Cuando la amplitud de una sobretensión supera la tensión de cebado del pararrayo, saltan arcos en el explosor y cierran el circuito de alta Tensión a tierra a través de las resistencias variables. La resistencia variable

está formada por un material conglomerado capaz de variar con rapidez su resistencia eléctrica, disminuyendo su valor cuando mayor sea la tensión aplicada y pasándolo a un elevado valor al reducirse la tensión. Se comporta pues, el aparato como una válvula, cerrada para la tensión nominal del sistema y abierta para las sobretensiones.

- ***Características de pararrayos - autoválvulas.***

La eficacia de un pararrayos estará en función de las siguientes características:

- Tensión nominal o tensión de extinción (VL): es el valor más elevado de la tensión eficaz a frecuencia industrial admisible entre bornes del pararrayos.
- Frecuencia nominal: es el valor de la frecuencia para la que está previsto el pararrayos.
- Tensión de cebado a frecuencia industrial: es el valor eficaz de la mínima tensión que aplicada entre bornes al pararrayos, provoca el cebado de los componentes adecuados del mismo.
- Tensión de cebado a la onda de choque: es el valor cresta de la tensión que aparece antes del paso de la corriente de descarga.
- Tensión residual: es la tensión que aparece entre el terminal de línea y el terminal de tierra de un pararrayos durante el paso de la corriente de descarga.
- Corriente de descarga: es la onda de corriente derivada a tierra por un pararrayos después de un cebado.

- ***Montaje de pararrayos.***

Los pararrayos - autoválvulas de Media Tensión (MT), solo pueden ofrecer una protección segura cuando se montan lo más cerca posible de las partes de instalación que han de protegerse, casi siempre de los transformadores. Es conveniente siempre mantener una resistencia de contacto a tierra lo más pequeña posible.

- **Sobretensiones.**

Sobretensión es toda tensión que puede poner en peligro la existencia o servicio de una instalación eléctrica. A su vez pueden ser de origen externo o interno.

- ***Sobretensiones externas.***

Tienen su origen en descargas atmosféricas, y una velocidad de propagación próxima a la velocidad de la luz (300000 Km / s). Normalmente las descargas se manifiestan en forma de ondas de frente escarpado, alcanzando su valor medio en el corto espacio de tiempo de 1µs (micro segundo) y disminuyendo el valor a cero en unos 100 µs.

Las sobretensiones de origen externo pueden ser de varios tipos

- Descarga directa sobre la línea; son las más importantes.
- Descargas entre nubes próximas a líneas (descarga inductiva).
- Descarga entre líneas y tierra (descarga indirecta).
- El efecto pantalla de las edificaciones (descarga reflejada).

- ***Sobretensiones internas.***

Tienen su origen en las variaciones de carga en una red, maniobras de desconexión de un interruptor, formación o cese de un fallo a tierra, corte de alimentación a un transformador en vacío, puesta en servicio de línea aérea o subterránea, etc.

- ***Sobretensiones de maniobra.***

Las principales sobretensiones de maniobra se deben a aperturas de interruptores, fusión de un fusible y desconexión de un transformador que funcione en vacío. Este tipo de sobretensiones, tanto por su larga duración como por su elevada frecuencia (M. F. o A. F.), influyen considerablemente a la hora de la elección de protecciones como el pararrayos.

- ***Sobretensiones de puesta a tierra.***

Se consideran solo las que forman parte de fenómenos transitorios producidos durante la puesta a tierra e interrupción de la misma. Los arcos que se producen son muy peligrosos y las sobretensiones pueden alcanzar valores de 3,1 veces la tensión nominal entre fases.

- ***Sobretensiones a la frecuencia de servicio.***

Son las originadas en las centrales eléctricas por causa de disminución bruscas de carga en la red que alimentan, al permanecer constante la excitación del alternador, provocando el embalamiento de la turbina. Las sobretensiones alcanzan valores del orden de 1,2 a 1,3 veces la tensión nominal.

- ***Sobretensiones de puesta en servicio de líneas.***

La puesta en servicio de una línea, aérea o subterránea (cable), origina una onda estacionaria de corta duración que normalmente se amortigua a lo largo de la red.

CAPITULO 2 SISTEMAS DE REDES DE SUBTRANSMISIÓN

2.1. Caracterización del sistema electroenergético nacional (SEN)

El Sistema Electro energético Nacional (SEN) le brinda servicio a un total de 11.4 millones de habitantes. La electrificación abarca el 96 % del país. Para esto, la Unión Eléctrica dispone de 14 Centrales Eléctricas principales, casi 7 000 km de Líneas de Transmisión de Alto Voltaje, más de 75 000 km de Líneas de Distribución, 131 Subestaciones de Alto Voltaje, 2 096 Subestaciones de Distribución y más de 120 000 transformadores de distribución.

Adicionalmente a las características anteriores, los Sistemas Eléctricos tienen las siguientes peculiaridades: Sus instalaciones son tecnológicamente complejas y de muy alto costo, por lo general requieren áreas extensas, grandes volúmenes de agua, sistemas complementarios de seguridad tecnológica y para la protección del medio ambiente, adecuado diseño para condiciones naturales adversas y extremas, facilidades para el abastecimiento y almacenaje de combustibles.

En el año 2009 se contaba una potencia disponible de 3263 MW , y hubo un consumo promedio en los días laborables de 2617 MW. Actualmente, nuestra generación base es la generación térmica, ocupando el 64 % , con 1366MW en generación. La generación de electricidad a partir de las nuevas plantas Diesel y fuel Oil están cada una con un 10 % de generación, aportando 239 y 723 MW respectivamente. La generación con gas GLP tiene el 15 % de generación de electricidad, aportando 295 MW . La generación a base de Diesel y fuel Oil o generación distribuida, se está empleando mayoritariamente en el horario pico para aportar energía a la red.

Estos equipamientos tienen bajos índices de consumo de combustible, así como bajos valores de insumos, están disponibles hasta un 90 % , tienen valores de potencia unitaria, cuya capacidad, en caso de avería, no tiene impacto en el SEN,

una de las más importante es su rápida entrada de capacidad de generación que se efectúa en cortos períodos de tiempo, reducción de pérdidas de subtransmisión y distribución, generación en subestaciones rurales y en los sistemas aislados, disminuye vulnerabilidad ante contingencias y reducción de emisiones contaminantes. Construir una central eléctrica puede tener un costo de hasta 1 millón de dólares por cada MW instalado. Una línea eléctrica de subtransmisión puede costar hasta 20 000 dólares por cada kilómetro de extensión. Por estas razones se dice que las inversiones eléctricas son intensivas en capital. Los plazos de construcción son por lo general largos. Construir una nueva unidad de generación eléctrica puede tomar entre 18 y 48 meses, dependiendo del lugar y la tecnología seleccionada.

En el trabajo hablaremos de los cambios a realizar en las redes radiales de subtransmisión del municipio de Moa a raíz de la necesidad de variar de lugar a las grandes subestaciones, creando un nuevo sistema que garantice un suministro eléctrico seguro y eficiente.

Actualmente estas redes a 34,5 kV son alimentadas de la subestación ubicada en centeno con dos transformadores de 25 MVA con características similares uno es Ruso y el otro Checoslovaco la razón de mantener un sistema radial y no a lazo ya que existe una diferencia de 300 Volt, al realizar cambios de derivaciones.

Las redes son soportadas en su mayoría por estructuras de hormigón, madera y en algunos casos en estructuras metálicas, según los herrajes que utilizan definen su clasificación.

Tipos de estructuras:

Estructura tipo A, B, C, D, E.

Entre ellas se realizan combinaciones según las condiciones que nos impone el terreno así como cambios de rumbos, cruzamientos de carreteras, caminos, ríos, elevaciones y las distancias entre estructuras: AE, ER, DR, DDR, EER.

En las redes en cuestión las que más utilizamos son las estructuras tipo A, B, C, E. por su economía y sencillez en el montaje.

Los conductores más utilizados son de aluminio y de cobre, que por la cercanía de las costa y la alta contaminación a son sometidas se ha decidido utilizar el Aluminio

AAAC 158 mm conductor con una mayor resistencia a estos factores que acortan la vida útil de los conductores eléctricos.

La conductividad del aluminio es aproximadamente un 60 % de la del cobre y su resistencia a la tracción es de un 40 %), las características de bajo peso y menor costo del aluminio han dado lugar a su amplio uso.

Para los trabajos a realizar hemos definido usar aislamiento con determinadas características entre los que se mencionan a continuación:

Aislador de pedestal para 55 kV.

Aislador de discos conformando ristras hasta alcanzar el aislamiento deseado aislando 55kV.

- Aisladores discos neblineros a 55 kV
- Aisladores de polímeros para 55 kV.

