



INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO MOA
Dr. ANTONIO NÚÑEZ JIMÉNEZ
FACULTAD DE METALURGÍA-ELECTROMECAÁNICA
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA

Trabajo de diploma en Opción al Título
de
Ingeniero Eléctrico

*Título: Estudio para la creación de la nueva
subestación 110\13,8 kV en el municipio de Holguín.*

Autor: Llibardo Reyes Palomo

*Tutores: Ing. Adol Hernández Rojas
Dra.C. Ilíana González Palau
Ing. Antonio Álvarez Martínez*

Moa 2012

“Año 54 de la Revolución”



Declaración de Autoridad.

En decisión conjunta, del autor Libardo Reyes Palomo y los tutores Dra.C. Iliana González Palau, y los Ing. Adol Hernández Rojas y el Ing. Antonio Álvarez Martínez, certificamos nuestra propiedad intelectual sobre este Trabajo de Diploma con título: “Reacomodo de carga en el municipio de Holguín con el surgimiento de la cuarta subestación de 110\13,8 kV”. El Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa: “Dr. Antonio Núñez Jiménez”, podrá hacer uso del mismo para fines docentes y educativos.

Libardo Reyes Palomo

Ing. Adol Hernández Rojas

Ing. Antonio Álvarez Martínez

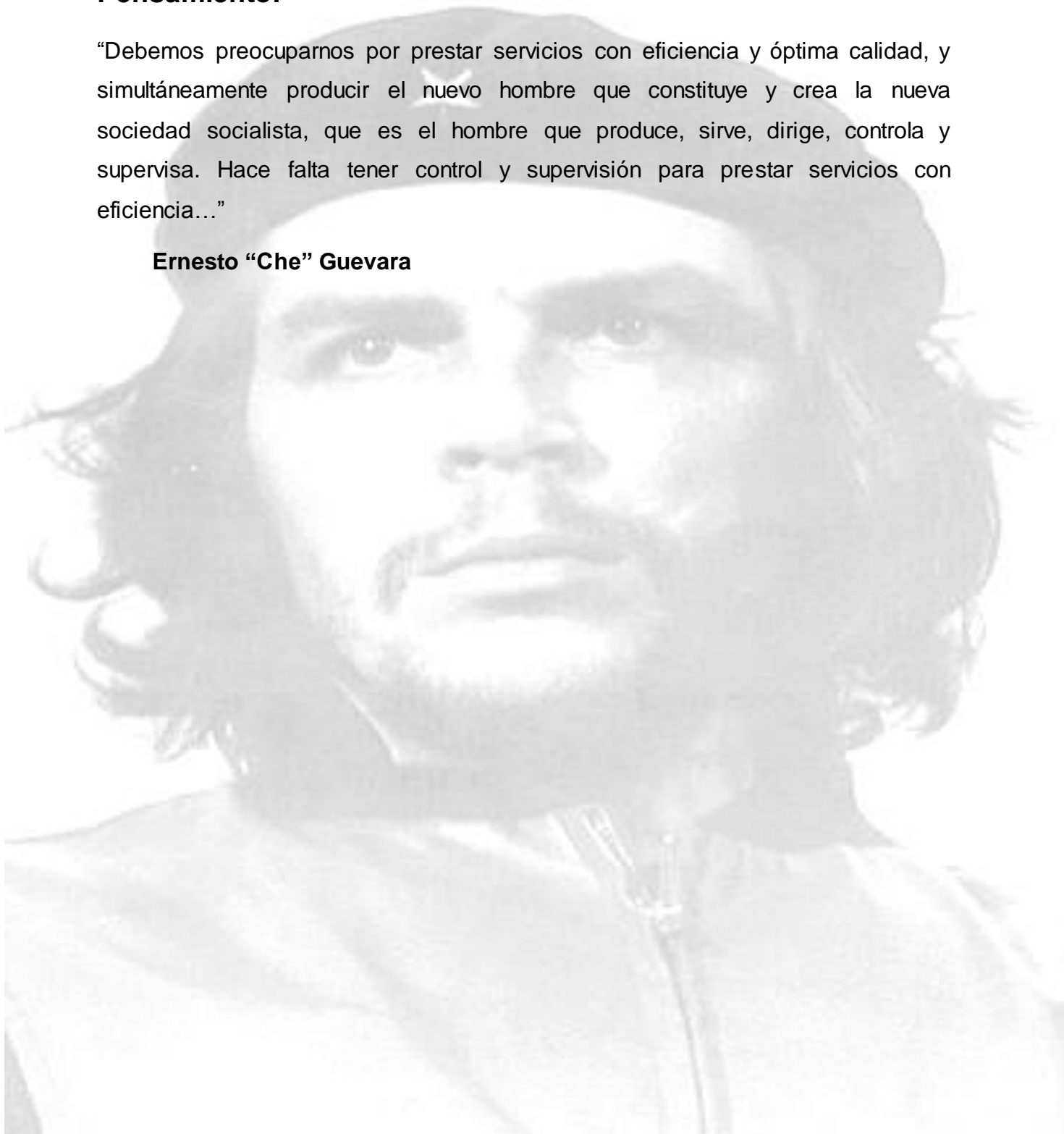
Dra. Iliana González Palau



Pensamiento:

“Debemos preocuparnos por prestar servicios con eficiencia y óptima calidad, y simultáneamente producir el nuevo hombre que constituye 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 “Che” 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, especialmente:

- A mis padres Claribel Palomo Reyes y Máximo Reyes Mora a quienes siempre estaré agradecido por su ayuda y apoyo incondicional y por guiarme siempre en el camino correcto y ser el profesional que soy hoy en día.
- A mi hermano y sobrinos Máximo Reyes Palomo, Liliannis Reyes Mora y Leandro Manuel Reyes Mora, a Noevis Mora Mora por su gran dedicación y cariño que me han brindado.
- A mis Amigos incondicionales que siempre han estado a mi lado brindándome todo su apoyo ellos son Roberto Hernández Rojas, Vladimir Reyes Vázquez, Yunier Camejo, Roberto Ross.
- A mi novia Addis Zenaida Pérez Marrero que me ha brindado mucha ayuda, amor, dedicación, comprensión y cariño.
- A todo el colectivo técnico de la empresa eléctrica de Holguín que han me han brindado toda la información que ha estado al alcance de sus manos y que han contribuido a que este trabajo posea toda la calidad e información requerida.
- A mi compañero de trabajo que quiero como un padre Hipólito Hernández por su ayuda y apoyo incondicional.



Agradecimientos:

La gratitud es uno de los sentimientos más hermosos, por eso quiero con este reconocimiento corresponder a todas las personas que de una forma u otra me apoyaron y que con su ayuda fue posible la culminación de este trabajo de diploma. Dentro de ellas:

- A la Revolución y a nuestro Comandante en Jefe por darme la oportunidad de hacerme un profesional.
- A mis padres por guiarme siempre por el camino correcto y ayudarme a ser el profesional que soy hoy en día.
- A mis tutores Dra. Ileana González Palau y Adol Hernández Rojas por su gran ayuda y dedicación a este trabajo.
- Antonio Álvarez Martínez por su ayuda y colaboración en la realización de este proyecto.
- A mis amigos y compañeros de estudio por la ayuda, armonía y coherencia en las relaciones de equipo.
- Agradezco especialmente a mis familiares, amigos y mi novia por su fe, amor, confianza, y apoyo brindado durante estos años de estudiante.
- A los trabajadores de la Empresa Eléctrica de Holguín por las informaciones ofrecidas que son la base de este resultado.

A todos

Gracias...



Resumen

En este trabajo se muestra la necesidad de la construcción de una cuarta subestación de 110\13,8 kV con el objetivo poder realizar un reacomodo de carga más eficiente y confiable en el municipio de Holguín.

Se hace un diagnóstico bien detallado de las subestaciones de 110\13,8 kV existentes y sus circuitos de distribución primaria, se definieron los esquemas en la distribución, se actualizaron los monolineales y se determinaron los niveles de pérdidas de potencia activa y voltaje presentes por circuito, incluyendo la propuesta de los circuitos de distribución de la nueva subestación Rotonda 110 kV (Holguín-4).

Se proponen variantes técnico organizativas más ventajosas desde el punto de vista económico cumpliendo con los requerimientos y normas específicas de las redes de distribución y se realizó una valoración económica para evaluar la viabilidad del proyecto.

Summary

In this work the with the objective shows the need of the construction of 110\13,8 kV fourth substation itself could have accomplished a charging rearrangement more efficient and reliable at Holguín's municipality.

He does a diagnostic good detailed of 110\13,8 kV substations existent and his circuits of primary distribution, the schemes in distribution defined themselves, they updated the mono-linear and presents for circuit, including the proposal of the circuits of distribution of the new substation determined the levels of losses of active potency and voltage themselves Circular Square 110 kV (Holguín 4).

They intend technical organizational their variants more advantageous from the economic approach fulfilling requests and specific standards of the nets of distribution and an evaluation cheap to run to evaluate the viability of the project came true.

Introducción general.....	1
CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Características de los circuitos de distribución.	1
1.2.1 Clasificación de los tipos de redes de transporte	6
1.2.2 Clasificación de las redes eléctricas.	6
1.2.3 Clasificación de los sistemas de distribución según su carga.	7
1.2.4 Clasificación de los circuitos de distribución según su construcción.	8
1.2.5 Clasificación de las cargas de acuerdo a la confiabilidad.	10
1.2.6 Importancia de las redes de distribución.	10
1.2.7 Partes componentes de un sistema de distribución.	11
1.2.8 Mejoras en las redes de distribución.	12
1.3 Elementos de medición.....	13
1.4 Solución del flujo de potencia de redes radiales de distribución.	14
1.4.1 Problema del flujo de potencia.....	14
1.4.2 Principales parámetros eléctricos a obtener con la realización del flujo de potencia.	19
1.5 Conclusiones del capítulo	20
CAPÍTULO II DETERMINACIÓN DE LAS PÉRDIDAS DE POTENCIA ACTIVA EN LOS CIRCUITOS DE DISTRIBUCIÓN.....	21
2.1 Introducción.....	21
2.1.1 Descripción general de la red de distribución primaria del municipio de Holguín.	21
2.2 Descripción de las tres subestaciones de 110 kV Holguín y sus circuitos. ...	24
2.2.1 Subestación Holguín 110 kV (Holguín-1).....	24
2.2.2 Subestación Mayabe 110 kV (Holguín-2).....	28
2.2.3 Subestación Guirabo 110 kV (Holguín-3).....	35
2.3 Corrida del flujo de potencia.....	41
2.3.1 Introducción de los datos al software para la simulación de los circuitos ..	42
2.4 Conclusiones del capítulo	47
CAPÍTULO III VALIDACIÓN Y VALORACIÓN ECONÓMICA	48



3.1	Introducción.....	48
3.2	Análisis técnico económico.	48
3.3	Propuestas de las características de la subestación y reacomodo de carga.	55
3.3.1	Programa de inversiones propuestos	57
3.4	Aporte social	57
3.5	Análisis medio ambiental	57
3.5.1	Daños que pueden provocar al medio ambiente los aceites en los transformadores y capacitores.	58
	Conclusiones generales.	60
	En el presente trabajo se realizó un estudio de flujos de potencia a tres de los circuitos de distribución de 110/13.8 kV, con vista a la ampliación en una cuarta subestación, los principales resultados se muestran a continuación.	60
	Recomendaciones	61
	Bibliografía	62
	Anexos	1



Introducción general

La energía eléctrica es de vital importancia en la sociedad debido a que es el punto inicial del desarrollo de cualquier país por eso nos vemos obligados a buscar mejores soluciones y alternativas para brindar un servicio con mayor calidad y eficiencia a nuestros consumidores debido a que en su gran mayoría depende de ella para la cocción de alimentos y satisfacer necesidades de primer orden en nuestra vida diaria. En estos momentos contamos en la ciudad de Holguín con tres subestaciones de 110/13.8 kV con 16 circuitos de distribución, entre las tres subestaciones permiten que los circuitos de distribución sean más pequeños y tengan mayor confiabilidad con el objetivo de poder realizar lazos por la distribución sin ningún tipo de afectación o con un tiempo muy pequeño de afectación, estas subestaciones de 110/13.8 kV fueron diseñadas para una carga de 20 MVA cada una es decir que contamos con 60MVA entre las tres y todas cuentan con transformadores de 25 MVA .

Debido al aumento abrupto de la carga en la ciudad de Holguín urge la necesidad de construir una cuarta subestación de 110/13.8kV para contar con 80MVA de carga con el objetivo de disminuir las cargas por subestaciones para que en caso de trabajos planificados o averías estas subestaciones puedan asumir la carga de la subestación afectada, para ello existen lazos entre las tres subestaciones actuales y deben enlazarse con la cuarta subestación que se construirá para brindar un mejor servicio, esto permitirá que el sistema eléctrico en la ciudad sea más operativo, confiable y con ello ser capaces de eliminar o disminuir las afectaciones innecesarias a los consumidores, debido a que nuestra premisa como empresa es darle por todos los medios posibles servicio ininterrumpido a los clientes.

La creación de la cuarta subestación Rotonda 110 kV estaba prevista desde la construcción de las dos últimas subestaciones de 110/13,8 kV con nombre Mayabe 110 kV y Guirabo 110 kV, previendo siempre el aumento de la carga en la ciudad que hoy que ya supera los 60 MVA para los que están creadas las tres subestaciones anteriores, por esto es necesario realizar el flujo de potencia de las tres subestaciones anteriores para poder ubicar el lugar adecuado de la cuarta subestación y eliminar o



hacer casi imperceptibles las pérdidas de energía en las líneas de distribución, con ese objetivo las líneas aéreas de los circuitos de distribución de estas subestaciones fueron construidas con un calibre de conductor de 150mm en el tronco del circuito que nos permite disminuir las pérdidas eléctricas y poder transferir por cada circuito hasta 17.85 MVA.

Situación problemática

El aumento de la carga en la ciudad de Holguín ha provocado que el lazo existente entre las subestaciones de 110/13,8 kV quede prácticamente inoperable técnicamente, debido al desbalance general de las cargas en los diferentes circuitos impida que en avería de una subestación las otras dos puedan asumir su carga.

Problema

Inexistencia de un estudio actualizado de flujos de potencia en los diferentes circuitos que son alimentados desde las tres subestaciones de 110/13.8 kV, para redistribuir las cargas en la cuarta subestación, propuesta en el presente trabajo.

Hipótesis

Si se realiza un flujo de potencia para los diferentes circuitos de 13.8 kV se podría tomar medidas organizativas, que permitan reordenar los circuitos de las tres subestaciones de 110/13.8 kV existentes y determinar las cargas a transferir a la cuarta subestación propuesta.

Objetivo general

Realizar un estudio de flujos de potencia en las tres subestaciones de 110/13,8 kV del municipio de Holguín para redistribuir la carga, con una cuarta subestación propuesta en el trabajo.



Objetivos específicos

- Estudio sobre los sistemas eléctricos de distribución urbana y los análisis de carga en estos circuitos.
- Realizar un estudio de flujo de carga en las subestaciones actuales de distribución.
- Propuesta de reorganización del nuevo sistema de distribución.
- Valoración técnico-económico.

Objeto de estudio

Realizar flujo de potencia de los circuitos de las tres subestaciones de 110/13,8 kV existentes en Holguín.

Campo de acción

Los sistemas de distribución urbanos

Tareas

Para dar cumplimiento a la investigación se planificaron las tareas siguientes:

- Revisar y analizar los esquemas de las redes en la distribución y subestaciones de la zona urbana de Holguín.
- Recopilación de información necesaria para la reconfiguración de los esquemas.
- Análisis de las subestaciones y los circuitos de distribución para la elaboración de los nuevos esquemas.
- Análisis económico, social y medio ambiental.



CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO

1.1 Introducción

Los circuitos de distribución en el mundo han sufrido cambios con el transcurso del tiempo y el desarrollo de la tecnología, estos cambios se han realizado fundamentalmente con el objetivo de mejorar su funcionamiento y disminuir las pérdidas eléctricas. Se han desarrollado diferentes configuraciones en dependencia de las características de las cargas a alimentar su localización, elementos de estética y la protección de personas, la flora y la fauna.

1.2 Características de los circuitos de distribución.

Un sistema de distribución de energía eléctrica es un conjunto de equipos que permiten energizar de forma segura y confiable un número determinado de cargas, en distintos niveles de tensión, ubicados generalmente en diferentes lugares. Sin embargo, frecuentemente se llaman también distribuidoras las redes de mayores tensiones, si a ellas se acoplan un gran número de sub-centrales receptoras y son muy ramificadas.

En el caso de nuestro país operan a una tensión menor de 33 kV y en otros países a tensiones mayores de 33 kV. Los principales datos de los sistemas eléctricos son la tensión nominal, la frecuencia nominal y su comportamiento en caso anormales de operación. Los sistemas de distribución de energía eléctrica, comprenden niveles de media y baja tensión. (Pupo Mariño., 2011)

En el caso de Cuba el sistema electro energético nacional se compone de la en cinco partes fundamentales.

- Generación.
- Transformación.
- Transmisión.
- Subtransmisión.
- Distribución (primaria y secundaria).