Desconectivos

Los desconectivos permiten realizar operaciones de cambios de esquemas, Vías libres para mantenimientos, seccionalizar averías, tienen características importantes que nos permiten clasificarlos en:

- Desconectivo de operación manual y acción conjunta) Interruptores en aires, que pueden operarse con el potencial de la línea pero sin cargas.
- Desconectivos de acción individual y operados con pértigas aislantes.

El sistema de redes de subtransmisión en el municipio se ha caracterizado por su operatividad desde los Despachos provinciales que los atienden por lo que ha constituido una necesidad incrementar los desconectivos en los diferentes circuitos para garantizar la continuidad del servicio eléctrico y continuar con los trabajos de reparación y mantenimiento.

2.2. Caracterización del municipio.

El municipio Moa limita al norte con el Océano Atlántico, al este y al sur con la provincia de Guantánamo y al oeste con los municipios de Sagua de Tánamo y Frank País. Su topografía es montañosa hacia el sur. Allí se encuentra parte del macizo Sagua-Baracoa. Es ondulada por el norte, parte que corresponde a la región costera.

Las montañas le permiten tener una red hidrográfica considerable. En Moa se encuentra una rica flora y fauna.

Su extensión territorial es de 731,957 km² que representa el 7,9 % del área total de la provincia con una población de 71712 habitantes que representa el 6,9 % de la población de la provincia con densidad de población de 98 habitantes/km², la población rural del municipio asciende a 10388 habitantes y la urbana a 61324 habitantes. En el territorio existen 20 asentamientos, todos están electrificados por alguna vía, por el SEN están 16, por tendederas del SEN hay 2 y por plantas quedan 2. De todos los asentamientos 5 pertenecen al plan turquino, de ellos 3 están electrificados por el SEN y 2 por planta. La extensión territorial del plan turquino es de 573 km².

La cabecera municipal constituye el principal asentamiento con un total de 56369 habitantes. El nivel de electrificación en el municipio es del 98,86 % considerando todas las fuentes. Electrificados en norma por el SEN tenemos el 90,83 % .

La infraestructura eléctrica es la siguiente:

57,008 km de LTE a 110 kV

96,041 km de líneas a 33 kV

175,266 km de líneas a 13,2 y 4,16 kV

107,501 km de líneas secundarias

Para un total de 435,816 km de líneas.

La fuente de energía eléctrica fundamental es la subestación Punta Gorda 220/110/34,5 kV sin carga por 33 kV por falta de regulación en el terciario, aunque en ocasiones se calienta la subestación de Quemado del Negro por aquí al estar en falla la 33 kV proveniente de Baracoa, esta 33 kV de Baracoa es uno de los dos circuitos a 110 kV que salen de Punta Gorda hacia Baracoa pero que retorna caliente a 33 kV, quedando Baracoa con una sola 110 kV .

Las salidas por 110 kV adicionales son un doble circuito a la planta Pedro Soto Alba y subestación Centeno 110/34,5 kV que alimenta el sistema de subtransmisión de Moa, un doble circuito a la planta Che Guevara y están previstos dos portales para la planta hoy definida como Ferroníquel.

De la subestación Centeno 110/34.5 kV salen 6 circuitos a 33 kV, uno es el enlace con Nicaro 110/34.5 kV en Sagua, otro calienta la subestación de distribución Viviendas Checas detrás del hotel Miraflores, otra calienta la subestación de distribución Moa Nueva, estas dos últimas subestaciones suministran casi toda la electricidad al sector residencial de la ciudad de Moa, el resto de las 33 kV calientan cargas no residenciales.

Existen dentro del municipio las subestaciones Cayo Chiquito de 50 kVA , Farallones de 660 kVA y Miraflores de 1 000 kVA para brindar servicio a asentamientos rurales y la anteriormente mencionada subestación de Quemado del Negro.

Las industrias fundamentales están servidas, en el caso de las plantas de níquel a 110 kV , y el resto por una o dos líneas a 33 kV .

Las principales cargas del municipio la constituyen las fábricas del níquel Pedro Soto Alba (PSA) con una demanda máxima de 5 MW y Ernesto Che Guevara (ECG) con una demanda máxima de 18 MW .

Los circuitos de subtransmisión a 33kV del municipio que analizamos en el trabajo tienen como característica que son circuitos radiales y basándonos en ello hacemos una comparación de la caída de tensión antes y después de aplicadas las inversiones tomamos como base la formula:

$$\Delta V = \frac{P * R + Q * x}{U} * L \quad (2.1)$$

ΔV - Caída de tensión

P - Potencia activa

R - Resistencia del conductor

Q - Potencia reactiva

x - Reactancia del Conductor

U - Tensión

L - Longitud del conductor.



El circuito de subtransmisión del interruptor 6150 tiene una longitud de 2.5 km . Parte desde la subestación en Centeno recorre parte trasera del reparto Cabañas hasta el reparto Armando Mestre y tiene conectada 1 subestación de dos transformadores de 10000 kVA para dar servicio a la carga del Combinado Mecánico.

No	NOMBRE	kVA	kV	MUNICIPIO
1	Combinado Mecánico	10000	10.5	Moa

Deficiencias.

Esta red de subtransmisión a 33 kV presenta deficiencias que deben ser corregidas a corto plazo, existe una sección de línea de 800 m ramal del combinado Mecánico con bajo calibre del conductor, estructuras en mal estado con aislamiento y herrajes afectados por la contaminación.

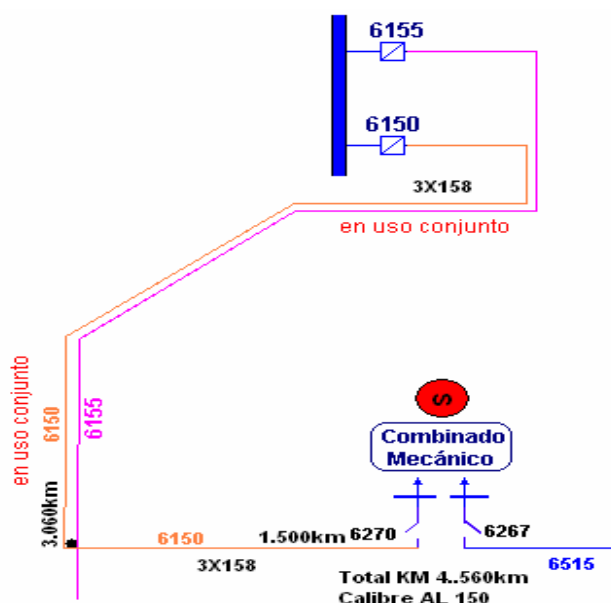


Figura 2.2 Esquema monolíneal del 6150

2.4. Circuito 6155 Moa Bombeo Potabilizadora

El circuito de subtransmisión del interruptor 6155 tiene una longitud de 17.10 km , Parte desde Subestación en Centeno paralela a la línea del 6150 recorre el frente de la fábrica Pedro Soto Alba a quién da servicio incluye la Mina y llega al ramal de la Veguita esta línea tiene conectadas 2 subestaciones, Potabilizadora con dos transformadores de 1000 kVA y el Bombeo Moa con dos transformadores de 2600 kVA, se extiende hasta el interruptor en aire 6826.

Tabla 2.2 Subestaciones alimentadas del interruptor 6155.

No	NOMBRE	kVA	kV	MUNICIPIO
1	Potabilizadora	1000	0.48	Moa
2	Bombeo Moa	2600	6.3	Moa

Deficiencias.

Esta red de subtransmisión tiene una sección de 2,6 km que corren frente al corredor de los gases de la fábrica Pedro Soto alba con alta contaminación provocando que se deteriore precozmente el aislamiento y los herrajes trayendo consigo que se altere el ciclo de mantenimientos.