De estas partes sólo será estudiada la distribución. Esta es la parte del sistema eléctrico, constituida por voltajes de 4,16 kV y 13,8 kV que están compuestas por conductores, estructuras, aisladores, equipos, transformadores, condensadores etc, destinados a unir eléctricamente las fuentes de energía y los consumidores a través de las subestaciones de distribución, sin pasar a través de líneas de transmisión. Las fuentes de energía pueden ser: plantas propiamente dicho, subestaciones, etc. (Antúnes Tornés & Seignorette Elliot, 2005)

Las redes de distribución presentan características muy particulares y que las diferencian de los sistemas de transmisión. Entre estas se distinguen:

- Topologías radiales.
- Múltiples conexiones (monofásicas, bifásicas y trifásicas).
- Cargas de distintas naturalezas.
- Líneas de resistencias comparables con la reactancia.
- Líneas sin trasposiciones.

(Antúnes Tornés & Seignorette Elliot, 2005)

Los sistemas de distribución son típicamente radiales, es decir, el flujo de potencia nace solo de un nodo. Este nodo principal se reconoce como la subestación que alimenta el resto de la red. Esto se realiza debido a que se obtiene mayor economía en las protecciones, el diseño es mucho más sencillo, se reduce la dificultad de ubicar las fallas, se mejora el perfil de tensión del sistema y en general se simplifica la operación de la red de distribución. (Muñoz Montecinos, 1989)

La figura 1.1 refleja el esquema de un circuito radial de distribución, se llaman circuitos radiales porque su alimentación es solo por un nodo o uno de sus extremos.

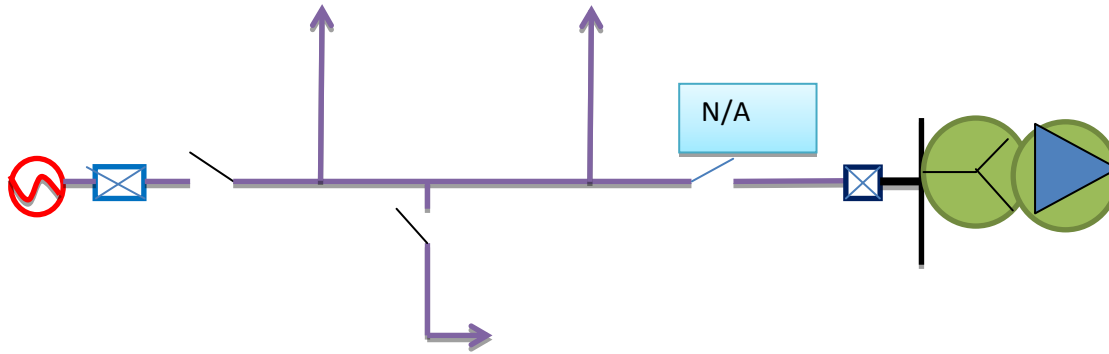


Figura 1.1 Representación de un circuito de distribución radial

A continuación se muestran las definiciones matemáticas para poder realizar el cálculo de las pérdidas de potencia y voltaje, estas expresiones matemáticas desde la 1.1 a la 1.7.

$$\Delta V = \frac{P^* r + Q^* x}{U} * L \quad (1.1)$$

Dónde:

$\Delta V \rightarrow$ Caída de tensión en voltios.

$L \rightarrow$ Longitud en metros.

$r \rightarrow$ Resistencia del conductor Ohms /Km.

$X \rightarrow$ Reactancia del conductor en Ohms /Km.

La caída de potencia

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} r L \quad (1.2)$$

Sea la caída porcentual de un tramo:

$$\% \Delta V = [(V_1 - V_2) / V_1] * 100 \quad (1.3)$$



Dónde:

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

$V_1 \rightarrow$ Tensión al inicio del tramo en voltios.

$V_2 \rightarrow$ Tensión al final del tramo en voltios.

La pérdida de potencia está dado por:

$$P = R * I^2 * L \quad (1.4)$$

De la siguiente ecuación tenemos la corriente:

$$I = \frac{\Delta V}{[L(R \cos \varphi + X \sin \varphi)]} \quad (1.5)$$

Sustituyendo en la ecuación:

$$P = \frac{[R * \Delta V * I * L]}{[L(R \cos \varphi + X \sin \varphi)]} \quad (1.6)$$

$$P = \frac{[R * VD * K_w * I]}{[100(R \cos \varphi + X \sin \varphi)]}$$

P \rightarrow Pérdida de potencia en horas pico kW.

R \rightarrow Resistencia eléctrica del conductor Ohms/km.

X \rightarrow Reactancia eléctrica del conductor, Ohms/km.

VD \rightarrow Caída de tensión porcentual del tramo.

kW \rightarrow Carga consumida del alimentador.

V \rightarrow Tensión en el punto inicial de entrega.

Sea el gráfico del balance de energía:

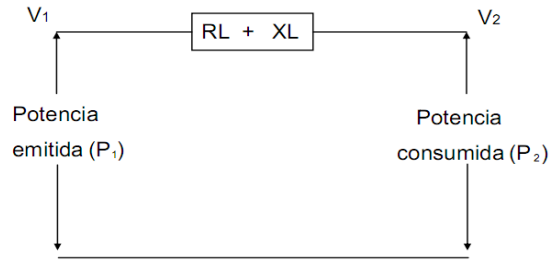


Figura 1.15 Gráfico de balance de energía.

De donde:

$$P_1 = \frac{V_1^2}{(R_l + R_c)}; P_2 = \frac{V_2^2}{R_c}; R_c = \frac{V_2^2}{P_2}$$

$$P_1 = \frac{V_1^2}{\left(R_l + \frac{V_2^2}{P_2}\right)}$$

Debido a la demanda resistiva (consumidores residenciales y comerciales),

Podemos afirmar que:

$$R_c \gg R_l; R_l = 0$$

Con esta condición tenemos:

$$P_1 = \frac{V_1^2}{V_2^2} * P_2$$

Finalmente obtenemos:

$$\% P' = \frac{P_1 - P_2}{P_1} * 100 \quad (1.7)$$

Dónde:

$\% P' \rightarrow$ Pérdida de potencia porcentual.

$P_1 \rightarrow$ Potencia emitida al alimentador en kW.

$P_2 \rightarrow$ Potencia consumida por el alimentador en kW.

(Pupo Mariño., 2011)

Un sistema eléctrico de potencia incluye las etapas de generación, transmisión, distribución y utilización de la energía eléctrica, y su función primordial es la de llevar



esta energía desde los centros de generación hasta los centros de consumo y por último entregarla al usuario en forma segura y con los niveles de calidad exigidos. (Ramírez Castaño, 2005)

1.2.1 Clasificación de los tipos de redes de transporte

- Redes de transporte (o transmisión).
- Redes de Subestaciones ó Reparto (redes de alto voltaje).
- Redes de distribución de media tensión (MT) (redes de Subtransmisión).
- Redes de distribución de baja tensión (BT) (redes de distribución primaria).

1.2.2 Clasificación de las redes eléctricas.

Podemos hacer una primera clasificación de las redes eléctricas según su disposición y modo de alimentación en los tres tipos siguientes.

- Red radial o en antena.--- En Baja Tensión
- Red en bucle o en anillo.--- En tensiones de reparto (Alta Tensión)
- Red mallada--- En Muy Alta Tensión y Media Tensión

La red radial se caracteriza por ser alimentada por uno de sus extremos transmitiendo la energía en forma radial a los receptores. Como ventajas resaltan su simplicidad y la facilidad que presentan para ser equipadas de protecciones selectivas. Como inconveniente su falta de garantía y de servicio.

El flujo de potencia siempre tiene el mismo sentido. Siempre va desde el extremo más cercano a la generación al más cercano a la carga. En el momento que hay un fallo se queda sin carga todo lo que va detrás.

La red en bucle o en anillo se caracteriza por tener dos de sus extremos alimentados, quedando estos puntos intercalados en el anillo o bucle. Como ventaja fundamental podemos citar su seguridad de servicio y facilidad de mantenimiento, presentando el inconveniente de una mayor complejidad y sistemas de protección más complicados.



La red mallada es el resultado de entrelazar anillos y líneas radiales formando mallas. Sus ventajas radican en la seguridad de servicio, flexibilidad de alimentación y facilidad de conservación y manutención. Sus inconvenientes, la mayor complejidad, extensiva a las protecciones y el rápido aumento de las potencias de cortocircuito y el factor económico.

Si se rompe un elemento de la malla no hay interrupción del suministro. Hay otro camino. Cualquier nodo de la malla es accesible por 2 caminos diferentes. Es la que se usa en Alta Tensión, ya que afecta a un gran número de clientes. (Valverde, 2005)

1.2.3 Clasificación de los sistemas de distribución según su carga.

Dependiendo de las características de las cargas, los volúmenes de energía involucrados, y las condiciones de confiabilidad y seguridad con que deban operar, los sistemas de distribución se clasifican en:

- Industriales.
- Comerciales.
- Urbanos.
- Rurales.

Sistemas de distribución industrial

Comprende a los grandes consumidores de energía eléctrica, tales como las industrias del Acero, Níquel, Petróleo y Papel, etc.; que generalmente reciben el suministro eléctrico en alta tensión. Es frecuente que la industria genere parte de su demanda de energía eléctrica mediante procesos a vapor, gas o diesel. Los sistemas de distribución industrial pueden ser tanto de la industria ligera como de la industria pesada.

Sistemas de distribución comerciales

Es un término colectivo para sistemas de energía existentes dentro de grandes complejos comerciales y municipales, tales como edificios de gran altura, bancos, supermercados, escuelas, aeropuertos, hospitales, puertos, etc. Este tipo de sistemas



tiene sus propias características, como consecuencia de las exigencias especiales en cuanto a seguridad de las personas y de los bienes, por lo que generalmente requieren de importantes fuentes de respaldo en casos de emergencia.

Sistemas de distribución urbana

Alimenta la distribución de energía eléctrica a poblaciones y centros urbanos de gran consumo, pero con una densidad de cargas pequeña y mediana. Son sistemas en los cuales es muy importante la adecuada selección en los equipos y el dimensionamiento.

Sistemas de distribución rural

Estos sistemas de distribución se encargan del suministro eléctrico a zonas de menor densidad de cargas en lugares no asfaltados, por lo cual requiere de soluciones especiales en cuanto a equipos y a tipos de red. Debido a las distancias largas y las cargas pequeñas, es elevado el costo del kW/h consumido. En muchos casos es justificado, desde el punto de vista económico, la generación local, en una fase inicial, y sólo en una fase posterior, puede resultar económica y práctica la interconexión para formar una red grande. (J.Grainger & D.Stevenson Jr, 1996)

1.2.4 Clasificación de los circuitos de distribución según su construcción.

- Redes de distribución aéreas.
- Redes de distribución subterráneas (soterradas).
- Mixtas.

Redes de distribución aéreas.

En esta modalidad, el conductor que usualmente está desnudo, va soportado a través de aisladores instalados en crucetas, en postes de madera o de concreto.

Al comparársele con el sistema subterráneo tiene las siguientes ventajas:

- Costo inicial más bajo.



- Son las más comunes y materiales de fácil consecución.
- Fácil mantenimiento.
- Fácil localización de fallas.
- Tiempos de construcción más bajos.

Desventajas:

- Mal aspecto estético.
- Menor confiabilidad.
- Menor seguridad (ofrece más peligro para los transeúntes).
- Son susceptibles de fallas y cortes de energía ya que están expuestas a descargas atmosféricas, lluvia, granizo, polvo, temblores, gases contaminantes, brisa salina, vientos, contactos con cuerpos extraños, choques de vehículos y vandalismo.

Redes de distribución subterráneas.

Son empleadas en zonas donde por razones de urbanismo, estética, congestión o condiciones de seguridad no es aconsejable el sistema aéreo. Actualmente el sistema subterráneo es competitivo frente al sistema aéreo en zonas urbanas céntricas.

Tiene las siguientes ventajas:

- Mucho más confiable ya que la mayoría de las contingencias mencionadas en las redes aéreas no afectan a las redes subterráneas.
- Son más estéticas, pues no están a la vista.
- Son mucho más seguras.
- No están expuestas a vandalismo.

Desventajas:

- Su alto costo de inversión inicial.
- Se dificulta la localización de fallas.
- El mantenimiento es más complicado y reparaciones más demoradas.
- Están expuestas a la humedad y a la acción de los roedores.



1.2.5 Clasificación de las cargas de acuerdo a la confiabilidad.

- Cargas de primera categoría.
- Cargas de segunda categoría.
- Cargas de tercera categoría.

Cargas de primera categoría.

Son aquellas en las que una interrupción corta en el suministro de energía eléctrica causa importantes perjuicios al consumidor (riesgo de muerte, daños en procesos de fabricación en masa, daños a equipos costosos como computadoras y máquinas controladas por sistemas electrónicos, centros hospitalarios, sistemas masivos de transporte, etc.). Estas cargas deben tener sistemas alternos de alimentación con conmutación automático y plantas de emergencia (autogeneración).

Cargas de segunda categoría.

Bajo esta categoría se clasifican todas las cargas en las que una pequeña interrupción (no mayor de 5 minutos), no causa grandes problemas al consumidor. Pertenecen a este grupo las fábricas medianas que no tienen complicados y delicados procesos de fabricación pero que causan desocupación de empleados y obreros, etc.

Cargas de tercera categoría

Se clasifican aquí el resto de consumidores, los cuales pueden tener un tiempo de interrupción en un intervalo, en un mes durante el cual no se causa mayores perjuicios. Son entonces los usuarios residenciales, poblaciones rurales y pequeñas fábricas, etc. (Ramirez Castaño, 2005)

1.2.6 Importancia de las redes de distribución.

Las redes de distribución ocupan un lugar importante en el sistema electro energético, siendo su función tomar la energía eléctrica de la fuente y distribuirlas o entregarlas a los consumidores. La efectividad con que las redes de distribución realizan esta función



se mide en términos de regulación de voltaje, continuidad del servicio, flexibilidad, eficiencia y costo.

Las tareas de la distribución son el diseño, construcción, operación y mantenimiento del sistema para poder brindar, al menor costo posible, un servicio eléctrico adecuado al área bajo consideración, en la actualidad y en un futuro próximo.

El costo total, incluyendo construcción, operación y mantenimiento del sistema, debe ser lo más económico posible, en dependencia de la calidad del servicio requerido por la carga en cuestión. El sistema debe ser flexible para permitir exposiciones pequeñas y cambios en las condiciones de carga con un mínimo de modificaciones y gastos. Como se puede apreciar de lo anteriormente expuesto, el diseño, construcción, mantenimiento y operación de las redes de distribución son factores muy importantes a considerar para poder brindar un servicio eléctrico de calidad a un costo razonable.

Las redes de distribución toman diferentes formas dependiendo de las características de la carga a servir, existiendo, sin embargo, varios principios comunes que éstas deben cumplir. Así, las redes de distribución deben brindar servicio con un mínimo de variaciones del voltaje y un mínimo de interrupciones. Las interrupciones del servicio deben ser de corta duración afectar al menor número posible de consumidores. (Antúnes Tornés & Seignorette Elliot, 2005)

1.2.7 Partes componentes de un sistema de distribución.

Un sistema de distribución está compuesto fundamentalmente por:

- Subestaciones de distribución.
- Alimentadores primarios.
- Transformadores de distribución.
- Alimentadores secundarios.
- Acometidas.
- Metros contadores.



Subestaciones de distribución. Son las subestaciones que reciben las líneas de transmisión y subtransmisión y reducen su voltaje a los valores nominales en los circuitos de distribución, 4,16 kV y 13,8 kV, por ejemplo una subestación de 110\13,8 kV que son las más utilizadas en los últimos años y la otra de subestaciones de 33\13,8 kV o subestaciones de 33\4,16 kV que es de las existentes en la ciudad Holguín para los voltajes de 4,16 kV.

Alimentadores primarios o distribución primaria. Son las líneas que saliendo de una subestación de distribución van a alimentar a los transformadores de distribución. Sus valores de voltajes nominales pueden ser de 4,16 kV y 13,8 kV.

Transformadores de distribución. Son los transformadores destinados a reducir el voltaje de los valores usados en los circuitos de distribución primaria de 4,16 kV y 13,8 kV, a los valores de utilización en el sector residencial o estatal tales como industrias de cualquier índole de 120 V a 480 V.

Alimentadores secundarios o de distribución secundaria. Son las líneas que partiendo de los transformadores de distribución van a dar servicio a los consumidores del área por medio de las acometidas.

Acometidas. Son las líneas que partiendo de los alimentadores secundarios se extienden hasta los metros contadores de los consumidores.

Metros contadores. Son los instrumentos conectados a los consumidores, destinados a medir la energía consumida por los mismos. (Nolan Peters & Álvarez Arencibia, 2003-2004)

1.2.8 Mejoras en las redes de distribución.

Durante la explotación de los circuitos de distribución, las condiciones para las cuales los mismos fueron diseñados cambian, ya que la carga varía y la propia red de distribución se modifica. Como resultado de lo anterior varía el régimen de trabajo del circuito, alcanzando parámetros de calidad tales como pérdidas de energía y potencia y caída de voltaje en los nodos que pueden ser intolerables, tanto para los



consumidores como para la propia Empresa de distribución. Surge así la necesidad de devolver al circuito su capacidad para suministrar de manera eficiente la carga ante las nuevas condiciones de operación. Las tareas que se acometen con este fin, reciben el nombre genérico de mejoras a los circuitos de distribución.