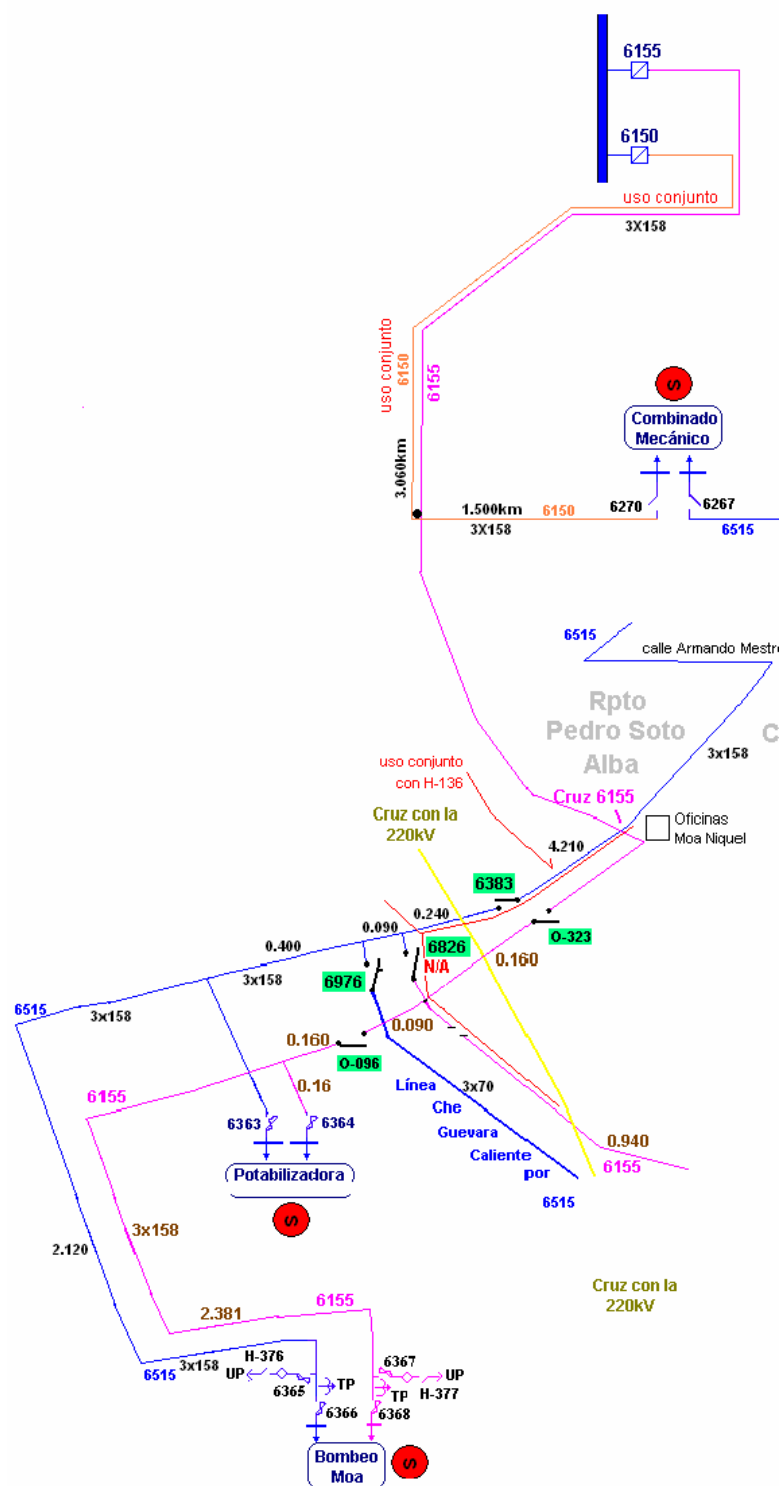


Figura 2.3 Esquema de la línea 6155

2.5. Circuito 6160 Moa Nueva

El circuito de subtransmisión del interruptor 6160 tiene una longitud de 2.0 Km, Parte de la subestación en Centeno recorre la avenida 1ro de mayo hasta la subestación Moa nueva frente a la OBE Municipal.

Tabla 2.3 Subestaciones Alimentadas del Interruptor 6160

No	NOMBRE	kVA	kV	MUNICIPIO
1	Moa Nueva	8000	13.8	Moa

Deficiencias.

Se detectó que los postes 12,20 m de madera frente al campamento de la expansión de la Moa níquel están en mal estado (podridos) sus crucetas y herrajes corroídos por la contaminación.

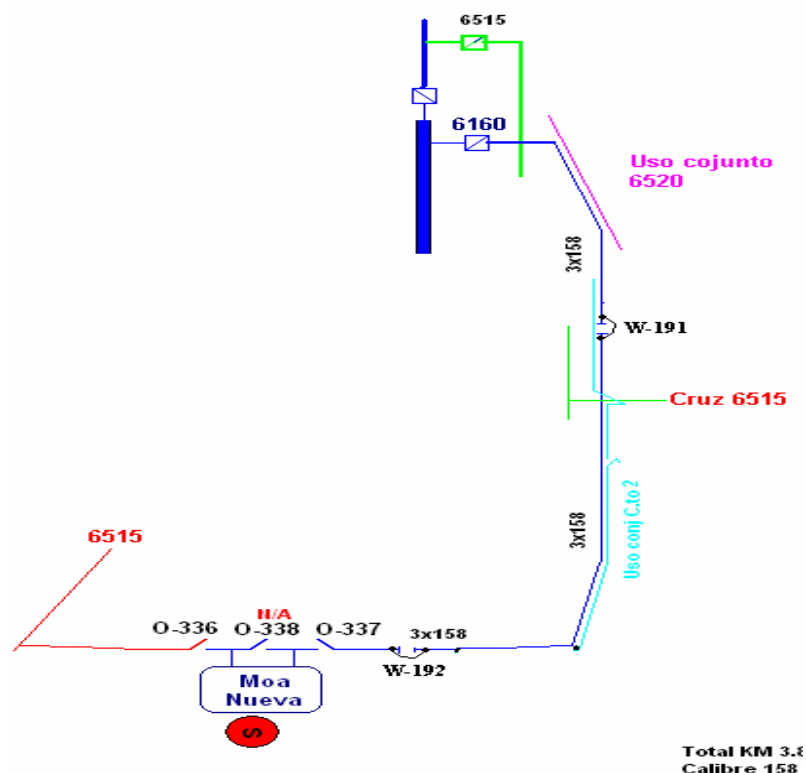


Figura 2.4 Esquema de la línea 6160

2.6. Circuito 6515 Moa Pasteurizadora

El circuito de subtransmisión del interruptor 6 515 tiene una longitud de 12,45 km Parte de la subestación de Centeno con cinco subestaciones de distribución que alimentan a objetivos económicos importantes entre los que mencionaremos a Combinado Mecánico Pasteurizadora, Ceproníquel, Punta Gorda ,Proyecto y una doble alimentación a Bombeo de Moa ,Moa Nueva y potabilizadora. En su recorrido llega a Ceproníquel pasando por detrás del IPU “Ñico López” cruza el reparto cabañas pasa por el frente de la fabrica Pedro Soto Alba y el alto de la Mina bajando hasta el bombeo de la fabrica Ernesto Che Guevara en la zona de la Veguita, se extiende hasta el 6976 y 6826.

Tabla 2.4 Subestaciones alimentadas del interruptor 6515.

No	NOMBRE	kVA	kV	MUNICIPIO
1	Combinado Mecánico	10000	10.5	Moa
2	Pasteurizadora	500	0.48	Moa
3	Ceproníquel	250	0.22	Moa
4	Bombeo de Moa	2600	6.3	Moa
5	Potabilizadora	1000	0.48	Moa

Deficiencias.

Esta red de subtransmisión desde la Veguita hasta la entrada al puente de la fábrica Ernesto Ché Guevara presenta una crítica situación con la alta contaminación y corrosión de sus herrajes sección de línea donde no se ha podido dar mantenimiento por no haber acceso al lugar ya que esta enmarcada en un área de explotación minera, 650 m del ramal del combinado lácteo y 4,2 km del ramal hacia la subestación de Punta gorda con bajo calibre del conductor ACCR 70 mm , dos estructuras tipo D en la zona de cabañas en mal estado, estos son postes de madera de una altura de 13,70 m que están podridos y se debe realizar cambio de aislamiento por alta contaminación .



2.7. Circuito 6520 Moa Viviendas Checas

El circuito del interruptor 6520 tiene una longitud de 4,8 km , recorre por la parte trasera del tanque de agua, recorre la base de transporte de la ESUNI, al lateral del ISMM hasta subestación Viviendas checas en el reparto Miraflores alimenta a la Expansión de Moa Níquel y Viviendas Checas.

Tabla 2.5 Subestaciones alimentadas del interruptor 6520.

No	NOMBRE	kVA	kV	MUNICIPIO
1	Expansión de Moa Níquel	2250	0.48	Moa
2	Viviendas Checas	4000	13.8	Moa

Deficiencias.

Esta red de subtransmisión tiene varios tenores en mal estado cerca de la base de transporte de la ESUNI hasta el ISMM, amarras sueltas, partidas y en mal estado, existe una sección de la línea de 34,5 kV que se cruza con el circuito 2 a 13,8 kV, existe una sección de línea que va desde las oficinas de transito hasta el ISMM sin efectuarle mantenimiento por ser una zona de difícil acceso.