Las principales mejoras a emplear en los circuitos de distribución son las siguientes:

- Ajuste de las derivaciones de los transformadores.
- Uso de reguladores de voltaje.
- Inyección y control de reactivo en las líneas.
- Cambio de calibre de los conductores.
- Elevación del voltaje nominal del circuito (Conversión de voltaje).
- Completamiento de los bancos de transformadores en conexión incompleta.
- Construcción de nuevos circuitos. (De la Fé, 2008)

1.3 Elementos de medición

Los elementos de medición en las subestaciones consta de vatímetros, amperímetros, wattímetros, varímetros entre otros, su objetivo fundamental es obtener todas las mediciones precisas de la subestación, ya sea potencia activa y reactiva fundamentalmente, también la potencia aparente. En nuestro sistema electro energético se toman todas las lecturas de las potencias activas y reactivas, lo que nos permite observar la carga que poseen los circuitos de distribución. Esto que nos permite realizar un estudio para saber los horarios de mayor pico eléctrico en el día, mes o año.

También se tiene en cuenta y se toman los datos de los voltajes en barra en los diferentes horarios del día lo que nos ayuda a realizar una comparación con días anteriores para ver el comportamiento del voltaje en barra en los distintos horarios del día. Todas estas mediciones se realizan con el fin de poder llevar a cabo un estudio para realizar un reacomodo de carga con el objetivo de observar la cargabilidad de los circuitos y también para velar que la carga de los circuitos no exceda la capacidad nominal del transformador de la subestación para no sobrecargar el mismo. Todas estas mediciones se realizan cada una hora a cada subestación, grupos electrógenos



Aislados (GEA) y Baterías. Las Mismas se toman en un programa que pasa a una base de datos lo que nos permite obtener la información necesaria en cualquier momento que lo necesitemos.

1.4 Solución del flujo de potencia de redes radiales de distribución.

La solución del problema de flujos de potencia es básica para la mayoría de los análisis que se realizan en sistemas eléctricos de potencia. Esto ha tenido como consecuencia que el esfuerzo que se ha dedicado al desarrollo de métodos de solución sea notable. Los cuales se aplican en una variedad de problemas en grandes redes, los mismos están asociados a la planeación, operación y control de sistemas eléctricos de potencia y distribución, donde los flujos de potencia se resuelven para diferentes casos, por ejemplo, en la evaluación de la seguridad, donde se requiere de resolver situaciones ante contingencias, o como auxiliar en estudios de reconfiguración de redes de distribución, localización de capacitores en las mismas, o para evaluar las condiciones iniciales en estudios de fallas, entre otros.

El estudio más frecuente que se realiza en sistemas eléctricos es el cálculo de las condiciones de operación en régimen estacionario, e involucra básicamente la determinación de los voltajes de las distintas barras de la red; flujo de potencia activa y reactiva de todas las líneas y pérdidas de los transformadores.

Este problema ha sido muy bien tratado en el caso de los sistemas de transmisión donde se han desarrollado una serie de algoritmos que son altamente eficientes en su ejecución; sin embargo estos algoritmos suelen ser no muy adecuados en los sistemas de distribución. Con el objetivo de hacer cada vez más rápido el estudio de flujo potencia en redes de distribución, se han diseñado eficientes algoritmos computacionales. (González Longatt & J.Palencia, 2008)

1.4.1 Problema del flujo de potencia

Uno de los estudios más comunes dentro de los sistemas de potencia es el cálculo de flujo de potencia. La planificación, diseño y operación de los sistemas de potencia



requiere de dicho cálculo para el análisis de su estado estacionario, de su comportamiento bajo diversas condiciones de operación y de los efectos que originan los cambios en la configuración de los equipos que integran el sistema de potencia.

La interrogante básica del problema de flujo de potencia es, dada la potencia consumida por las cargas en todas las barras de una configuración conocida de un sistema de potencia y con la potencia producida por cada uno de los generadores, se determinará el flujo de potencia en cada línea y transformador que interconecta la red, además se encontrará la magnitud y el ángulo de fase del voltaje en cada una de las barras.

Para la resolución de este problema una representación monofásica es adecuada, debido a que usualmente los sistemas de potencia son balanceados. Asociados con cada una de las barras existen cuatro cantidades; la potencia real y reactiva, la magnitud del voltaje y su ángulo de fase. Tres tipos de barras son representados en los cálculos de flujo de potencia y en cada uno de estos tipos de barra, dos de las cantidades son especificadas.

Existen varias combinaciones de las cantidades que son usualmente especificadas para las barras de un sistema en el cual se realizará un estudio de flujo de potencia. Dichas combinaciones se encuentran en la Tabla 1, que se presenta a continuación:

Tabla 1 Clasificación de las Barras para el cálculo de Flujo de Potencia

Clasificación	Tipo	Conocidos	Desconocidos
Barra Slack o Flotante	V- δ	V- δ	P-Q
Barras de Carga	P-Q	P-Q	V- δ
Barras de Control	P-V	P-V	Q- δ

- Barra Slack o Flotante (V- δ): en esta barra (única en el sistema) se especifica su voltaje, el cual es constante en magnitud y ángulo de fase. A partir de un generador que está situado en la barra, se suplirán todas las pérdidas de la red; esto es necesario debido a que la magnitud de las pérdidas no son conocidas hasta que el



cálculo de las corrientes este completo. Pero dicha situación no puede ser lograda a menos que una barra no tenga su energía limitada para que pueda cubrir las pérdidas existentes en el sistema.

- Barras de Carga (P-Q): en estas barras la potencia compleja o aparente es especificada.
- Barras de Control tipo P-V: la magnitud del voltaje y de la potencia real son especificados. A menudo los límites de la potencia reactiva son dados sobre la dependencia de las características individuales de las máquinas.

Los estudios de flujo de potencia son llevados a cabo con la finalidad de investigar lo siguiente:

- El flujo de potencia activa (MW) y de potencia reactiva (MVar) a través de las ramas de la red.
- Los voltajes en las barras del sistema.
- El efecto de rearmar circuitos y de incorporar nuevos circuitos en un sistema cargado.
- El efecto de las pérdidas temporales de los generadores y circuitos de transmisión en los sistemas cargados.
- Efecto de la inyección en fase y cuadratura de los impulsos de voltaje sobre los sistemas cargados.
- Las condiciones óptimas de ejecución del sistema y de distribución de cargas.
- El nivel óptimo de pérdidas en el sistema.
- El rango óptimo de los taps de los transformadores.
- Las mejoras a partir del cambio del calibre de los conductores del sistema.

Los estudios de flujo de potencia son desarrollados para condiciones mínimas de carga (posibilidad de inestabilidad debida a niveles altos de voltaje y de auto-excitación de las máquinas de inducción) y de máxima carga (posibilidad de inestabilidad en la sincronización). Una vez cerciorado que una red se comporta razonablemente bajo esas condiciones adicionales, los flujos de potencia se realizarán para intentar optimizar varias cantidades.



En el problema de flujo de potencia se deben distinguir los parámetros que caracterizan la red (r , x y b de líneas, transformadores phase shifters y cambiadores de tomas), los parámetros de la carga y las variables que son especificadas como dependientes, estas son mayoritariamente la generación de potencia activa, niveles de voltaje y algunas veces la generación de reactivo.

El análisis de la solución de este problema para numerosas condiciones, ayuda a asegurarse de que el sistema de potencia sea diseñado para un criterio satisfactorio de rendimiento, mientras incurre en los más favorables costos de inversión y operación.

En el cálculo de flujo de potencia se determina el estado del sistema de potencia para una carga y generación. La representación de la condición de estado estacionario se toma como si dicha condición fuera mantenida fija por algún tiempo. En la actualidad, los flujos de las líneas y los voltajes de las barras fluctúan constantemente en pequeñas cantidades, debido a que las cargas cambian constantemente, como las luces, motores y otras cargas que se encienden y apagan. De todas maneras esas pequeñas fluctuaciones pueden ser ignoradas en el cálculo de los efectos del estado estacionario sobre los equipos del sistema.

Como la distribución de carga, y posiblemente la red, variarán considerablemente durante diversos periodos de tiempo, puede ser necesario obtener soluciones de flujos de potencia que representen las diferentes condiciones del sistema, tales como los picos de carga, los niveles promedio de carga o los niveles bajos de carga. Estas soluciones serán empleadas para determinar cualquiera de los modos óptimos de operación para condiciones normales, tal como la adecuada ubicación de los dispositivos de control de voltaje, o cómo el sistema responderá a las condiciones anormales de funcionamiento, tales como la salida de líneas o de transformadores. Los flujos de potencia forman la base para la determinación de cuándo son necesarias nuevas adiciones a los equipos, la efectividad de nuevas alternativas para solventar las deficiencias presentes y responder a los futuros requerimientos del sistema. (Muñoz Montecinos, 1989)



Las dos consideraciones primarias para el desarrollo de un programa de ingeniería, en este caso para la resolución del problema de flujo de potencia son:

- La formulación de una descripción matemática del problema.
- La aplicación de un método numérico para una solución. El análisis del problema debe considerar la interacción entre esos dos factores.

La formulación matemática del problema del flujo de potencia resulta en un sistema de ecuaciones algebraicas no lineales. Esas ecuaciones pueden ser establecidas por el uso de esquema de barra o lazos, los coeficientes de las ecuaciones dependen de la selección de las variables independientes, y se pueden considerar tanto matrices de impedancia como de admitancia.

La solución de las ecuaciones algebraicas que describen el sistema de potencia es basada en una técnica iterativa debido a su no linealidad. La solución debe satisfacer las Leyes de Kirchhoff. Una u otra de esas leyes son usadas para probar la convergencia de la solución en el método computacional iterativo. Otras restricciones colocadas en la solución son: los límites de capacidad de potencia reactiva de las fuentes, el ajuste del cambiador de toma (cambia taps) en transformadores con cambiador de toma bajo carga y el intercambio especificado de potencia entre sistemas interconectados. (Jorel & Rúiz, 2007)

Sin embargo estos algoritmos han sido diseñados pensando exclusivamente en redes de transmisión por lo que en su modelación están implícitas sus características básicas. Desequilibrios despreciables, transposiciones, alto valor de la razón X/R y susceptancias apreciables en líneas. Este hecho hace que la aplicación de estos algoritmos en sistemas de distribución no arroje resultados satisfactorios y en la mayoría de los casos difícilmente obtenga convergencia.

Métodos tradicionales del flujo de potencia.

1- Método Gauss-Seidel (directo e indirecto).

- Gauss-Seidel indirecto (matriz admitancia de barra).



- Gauss-Seidel directo (matriz impedancia de barra).

2- Método Newton-Raphson (versiones, completa y desacopladas).

- Newton-Raphson (desacoplado y desacoplado rápido).

(José Cidrás Piedre, Antonio Fernández Otero, 1995)

Existen otros métodos como son:

- Método de Céspedes.
- Método Dariush Shirmohammadi.
- S.Ghosh y D.Das.
- Método iterativo.
- Método escalonado (Ladder Method).
- Método suma de corrientes (Current Summation Method).
- Método suma de potencias (Power Summation Method). (Acosta Montoya, 2009)

1.4.2 Principales parámetros eléctricos a obtener con la realización del flujo de potencia.

Parámetros eléctricos fundamentales a obtener son:

- Potencia activa de las cargas (kW).
- Potencia reactiva de las cargas (kVar).
- Corto circuitos (monofásicos, bifásicos y trifásicos).
- Flujo de carga.
- Pérdida de potencia activa (kW).
- Pérdida de potencia reactiva (kVar).
- Pérdidas de potencia activa en las líneas (kW).
- Pérdidas de potencia reactiva en las líneas (kVar).
- Pérdidas del cobre del transformador (kW).
- Pérdidas en el hierro del transformador (kW).
- Pérdidas totales de potencia activa (kW).



- Porcentaje de pérdidas de potencia (%).
- Potencia reactiva de capacitores (kVar).
- Potencia activa de cogeneración (kW).
- Potencia reactiva de cogeneración (kVar).
- Factor de potencia del circuito.
- Energía activa de las cargas (MWh).
- Energía reactiva de las cargas (MVar/h).
- Pérdida de energía en las líneas (MW/h).
- Pérdida de energía en el cobre del transformador (MW/h).
- Pérdida de energía en el hierro del transformador (MW/h).
- Pérdidas totales de energía (MW/h).
- Porcentaje de pérdidas de energía (%).

1.5 Conclusiones del capítulo

- Se definieron las características generales de los circuitos de distribución urbanos.
- Se determinaron los principales métodos a tener en cuenta para realizar el flujo de potencia.
- El análisis bibliográfico reveló las principales acciones que se pueden realizar en estos circuitos para mejorar las pérdidas eléctricas.



CAPÍTULO II DETERMINACIÓN DE LAS PÉRDIDAS DE POTENCIA ACTIVA EN LOS CIRCUITOS DE DISTRIBUCIÓN.

2.1 Introducción

El crecimiento desmesurado de los equipos de cómputo en las últimas décadas ha contribuido a la aparición de un sinnúmero de software para realizar la corrida de flujo o flujo de potencia en redes de distribución. En nuestro país existe un amplio número de estos, entre los más promovidos en el territorio tenemos EASY POWER, ETAP, PSX, DYCSE y el RADIAL. Estos softwares permiten simular en estado estacionario el comportamiento de las redes eléctricas en proyección o ante la modificación de una ya existente, permitiéndole a los ingenieros tener una mayor información de las variables eléctricas y realizar cambios a partir de estos resultados.

2.1.1 Descripción general de la red de distribución primaria del municipio de Holguín.

La red de distribución primaria del municipio de Holguín está compuesta por circuitos radiales, que como su nombre lo indica, reciben el suministro de energía por un solo punto. El recorrido de los mismos se realiza a lo largo de las calles de la ciudad y carreteras, y de ellos se van sirviendo los consumidores de sus áreas correspondientes.

En la figura 2.1 se observa la situación actual de los circuitos de distribución del municipio de Holguín. También se muestra la posición de cada una de ellas con respecto a la otra, también se pueden observar los circuitos de estas tres subestaciones que poseen enlaces por la distribución entre ellas para poder tener una mayor confiabilidad de la distribución de la ciudad de Holguín. Estos lazos permiten que en caso de fallas se pueda asumir la carga al menos de unos circuitos por las otras subestaciones, los demás quedarían afectados por déficit de capacidad e imposibilidad de asumir la totalidad de la carga.

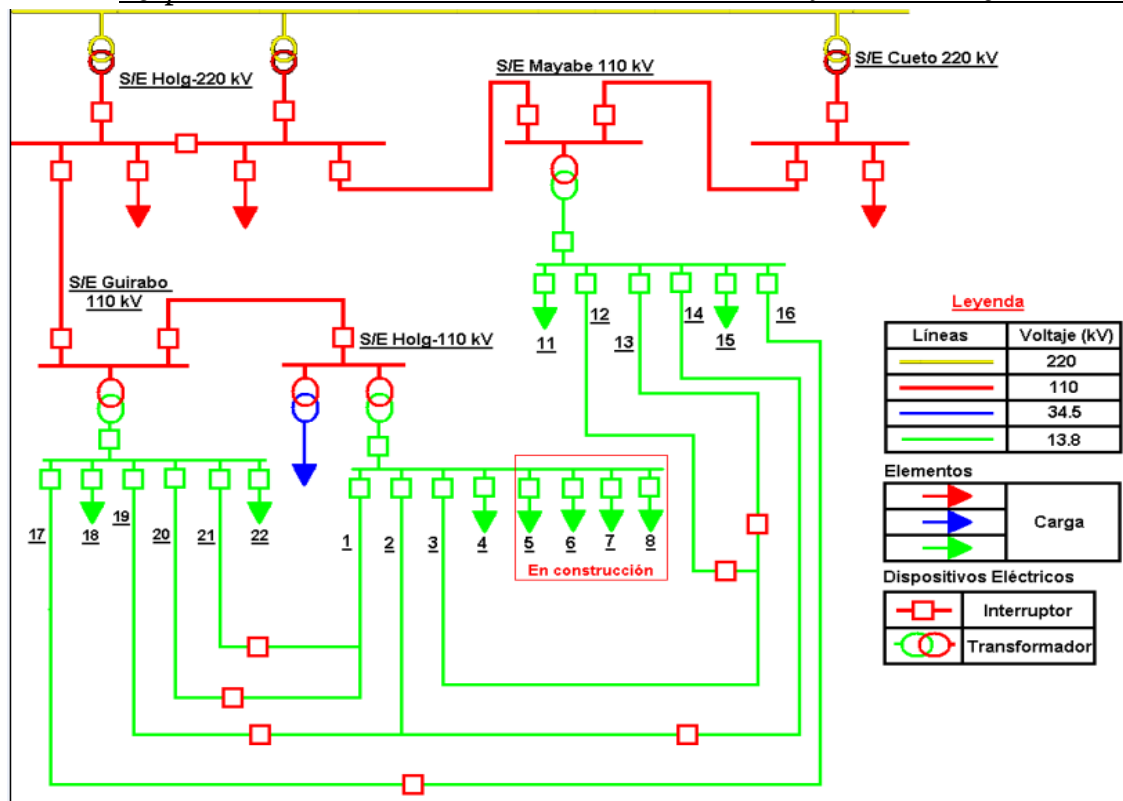


Figura 2.1 Esquema actual de la ciudad de Holguín con las tres subestaciones de 110/13.8 kV.