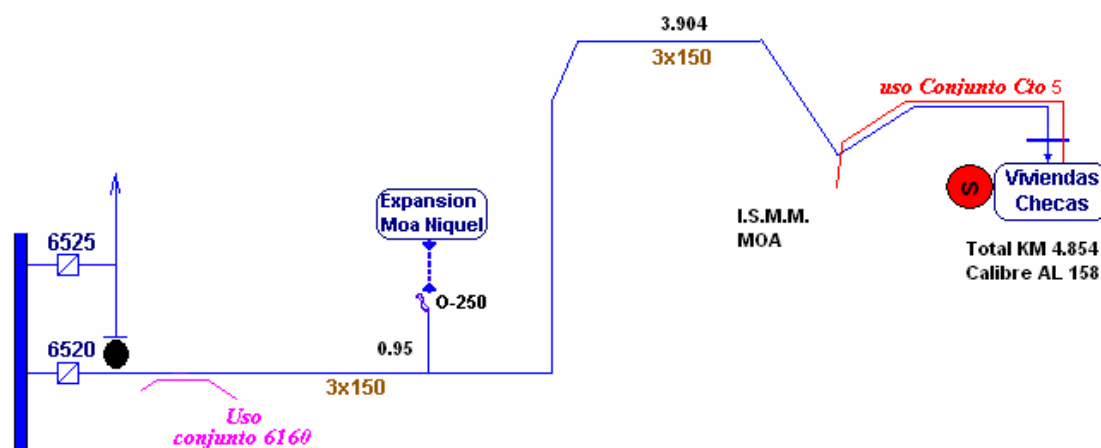


Figura 2.6 Esquema monolineal del 6520

2.8. Circuito 6525 Moa Sagua Frank País

El circuito del interruptor 6525 tiene una longitud de 64 km . hoy constituye una de las líneas de subtransmisión más largas en el municipio con 9 subestaciones de distribución intermedias alimentadas a este nivel de voltajes 34,5 kV y con una posibilidad de enlazarse (por medio de un interruptor en aire rotulado con el 6273) ubicado a la entrada del Municipio de Frank País con la línea del 4470 Nicaro-Carbónico desde la subestación de transmisión de Nicaro 110 kV .

Tabla 2.6 Subestaciones alimentadas del interruptor 6525.

No	NOMBRE	kVA	kV	MUNICIPIO
1	Miraflores	1000	4.16	Moa
2	Farallones	660	4.16	Moa
3	Cayo Chiquito	50	2.4	Moa
4	Los Indios	1600	13.8	Sagua
5	Bombeo Juan Díaz	500	13.8	Sagua
6	Sagua 2	4000	13.8	Sagua
7	Fábrica de Refrescos	750	0.48	Sagua
8	Sagua 1	2500	4.16	Sagua
9	El Carmen	1600	13.8	Sagua

Deficiencias.

Esta red de subtransmisión en la zona de los Pinos hasta Jucaral, la línea eléctrica está expuesta al corredor de los gases de la industria del níquel donde su aislamiento y herrajes se deterioran con mucha frecuencia provocando alteraciones en el ciclo de mantenimiento, en otra zona conocida como cayo chiquito, hay dos estructuras tipo H donde sus postes están podridos y no hay acceso a ellos.

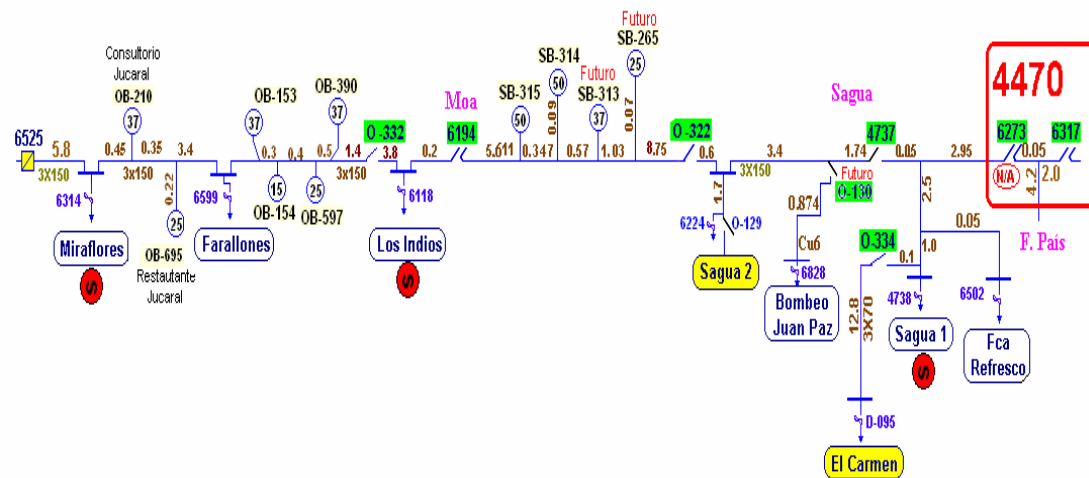


Figura 2.7 Esquema monolineal del 6525

CAPÍTULO 3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

3.1. Variante de solución de las redes de Subtransmisión a 34,5 kV en Moa.

3.1.1. Moa Combinado Mecánico 6150

Para esta red de subtransmisión que corre por las misma estructuras de la línea del 6155 y que solo lleva la carga del combinado mecánico, se procederá a retirar sus 2,5 Km. de conductor por lo que proponemos eliminar este circuito completo y pasar la carga del combinado mecánico para el 6155 que pasaría a alimentar a las subestaciones de combinado mecánico, Potabilizadora y Bombeo.

Ventajas

- Se elimina un uso conjunto a 34,5 kV entre dos circuitos
- Se elimina conductor, herrajes y estructuras expuestas al corredor de los gases con alta contaminación.
- Se evitan averías que provocan afectaciones del servicio eléctrico que afecta al cliente y a nuestra empresa.
- Se eliminan las perdidas de este circuito, por el bajo calibre de conductor que mantenía en varios tramos.

3.1.2. Moa Rusky, Bombeo, Potabilizadora 6155

A raíz del estudio y levantamiento realizado a este circuito se determino que la subestación de la Rusky se eliminaría la cual presenta varios problemas y un mal estado técnico, así como también 1,2 km de conductor, asumirá la carga del combinado mecánico y sus dos antiguos clientes Potabilizadora y Bombeo de la Ché Guevara y se construyen 3,2 km hasta la nueva subestación ubicada en el Fuel de ferroníquel.

Ventajas

- Se elimina un transformador de 4000 KVA de la subestación Rusky.
- Se elimina 1,2 Km. de conductor, estructuras y herrajes en mal estado técnico.

3.1.3. Moa Moa Nueva 6160

Para esta red se propone construirla paralela a la avenida 7 de diciembre hasta el lateral del ISMM y luego hasta la subestación del fuel en ferroníquel que suma una distancia de 5,2 km , también se retira el conductor desde la avenida 1ro de Mayo y 7 de diciembre 1,4 km su demanda se mantiene sin cambios ya que continua suministrando a la subestación de Moa Nueva ubicada próxima a la OBE.

3.1.4. Moa Pasteurizadora 6515

Para esta red de subtransmisión se propone cambiar el calibre del conductor en la sección de línea que va hacia el combinado Lácteo, se emplearía aluminio AAAC 158 mm² extendiéndose la línea desde el lácteo hasta el Hotel Miraflores que se aprovecha y esta sección posibilita una segunda alimentación a la subestación de Viviendas Checas quedando solo por construir 3,5 km hasta la subestación del Fuel de Ferrroniquel.

Ventajas

- Menos perdidas ya que se usará el calibre del conductor adecuado para una red de subtransmisión a 34,5 kV .
- Se prevé la segunda alimentación a la subestación de viviendas checas dando más confiabilidad al servicio de los clientes.

3.1.5. Moa Viviendas Checas 6520

La demanda de esta red de subtransmisión corresponde a la subestación de viviendas checas que se ubica detrás del Hotel Miraflores al realizar la traza de la nueva línea queda en ventajas ya que se acerca a la fuente disminuyendo en 1,1 km de conductor y su recorrido será por el lateral del ISMM hasta la nueva subestación teniéndose que construir 3,2 km .

Ventajas

- Se aprovecha la línea existente del 6520 Moa Vivienda Checas para pasarla como una salida de la línea del 6155 Moa Potabilizadora.
- Permitirá enlace entre las dos líneas a 34,5 kV próximo a la subestación Vivienda Checas.

3.1.6. Moa Sagua 6525

A esta red de subtransmisión que corre por toda la carretera de Moa hasta Sagua se le construirá una sección de línea de 4,7 Km que interconectara a la subestación del Fuel en ferroníquel hasta la línea ya existente en la zona de los Pinos de centeno .existiendo otra variante que consiste en conectarla hasta la zona de centeno pero incrementaría el conductor en 1,6 km .