El sistema electroenergético del municipio de Holguín está compuesto por:

- | | |
|---|------------|
| ➤ Km de líneas de transmisión | 67,2 Km |
| ➤ Km de líneas de subtransmisión | 192,255 Km |
| ➤ Km. de líneas de distribución primaria de 13,2 kV | 761,16 Km |
| ➤ Km. de líneas de distribución primaria de 4,16 kV | 6,30 Km |
| ➤ Total de Km de líneas primarias | 1027,37 Km |
| ➤ Km de líneas secundarias | 868,67 Km |
| ➤ Total de Km de líneas de distribución primaria | 767,46 Km |
| ➤ Total de clientes | 16739 Km |
| ➤ Total de transformadores | 4097 Km |
| ➤ Consumidores residenciales | 113357 Km |
| ➤ Consumidores estatales | 3382 Km |
| ➤ Total de consumidores | 116739 Km |



Además contamos con tres subestaciones atendidas que son las tres subestaciones de 110\13,8 kV existentes con el propósito de agregar una cuarta subestación de igual condiciones a las anteriores.

Subestaciones atendidas

- Subestación Holguín 110 kV o (Holguín-1).
- Subestación Mayabe 110 kV o (Holguín-2).
- Subestación Guirabo 110 kV o (Holguín-3).

El municipio de Holguín consta de 33 circuitos de distribución primaria, 31 circuitos de 13,8 kV y dos de 4,16 kV, con un total de 116739 consumidores. En la subestación Holguín 110\13,8 kV (Holguín-1) cuenta con 4 circuitos de distribución, los circuitos 1,2,3 y el circuito Alcides Pino, el circuito 2 alimenta los dos circuitos de 4,16 kV a través de un transformador de 13,8\4,16 kV, la subestación Mayabe 110\13,8 kV(Holguín-2) cuenta con 6 circuitos de distribución, ellos son los circuitos 11,12 13,14,15,16 y por último la subestación Guirabo 110\13,8 kV(Holguín-3) que cuenta con 5 circuitos de distribución 17,18,19,20,21,22.El circuito 18 es de reserva porque aún no se ha construido la línea de distribución de este circuito y se utiliza el interruptor en caso de emergencia de daño de algún interruptor en la subestación.

En este trabajo se le realizará el estudio y flujo de potencia de todos los circuitos de distribución de las tres subestaciones de 110\13,8 kV existentes en el municipio de Holguín, en estos momentos para poder determinar el mejor lugar para colocar la cuarta subestación de 110\13,8 kV.

Los circuitos de distribución en su mayoría al menos en el tronco del circuito cuenta con un conductor 150mm con la posibilidad de transferir por su línea hasta 17,85 MVA de otro circuito de distribución de alguna de las otras dos subestaciones de 110\13,8 kV, esto permite la posibilidad de realizar lazos entre los circuitos de distribución de las tres subestaciones de 110\13,8 kV existentes en el municipio de Holguín, para eliminar o disminuir lo más posible la interrupción eléctrica a los usuarios.



2.2 Descripción de las tres subestaciones de 110 kV Holguín y sus circuitos.

2.2.1 Subestación Holguín 110 kV (Holguín-1)

La subestación Holguín 110 kV (Holguín-1) es una subestación 110\13,8 kV, se encuentra situada en el reparto Zayas en la periferia de la ciudad de Holguín. La misma se alimenta del interruptor 8830 de la barra uno de la subestación Holguín 220 kV, ya en la entrada de la subestación Holguín 110 kV se alimenta de la línea de 110 kV a través del interruptor HG-101. La misma consta de dos transformadores de 25 MVA, uno de ellos el transformador T-3 con conexión doble estrella aterrada ($Y_n \setminus Y_n$) de 110\13,8 kV, alimenta la barra de 13,8 kV a través del interruptor 4250 totalizador de la barra de 13,8 kV. De este totalizador se alimentan 4 circuitos de distribución a través de los siguientes interruptores; el interruptor 4230 circuito # 1, el interruptor 4235 circuito 2, el interruptor 4240 circuito 3 y el interruptor H-980 el circuito Alcides Pino. Del circuito 2 se alimentan los circuitos de 4,16 kV, el circuito Máximo Gómez y el circuito Miró a través de un transformador de 4 MVA de 13,8/4,16 kV, el mismo tiene una conexión delta-estrella ($\Delta \setminus Y$), del mismo se alimenta el interruptor nulec que alimenta estos dos circuitos de 4,16 kV, estos circuitos constan de doble alimentación a través del circuito 2 interruptor 4230 que es la alimentación principal de estos circuitos de 4,16 kV a través de las cuchillas H-2372 y la otra alimentación que es del circuito Alcides Pino del interruptor H-980 a través de las cuchillas H-2371. Con un total de clientes de 45219 y 1077 transformadores instalados en los circuitos de distribución, con una extensión de 83,027 Km contando los dos circuitos de 4,16 que se alimentan del circuito# 2 Miró y Máximo Gómez. Los cuatro circuitos de distribución de 13,8 kV tienen una extensión de 77,909 Km.

El otro transformador de 25 MVA de 110\33 kV con igual conexión que el transformador que alimenta la barra de 13,8kV alimenta dos interruptores de 33 kV, los interruptores 9771 y el 9772, el interruptor 9771 alimenta la batería de La Yabita. El interruptor 9772 alimenta al interruptor 6010 que alimenta las subestaciones de distribución de Uñas y Velasco del municipio de Gibara. Esta subestación cuenta con 27732 consumidores en total con sus 4 circuitos de distribución.



Circuito 1 Holguín

El circuito 1 está energizado a 13,8 kV desde la subestación Holguín 110 kV (Holguín-1) de 110\13,8 kV que está situada en el reparto Zayas. El mismo es alimentado a través del interruptor 4230, recorre parte de la ciudad partiendo desde el reparto Zayas y corriendo el mismo por la calle Carbó en su mayoría y por la avenida Capitán Urbino, el mismo posee enlace por la distribución con los circuitos 20 y 21 que se alimentan de la subestación Guirabo 110 kV (Holguín-2) de 110\13,8 kV. El enlace con el circuito 21 a través del interruptor nucle H-2230(N/A) tele comandado situado en la calle Mariana de la Torre y calle 12, y con el circuito 20 a través del juego de cuchillas H-2238(N/A) situado en calle Carbó y avenida Capitán Urbino. Este circuito es un circuito residencial en su gran mayoría con un total de 14837 consumidores en general y 321 transformadores instalados, con una extensión de 22,879 Km.

Consumidores(tercera categoría)

- Reparto Libertad.
- Salida de San Andrés.
- Reparto el Llano.
- Reparto Zayas.
- Barrio El Progreso.
- Palacio de los matrimonios.
- Restaurant Mirador Loma de la Cruz.

Consumidores (primera y segunda categoría)

- Segunda alimentación del Hospital Lenin.
- Bacteriológico.

Circuito 2 Holguín



El circuito 2 está energizado a 13,8 kV desde la subestación Holguín 110 kV (Holguín-1) de 110\13,8 kV que está situada en el reparto Zayas. El mismo es alimentado a través del interruptor 4235, recorre parte de la ciudad partiendo desde el reparto Zayas y corriendo el mismo por la calle Morales Lemus en su mayoría. El mismo posee enlace por la distribución con los circuitos 19, 14 y Alcides Pino que se alimentan de la subestación Guirabo 110 kV (Holguín-2) de (110\13,8 kV), de la subestación de Mayabe 110 kV de 110\13,8 kV y de la subestación Holguín 110 kV (Holguín-1) de 110\13,8 kV. El enlace con el circuito 19 es a través del interruptor nucle H-2272(N|A) situado en la calle General Salazar y Morales Lemus, con el circuito 14 a través del interruptor en aire (chuchó en aire) 201 (N|A) situado en la calle Morales Lemus entre General Salazar y calle segunda y con el circuito Alcides Pino a través de las cuchillas H-2323 situada en General Feria y carretera de Gibara. Este circuito alimenta además dos circuitos de 4,16 kV, los circuitos Miró y Máximo Gómez a través de un transformador de 4 MVA de 13,8\4,16 kV. Este circuito residencial casi en su totalidad con un total de 6146 consumidores en general y 295 transformadores instalados, con una extensión de 15,251 Km.

Consumidores(tercera categoría)

- Consumidores de la calle Morales Lemus de la ciudad.
- Semáforo de la calle Morales Lemus.
- Educación municipal.