3.2. Cargabilidad de cada circuito de subtransmisión y pronóstico de la demanda.

Tabla 3.1 Carga y longitud de las líneas actualmente

Interruptor	kV	Instalada	Longitud	Demanda Máxima			ΔV	ΔP	ΔP
		MVA	km	MW	MVAR	MVA	%	MW	%
6150	35	10	2,5	2	0,96	2,2	0.061	0,003	0,2
6155	35	7,6	17,1	4,2	2	4,62	0.886	0,051	1,2
6160	35	8	2	3.9	2.5	8,89	0.111	0,031	0,4
6515	35	14,35	12,45	3,1	1,67	3,44	0.505	0,009	0,3
6520	35	6,25	4,8	4.7	1.9	4,78	0.258	0,073	0.8
6525	35	12,6	64	5,6	2,68	6,09	4.43	0,251	4,3

Tabla 3.2 Carga y longitud de las líneas aplicando la variante

Interruptor	kV	Instalada	Longitud	Demanda Máxima			ΔV	ΔP	ΔP
		MVA	km	MW	MVAR	MVA	%	MW	%
6150	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6155	35	17,6	20,3	6,2	3	6,82	1.052	0,054	1,4
6160	35	8	5,8	8	3,8	8,89	0.324	0,031	0,4
6515	35	14,35	15,95	3,1	1,67	3,44	0.648	0,009	0,3
6520	35	6,25	8	4.7	1.9	4,78	0.431	0,073	0.8
6525	35	12,6	68,7	5,6	2,68	6,09	4.76	0,251	4,9

Actualmente contamos con 6 circuitos a 34,5 kV con una demanda combinada del orden de los 29 MW .

Con una carga de 10 MW y circuitos de longitud promedio de 10 km podríamos tener pérdidas del orden de 2,5 % sin posibilidad de transferencia si queremos mantener las pérdidas por debajo de este valor y teniendo en cuenta la ubicación de las cargas proponemos reducir a 5 los circuitos de la nueva subestación asociada al fuel de ferrocarril.

Con 5 circuitos con sus posibilidades de enlazarse para operaciones en el SEN podemos mantener la subtransmisión en un rango eficiente y altamente confiable con la excepción del circuito de Sagua que se mantendría operando cercano al límite permisible hasta el inicio de alguna inversión importante en la zona de Sagua – Frank País para lo cual se necesitaría una subestación 110/34,5 kV en ese territorio.

Con los cambios en los esquemas que se proponen en el trabajo mantenemos con doble alimentación a las siguientes cargas.

- Combinado mecánico
- Combinado Lácteo
- S/E Moa Nueva de 34,5/13,8 kV
- S/E Viviendas Checas 34,5/13,8 kV
- Bombeo Moa
- Potabilizadora

3.3. Resumen de las condiciones de operación de los nuevos circuitos

Todos los circuitos salen desde la nueva subestación 220 kV .

- 1 Interruptor 001 Se conecta a la línea del 6520 detrás de la universidad y en la zona de los indios se conecta al 6525 que continua hacia Sagua.
- 2 Interruptor 002 Expreso a la subestación Viviendas Checas.
- 3 Interruptor 003 Pasa por la avenida frente a la Universidad hasta la avenida 1ro de mayo donde se conecta con el 6515 hasta Potabilizadora y Bombeo Moa
- 4 Interruptor 004 Por la parte trasera de la Universidad paralelo al 6520 y frente a Centeno se conecta al 6160 con dos ramales Moa Nueva y Combinado Mecánico.
- 5 Interruptor 005 Por la parte trasera de la Universidad paralelo al 6520 y en la zona de Centeno se conecta con el 6155 hasta el bombeo, Potabilizadora y zona de Quemado.

Tabla 3.3 Resumen de las condiciones de operación de los nuevos circuitos

	MVA INST.	MW _{MÁXIMO}		MW _{PÉRDIDAS}		% PÉRDIDAS		KV _{AL FINAL}	
		Normal	Emerg	Normal	Emerg	Normal	Emerg	Normal	Emerg
00.1	8.910	4.688		0.149		3.2		33.2	
00.2	10.000	6.124		0.027		0.4		34.3	
00.3	26.500	3.009	9.014	0.018	0.125	0.6	1.4	34.2	33.6
00.4	28.750	8.177	13.703	0.117	0.204	1.4	1.5	33.7	33.5
00.5	11.600	3.330	4.806	0.033	0.064	1.0	1.3	33.9	33.7

3.4. Inversiones necesarias

- 1 Para el interruptor 001 se requieren 4,7 km de línea a 34,5 kV.
- 2 Para el interruptor 002 se requieren 3.2 km de línea a 34,5 kV.
- 3 para el interruptor 003 se requieren 3.5 km de línea a 34,5 kV.
- 4 para el interruptor 004 se requieren 5.2 km de línea a 34,5 kV.
- 5 Para el interruptor 005 se requieren 3.2 km de línea a 34,5 kV.

Total de km de líneas a construir 19,8 km .

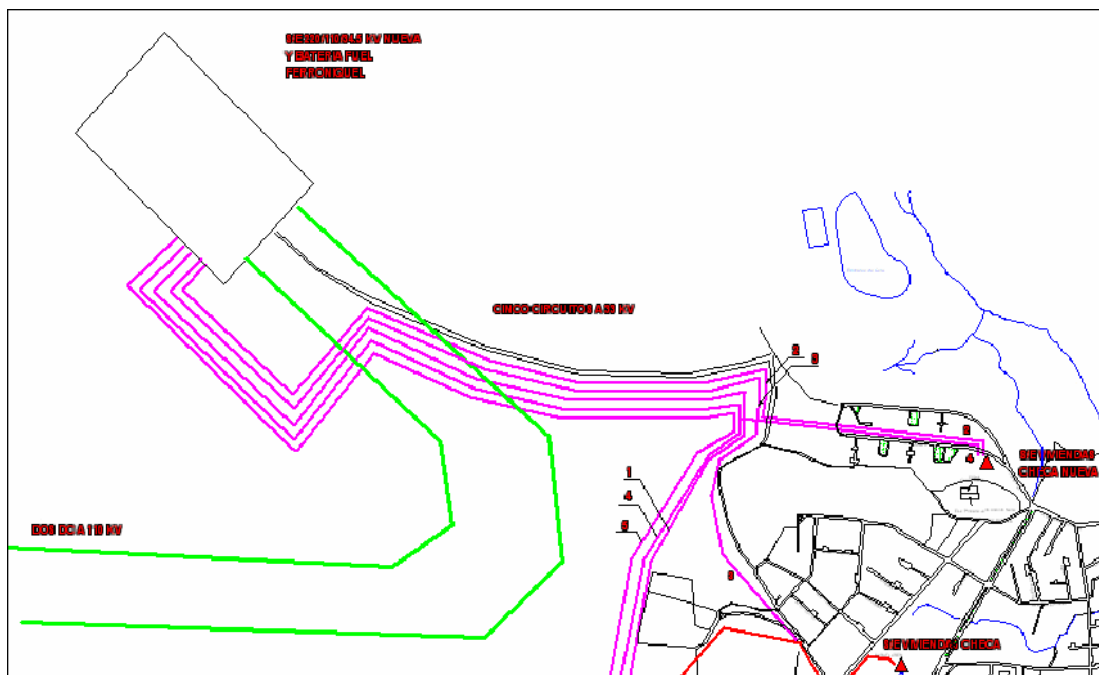


Figura 3.3 Esquema de las nuevas líneas desde la S/E 220 kV

3.5. Valoración Económica.

La realización de los cálculos se basó primeramente en proyectos ya realizados y no ejecutados en los últimos años que permitía tener valores de presupuesto muy aproximados, en algunos casos estos valores incluyeron secciones de línea inducidas con la nueva ubicación de la subestación, los precios de los materiales se anexan al final y también se incluye un nuevo modelo de ficha costo más práctico que los presupuestos originales, diseñado a partir del modelo oficial aparecido en la Resolución Conjunta No 1/2005 del MEP y MFP pero adaptado a inversiones que no se utilizarán para producir algo para vender y por tanto se elimina el margen de utilidad y el % sobre el total de gastos en divisa y la componente en divisa, este modelo es un aporte del presente trabajo a la empresa eléctrica de Holguín, el cual puede completarse en el caso de trabajos a terceros.

Actualmente no existe una ficha costo oficial para estos trabajos a terceros.

Para la valoración preliminar de las remodelaciones se utilizaron los listados de defectos detectados en las redes y se estimó el tiempo de ejecución de los trabajos así como el consumo de combustible.

En la evaluación de los costos aproximados se utilizaron valores actualizados de materiales en CUC (ver anexo 12) y tiempos reales para la realización de los trabajos, se dividió la actividad inversionista en Estudio, Proyecto y Ejecución de la inversión. En los casos que existieran proyectos ya terminados, se volcó el resultado del presupuesto a la ficha de costo, en los casos que no existen proyectos se realizó un estimado basado en la experiencia de trabajo y algunos criterios prácticos. El resultado de los cálculos se recoge en las fichas de costo siguientes (Ver anexos 7, 8, 9, 10,11)

Tabla 3.4 Listado de materiales a utilizar en las inversiones de los circuitos.

No	Item	Cant.	No	Item	Cant.
1	Poste Hormigón H-35 (35')	237	18	Bayoneta Shield 3.0 m	257
2	Poste Madera 35'	20	19	Arandela 2 ½ x 2 ¼	2138
3	Alfiler ¾ x1 ¾	722	20	Arandela 4x4	138
4	Varilla de ancla	133	21	Tuerca de 5/8	1564
5	Varilla de Tierra	209	22	Grapa de Varilla de tierra	217
6	Cruceta de 9'	266	23	Aislador pedestal 34,5 kV	752
7	Grampa de 3 tornillos	304	24	Aislador de discos PS- 70 D	712
8	Tornillo espárrago 5/8 x12	95	25	Eslabón Bola y Ojo	178
9	Tornillo espárrago 5/8 x14	39	26	Eslabón socket y Ojo	178
10	Tornillo máquina 5/8 x 10	198	27	Eslabón Grillete	178
11	Tornillo máquina 5/8 x 12	633	28	Grapa Remate Caracol	178
12	Tornillo máquina 5/8 x 14	277	29	Grapa Paralela	118
13	Tornillo de ojo 5/8 x 12	99	30	Grapa Suspensión	217
14	Tornillo de ojo 5/8 x 14	79	31	Cable tensor 8.4 mm ²	1.330 m
15	Tornillo máquina 1/2 x 1 1/2	554	32	Conductor Aluminio AAAC 158 mm ²	19.8 km
16	Angular de remate	178	33	Poste para Anclaje	133
17	Angular en V	277			

Acortamiento del plazo de ejecución de la obra.

El beneficio estimado por acortamiento del plazo de ejecución de 25,35 meses a 15 meses, que reduce los gastos de operaciones, transporte, alimentación y otros gastos.

CONCLUSIONES GENERALES.

El trabajo realizado ha cumplido con los objetivos trazados lográndose:

- Elaborar un marco teórico con las bases para el estudio de las redes de subtransmisión a 34,5 kV
- Identificar las deficiencias por cada línea de 34,5 kV.
- Evaluar la variante de interconexión de las redes a 34,5 kV con la nueva subestación desde la subestación 220 kV del Fuel en Ferroníquel.
- Seleccionar los materiales a utilizar para las inversiones en las líneas eléctricas.
- Obtener las trazas de las redes partiendo de la ubicación de la subestación del Fuel.

RECOMENDACIONES

- Simular en softwares profesionales la red diseñada.
- Realizar el análisis de calidad de energía para la red definitiva.

BIBLIOGRAFÍA

1. ABB Power Technology Catalog. Germany, 2004.
2. Conductores Eléctricos COCESA. Catálogo de Cables. Chile, 2001.
3. Corcoles López, Felipe, Joaquim Pedra I Duran, Miguel Salichs I Vivancos. Departamentd Enginyeria Eléctrica, (E.T.S.E.I.). Barcelona Universitat politécnica de Catalunya.
4. Feodorov, AA. Rodríguez López. Suministro eléctrico de empresas industriales, Editorial pueblo y educación.1980.
5. Manual Switchgear, 10 ma edición, ABB 2000.
6. Merlin Gerin. CT Centros de transformación MT/BT, / 2004.
7. Merlin Gerin. CT Guía de Montaje Prisma Plus G – Hasta 630 A -, / 2001.
8. Merlin Gerin. CT Protección Magneto térmica y diferencial Multi 9, / 2001.
9. Merlin Gerin. CT 113, Protecciones de máquinas y redes industriales, / 1991.
10. Merlin Gerin. CT 145, Estudio térmico de los cuadros eléctricos, / 2000.
11. Merlin Gerin. CT 150, Evolución de los interruptores automáticos de BT, / 1998.
12. Merlin Gerin. CT 154, Las técnicas de corte de los interruptores automáticos de BT, / 2001.
13. Merlin Gerin. CT 155, Las redes de distribución pública de MT en el mundo, / 2001.
14. Merlin Gerin. CT Aparamenta eléctrica en Baja Potencia. 2001.
15. Merlin Gerin. CT 204 Protecciones de Baja Tensión, Octubre de 2004.
16. Reglamento Electrotécnico Cubano REC, Edición 1.0/ 2008.
17. Stevenson Willian D., Grainger John J. Análisis de sistemas de potencia. México, 1995.
18. Soldatkina, L A. Redes y sistemas Eléctricos. Moscú 1986.
19. Gutiérrez Silva Antonio, Estudio de desarrollo de las redes a 33 kV de Moa.

20. Sitios Web

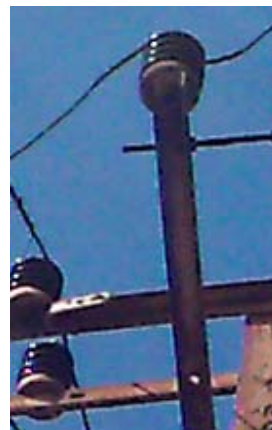
21. http://www.emgister.com/redes_y_sistemas_distribucion.htm.
22. <http://www.ffddfd.com>.
23. <http://www.google.com/translate/distributionsystems.htm>.

Anexos.

Anexo # 1 Tipos de aisladores



Ristra de discos



Aislador pedestal

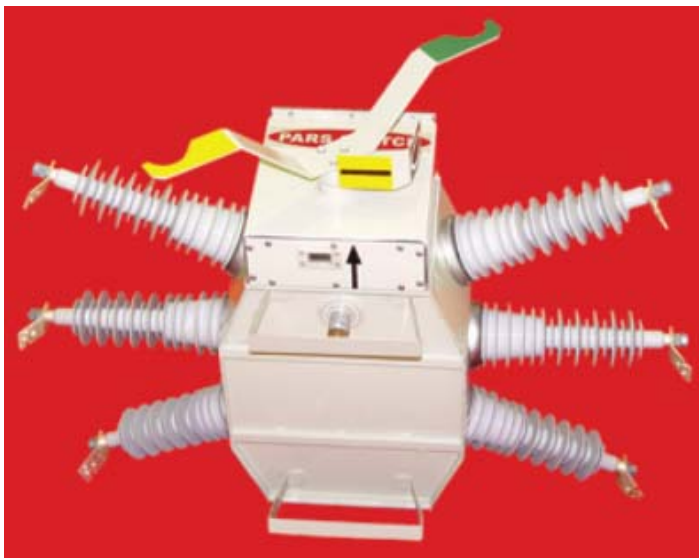
Anexo # 2 Transformador de Fuerza



Anexo # 3 Tipos de Interruptores

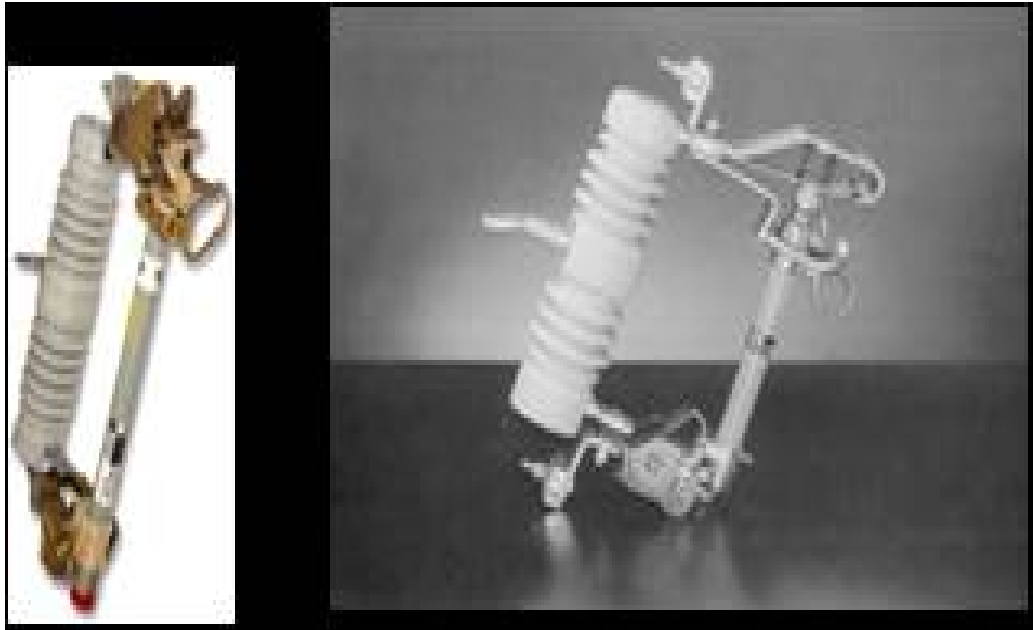


Interruptor de aceite.

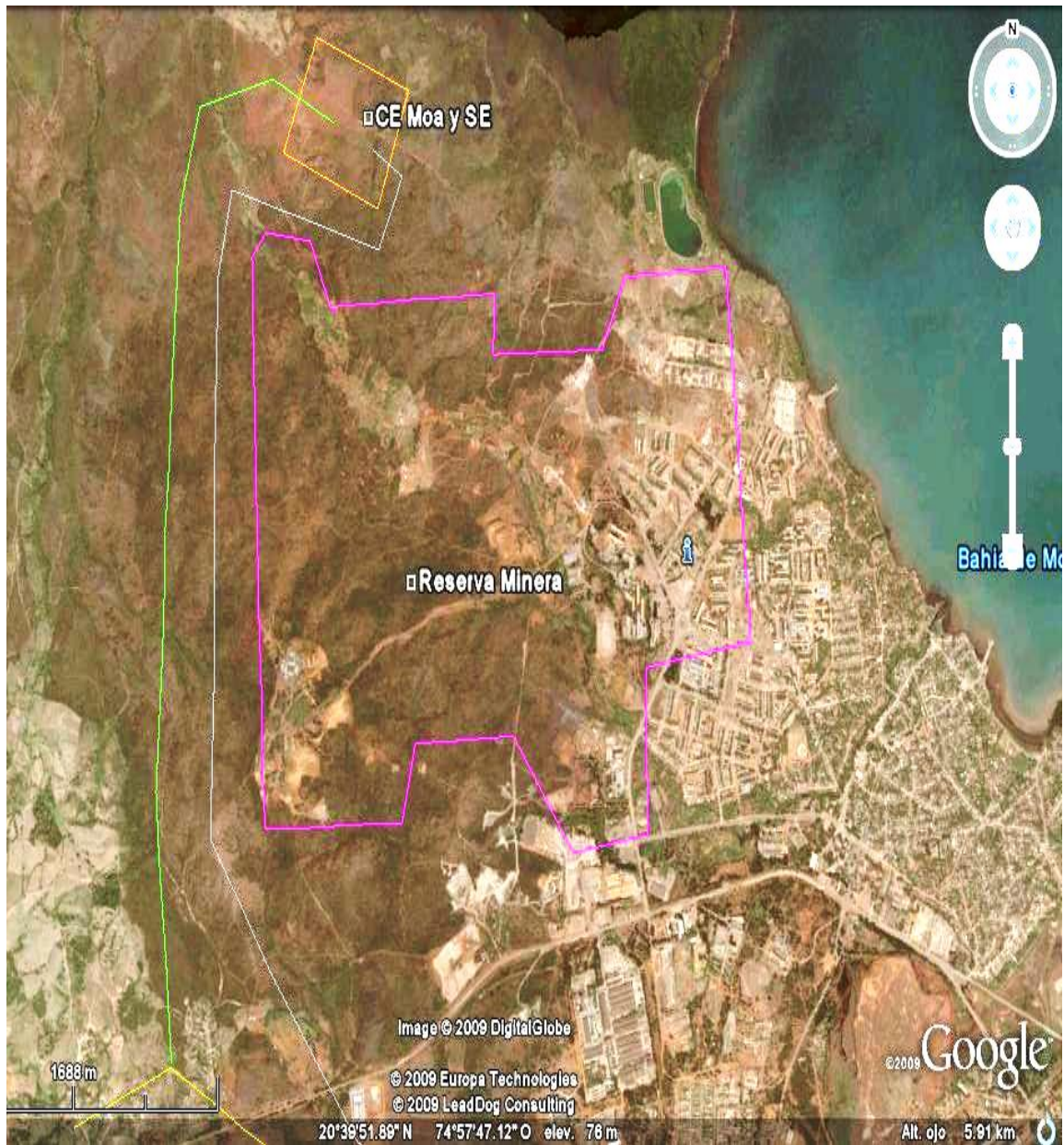


Interruptor SF₆

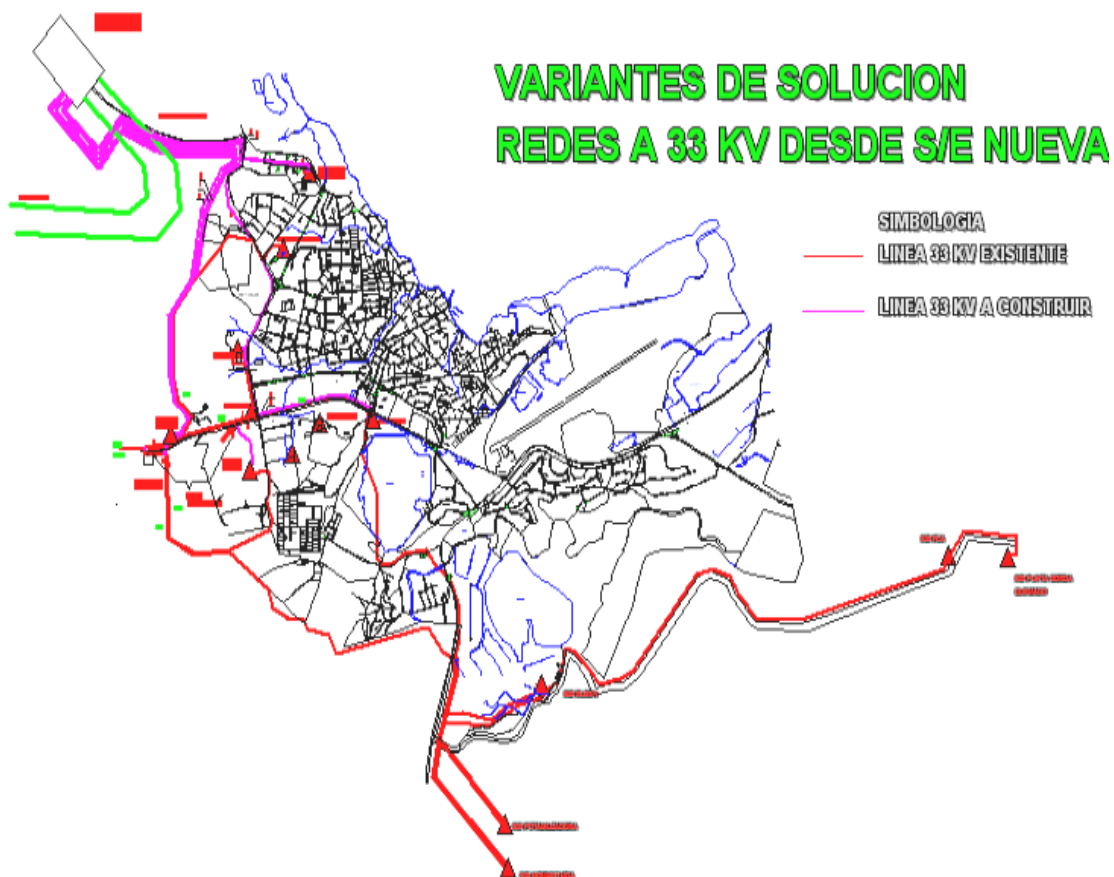
Anexo # 4 Drop Outs



Anexo # 5 Mapa topologico de la reserva de mineral



Anexo # 6 Diagrama del recorrido de las líneas



Anexo # 7 Ficha de costo Línea 6525

EMPRESA ELECTRICA HOLGUIN		
Organismo: MINBAS		
INVERSION: 33kV Circuito 6525 Moa Sagua		
CONCEPTOS DE GASTOS	COSTO CUP	COSTO CUC
1	2	3
Materiales	89 300	89 300
Salario	20 294,58	0
Descanso retribuido (9.09%)	1 311,76	0
Seguridad social (12.5%)	1 967,82	0
Fuerza de trabajo	3 935,63	0
Gasto de personal (Dietas)	2 976,50	0
Transporte y uso de equipos	3 512.62	1 992.65
Gastos técnico administrativo	37 832.46	0
Otros gastos directos		
TOTAL DEL COSTO ESTIMADO	6 576.138.	0
COSTO TOTAL	6 576.138.	0
COSTO PROYECTO	10 025,96	0
GASTOS INDIRECTOS DE LA OBEP	22 703,93	0
INSUMOS DE CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE	0	6 458,96
INSUMOS DE PROYECTO MLC	0	300,78
VALOR TOTAL	10.545.426	964.539

INFORMACIÓN: Km 33 kV :4.700

CIRCUITO: 6525 Moa Sagua

D MAX MW : 5.6

VOLTAJE: 34.5 kV

DIESEL EN LTS	GASOLINA EN LTS
B Rastra	B Linieros
812.40	1.046.9
B Kamaz	B comisión Estudio
50.50	60.00
B Tractor	B Control Autor
20.23	16.00
B Multiproposito	B Ejecutor
200.64	240.23

DIAS BRIGADAS	
B Rastra	TOTAL DIESEL: 1083.77
8.00	
B Kamaz	
0.42	
B Tractor	
4.00	
B Grúa	TOTAL GASOLINA:1363.13
7.00	
B Multiproposito	

22.00
B Linieros
90.18
B comisión Estudio
5.00
B Control Autor
1.00
B Ejecutor
90.18

# DE PLANO:01	Firma	Fecha
Preparado :		
Verificado:		
Aprobado:		

Anexo # 8 Ficha de costo Línea 6155

EMPRESA ELECTRICA HOLGUIN		
Organismo: MINBAS		
INVERSION: 33kV Circuito 6155 Rusky,Bombeo ,Potabilizadora		
CONCEPTOS DE GASTOS	COSTO CUP	COSTO CUC
1	2	3
Materiales	60,800	60,800
Salario	14,430,78	0
Descanso retribuido (9.09%)	1,311,76	0
Seguridad social (12.5%)	1,967,82	0
Fuerza de trabajo	3,935,63	0
Gasto de personal (Dietas)	2,976,50	0
Transporte y uso de equipos	2,413,43	1,594,35
Gastos técnico administrativo	37,832.46	0
Otros gastos directos		
TOTAL DEL COSTO ESTIMADO	125,668.38	0
COSTO TOTAL	125,668.38	0
COSTO PROYECTO	10,025,96	0
GASTOS INDIRECTOS DE LA OBEP	22,703,93	0
INSUMOS DE CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE	0	6,458,96
INSUMOS DE PROYECTO MLC	0	300,78
VALOR TOTAL	158,398.27	69,154.09

INFORMACIÓN: Km 33 kV :3.200

Circuito 6155 Rusky,Bombeo ,Potabilizadora D MAX MW : 4.2 VOLTAJE: 34.5 kV

DIESEL EN LTS		GASOLINA EN LTS	
B Rastra	772.73	B Linieros	926.67
B Kamaz	43.48	B comisión Estudio	60.00
B Tractor	10.71	B Control Autor	16.00
B Multiproposito	105.64	B Ejecutor	160.00

DIAS BRIGADAS

B Rastra	8.00	TOTAL DIESEL: 932.56
B Kamaz	0.42	
B Tractor	2.00	
B Grúa	5.00	TOTAL GASOLINA: 1162.67
B Multiproposito	16.00	
B Linieros	81.23	
B comisión Estudio	4.00	
B Control Autor	1.00	
B Ejecutor	81.00	

# DE PLANO:02	Firma	Fecha
Preparado :		
Verificado:		
Aprobado:		

Anexo # 9 Ficha de costo Línea 6515

EMPRESA ELECTRICA HOLGUIN		
Organismo: MINBAS		
INVERSION: 33kV Circuito 6515, Pasteurizadora Punta Gorda		
CONCEPTOS DE GASTOS	COSTO CUP	COSTO CUC
1	2	3
Materiales	60,800	60,800
Salario	14,430,78	0
Descanso retribuido (9.09%)	1,311,76	0
Seguridad social (12.5%)	1,967,82	0
Fuerza de trabajo	3,935,63	0
Gasto de personal (Dietas)	2,976,50	0
Transporte y uso de equipos	2,413,43	1,594,35
Gastos técnico administrativo	37,832.46	0
Otros gastos directos		
TOTAL DEL COSTO ESTIMADO	125,668.38	0
COSTO TOTAL	125,668.38	0
COSTO PROYECTO	10,025,96	0
GASTOS INDIRECTOS DE LA OBEP	22,703,93	0
INSUMOS DE CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE	0	6,458,96
INSUMOS DE PROYECTO MLC	0	300,78
VALOR TOTAL	158,398.27	69,154.09

INFORMACIÓN: Km 33 kV :3.500

Circuito 6515, Pasteurizadora Punta Gorda

D MAX MW : 3.1:

VOLTAJE: 34.5 kV

DIESEL EN LTS		GASOLINA EN LTS	
B Rastra	772.73	B Linieros	966.67
B Kamaz	43.48	B comisión Estudio	60.00
B Tractor	10.71	B Control Autor	16.00
B Multiproposito	155.60	B Ejecutor	176.00

DIAS BRIGADAS		
B Rastra	8.00	TOTAL DIESEL: 982.56
B Kamaz	0.42	
B Tractor	2.00	TOTAL GASOLINA:1218.67
B Grúa	5.00	
B Multiproposito	16.00	
B Linieros	83.00	
B comisión Estudio	4.00	
B Control Autor	1.00	
B Ejecutor	83.00	

# DE PLANO:03	Firma	Fecha
Preparado :		
Verificado:		

Aprobado:		
-----------	--	--

Anexo # 10 Ficha de costo Línea 6160

EMPRESA ELECTRICA HOLGUIN		
Organismo: MINBAS		
INVERSION: 33kV Circuito 6160 Moa-Moa Nueva		
CONCEPTOS DE GASTOS	COSTO CUP	COSTO CUC
1	2	3
Materiales	98,800	98,800
Salario	19,971,22	0
Descanso retribuido (9.09%)	1,815,38	0
Seguridad social (12.5%)	2,723,33	0
Fuerza de trabajo	5,446,65	0
Gasto de personal (Dietas)	3.905.00	0
Transporte y uso de equipos	4,417,62	3,243,88
Gastos técnico administrativo	52,247,13	0
Otros gastos directos		
TOTAL DEL COSTO ESTIMADO	9,151,433	0
COSTO TOTAL	9,151,433	0
COSTO PROYECTO	13,467,69	0
GASTOS INDIRECTOS DE LA OBEP	31,684,21	0
INSUMOS DE CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE	0	8,526,62
INSUMOS DE PROYECTO MLC	0	404,03
VALOR TOTAL	13.666.623	1.316.253

INFORMACIÓN: Km 33 kV :5.200

Circuito 6160 Moa-Moa Nueva

D MAX MW :3.9

VOLTAJE: 34.5 kV

DIESEL EN LTS		GASOLINA EN LTS	
B Rastra	1831.82	B Linieros	1852.59
B Kamaz	130.43	B comisión Estudio	37.50
B Tractor	17.86	B Control Autor	20.00
B Multiproposito	195.64	B Ejecutor	300.00

DIAS BRIGADAS		
B Rastra	13.00	TOTAL DIESEL: 2175.75
B Kamaz	2.25	
B Tractor	3.00	TOTAL GASOLINA:2210.09
B Grúa	3.00	
B Multiproposito	23.46	
B Linieros	114.54	
B comisión Estudio	3.00	
B Control Autor	1.00	
B Ejecutor	112.00	

# DE PLANO:04	Firma	Fecha
Preparado :		
Verificado:		
Aprobado:		

Anexo # 11 Ficha de costo Línea 6520

EMPRESA ELECTRICA HOLGUIN		
Organismo: MINBAS		
INVERSION: 33kV Circuito 6520 Moa Viviendas Checas.		
CONCEPTOS DE GASTOS 1	COSTO CUP 2	COSTO CUC 3
Materiales	60,800	60,800
Salario	14,430,78	0
Descanso retribuido (9.09%)	1,311,76	0
Seguridad social (12.5%)	1,967,82	0
Fuerza de trabajo	3,935,63	0
Gasto de personal (Dietas)	2,976,50	0
Transporte y uso de equipos	2,413,43	1,594,35
Gastos técnico administrativo	37,832.46	0
Otros gastos directos		
TOTAL DEL COSTO ESTIMADO	125,668.38	0
COSTO TOTAL	125,668.38	0
COSTO PROYECTO	10,025,96	0
GASTOS INDIRECTOS DE LA OBEP	22,703,93	0
INSUMOS DE CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE	0	6,458,96
INSUMOS DE PROYECTO MLC	0	300,78
VALOR TOTAL	158,398.27	69,154.09

INFORMACIÓN: Km 33 kV :3.200
Circuito 6520 Moa Viviendas Checas D MAX MW : 4.2 VOLTAJE: 34.5 kV

DIESEL EN LTS		GASOLINA EN LTS	
B Rastra	772.73	B Linieros	926.67
B Kamaz	43.48	B comisión Estudio	60.00
B Tractor	10.71	B Control Autor	16.00
B Multiproposito	105.64	B Ejecutor	160.00

DIAS BRIGADAS	
B Rastra	8.00
B Kamaz	0.42
B Tractor	2.00
B Grúa	5.00
B Multiproposito	16.00
B Linieros	81.23
B comisión Estudio	4.00
B Control Autor	1.00
B Ejecutor	81.00

TOTAL DIESEL: **932.56**
TOTAL GASOLINA: **1162.67**

# DE PLANO:05	Firma	Fecha
Preparado :		
Verificado:		

Aprobado:			
-----------	--	--	--