Circuito 3 Holguín

El circuito 3 está energizado a 13,8 kV desde la subestación Holguín 110 kV (Holguín-1) de 110\13,8 kV que está situada en el reparto Zayas. El mismo es alimentado a través del interruptor 4240, recorre parte de la ciudad partiendo desde el reparto Zayas y corriendo el mismo por la calle Fomento y por la carretera de Mayarí en su gran mayoría. El mismo posee enlace por la distribución con los circuitos Rotonda-1, el 12 y 13 que se alimentan de la subestación Mayabe 110 kV (Holguín-3) de 110\13,8 kV. El enlace con el circuito Rotonda-1 a través de las cuchillas 303(N|A), con 13 es a través del interruptor nucle H-2157(N|A) situado en la carreta de Mayarí frente al Numa, y con el circuito 12 a través de



las cuchillas H-1946(N/A) situadas por el estadio Feliú Leyva. Este circuito es en su mayoría residencial con un total de 10982 consumidores en general y 262 transformadores instalados, con una extensión de 12,279 Km.

Consumidores(tercera categoría)

- Reparto Zayas.
- Vista Alegre.
- La Quinta.
- Secundaria Lidia Doce
- Consultoría jurídica.
- Estadio Feliú Leyva.

Consumidores(primer y segunda categoría)

- Hospital Pediátrico.
- Fábrica de Helados.

Circuito Alcides Pino

El circuito Alcides Pino está energizado a 13,8 kV desde la subestación Holguín 110 kV (Holguín-1) de 110\13,8 kV que está situada en el reparto Zayas. El mismo es alimentado a través del interruptor H-980, recorre parte de la ciudad partiendo desde el reparto Zayas y corriendo el mismo por la carretera de Gibara casi en su totalidad .El mismo posee enlace por la distribución con el circuito 2 de Holguín 110 kV (Holguín-1) de 110\13,8 kV), de la misma subestación que se alimenta este circuito de Alcides pino. El enlace es a través de las cuchillas H-2323 (N/A) situadas en General Feria y carretera de Gibara. Este circuito es residencial casi en su totalidad con un total de 9168 consumidores en general y 199 transformadores instalados, con una extensión de 27,500 Km.

Consumidores(tercera categoría)

- Reparto Luz.
- Reparto Alcides Pino.



- Reparto Pedro Navajas.
- Los Guillenes.
- El Tahití.
- Los Lirios.
- Camarones.
- Matadero porcino.
- Empresa pecuaria.

Consumidores (primera y segunda categoría)

- Policlínico Alcides Pino.
- Fábrica de sarcófagos.
- Potabilizadora.
- Planta de filtro.
- Rebombeo de Alcides Pino.

2.2.2 Subestación Mayabe 110 kV (Holguín-2)

La subestación Mayabe 110 kV (Holguín-2) es una subestación de 110\13,8 kV, la misma está situada en carretera del Valle y circunvalación en la periferia de la ciudad. Esta subestación se alimenta del interruptor 8820 de la barra dos de la subestación Holguín 220 kV, y de la barra uno de la subestación Cueto 220 kV a través del interruptor CU-101, ya en la propia subestación Mayabe 110kV se alimenta por la línea de 110 kV de Cueto a través del interruptor MY-101 y por la línea de 110 kV de Holguín 220 kV a través del interruptor MY-102. En la misma existe un transformador de 25 MVA de 110\13,8 kV con conexión doble estrella aterrada-delta ($Y_n \setminus Y_n \setminus D_1$). Alimenta la barra de 13,8 kV a través del interruptor H-2000 totalizador de la barra de 13,8 kV que a su vez alimenta 6 circuitos de distribución por los siguientes interruptores; circuito 11 por el interruptor H-2005, el circuito 12 interruptor H-2010, circuito 13 interruptor H-2015, circuito 14 interruptor H-2020, circuito 15 interruptor H-2025 y el circuito 16 interruptor H-2030. Todos los interruptores por 13,8kV de esta subestación son interruptores truck extraíbles (que se pueden retirar de la celda). Esta subestación cuenta con sus 5 circuitos de distribución con



un total de 25323 consumidores en general y 860 transformadores instalados en los circuitos de distribución, con una extensión de 117,64 Km.

Circuito 11 de Mayabe

El circuito 11 está energizado a 13,8 kV desde la subestación Mayabe 110 kV (Holguín-2) de 110\13,8 kV que está situada en circunvalación y carretera del mirador. El mismo es alimentado a través del interruptor H-2005, recorre fundamentalmente por la circunvalación y la carretera de Mayarí. El mismo posee enlace por la distribución con el circuito 12 Mayabe 110 kV (Holguín-2) de 110\13,8 kV, y se alimenta de la misma subestación que se alimenta este circuito. El enlace es a través de las cuchillas H-2033(N/A) situadas en la carretera de Mayarí al frente del monumento del Che y través de las cuchillas H-2088 (N/A) situadas en calle 62 en el ramal del estado mayor del Ejército Oriental. También posee enlace con el circuito de Las Biajacas a través de las cuchillas V-301(N/A) situada en carretera de Mayarí en el barrio de San Rafael. Este circuito es residencial casi en su totalidad con un total de 9521 consumidores en general 4085 y 191 transformadores instalados, con una extensión de 17,011 Km.

Consumidores (tercera categoría)

- Comunidad Pedro Días Coello.
- Comunidad Hermanos Aguileras.
- Cayo de Mayabe.
- Pedagógico Oscar de la Luz y Caballero.
- Club de oficiales.
- Eide Pedro Días Coello
- Emprestur.
- Lavandería unicornio del Mintur.

Consumidores (primera y segunda categoría)

- Hospital militar.
- Estado mayor del Ejército Oriental.



- Fábrica de Refresco.
- Potabilizadora.
- Fábrica de hielo china.

Circuito 12 de Mayabe

El circuito 12 está energizado a 13,8 kV desde la subestación Mayabe 110 kV (Holguín-2) de 110\13,8 kV que está situada en circunvalación y carretera del mirador. El mismo es alimentado a través del interruptor H-2010, recorre fundamentalmente por la carretera del valle de Mayabe, por la avenida Internacionalistas y por la carretera de Mayarí. El mismo posee enlace por la distribución con el circuito 11y 13 Mayabe 110 kV (Holguín-2) de 110\13,8 kV, y se alimenta de la misma subestación que se alimenta este circuito. También posee enlace y con el circuito 3 de la subestación Holguín 110 kV (Holguín-1) de 110\13,8 kV. El enlace con el circuito 11 es a través de las cuchillas H-2033 (N/A) situadas en la carretera de Mayarí al frente del monumento del Che y través de las cuchillas H-2088 (N/A) situadas en calle 62 en el ramal del estado mayor del Ejército Oriental. El enlace con el circuito 13 es a través del interruptor en aire V-106(N/A) situado en carretera de Mayarí frente a la fábrica de compotas el Turquino, también a través de las cuchillas H-2358 (N/A) situada en Expo Holguín y a través de las cuchillas 314 (N/A) situadas al lado de la base de taxis y frente al estadio de béisbol Calixto García en el reparto San Field. También posee enlace con el circuito # 3 través de las cuchillas H-1946 (N/A) situadas al lado del campo de béisbol Feliú Leyva. Este circuito es residencial pero con una gran cantidad de consumidores estatales importantes, con un total de clientes de 1901 en general y 165 transformadores instalados, con una extensión de 14,946 Km.

Consumidores (tercera categoría)

- Nuevo Holguín.
- El Bosque.
- Universidad Oscar Lucero Moya.
- Fiscalía militar.
- Gerencia del Cimex.
- Politécnico Luis de Feria Garayalde.



- Estadio Calixto García.

Consumidores (primera y segunda categoría)

- Tercera alimentación del hospital pediátrico.
- Partido provincial.
- Plaza de la Revolución.
- Hotel Pernik.
- Laboratorio de criminalística.
- Hotel El Bosque
- Fábrica de compota El Turquino.
- Expo Holguín.

Circuito 13 Mayabe

El circuito 13 está energizado a 13,8 kV desde la subestación Mayabe 110 kV (Holguín-2) de 110\13,8 kV que está situada en circunvalación y carretera del mirador. El mismo es alimentado a través del interruptor H-2015, recorre fundamentalmente por circunvalación y avenida Internacionalista. El mismo posee enlace por la distribución con el circuito 12 Mayabe 110 kV (Holguín-2) de 110\13,8 kV), el mismo se alimenta de la misma subestación que se alimenta este circuito. También posee enlace y con el circuito 3 de la subestación Holguín 110 kV (Holguín-1) de 110\13,8 kV. El enlace con el circuito 12 es a través de través del interruptor en aire V-106 (N/A) situado en carretera de Mayarí frente a la fábrica de compotas el Turquino, también a través de las cuchillas H-2358 (N/A) situada en Expo Holguín , también a través de las cuchillas 314(N/A) situadas al lado de la base de taxis y frente al estadio de béisbol Calixto García en el reparto San Field y con el circuito 3 a través del interruptor nucle H-2157 (N/A) situado frente al Numa Este circuito es residencial en su mayoría con un total de clientes 5771 en general y 127 transformadores instalados, con una extensión de 20,318 Km.

Consumidores(tercera categoría)

- Reparto San Field.



- Reparto Peralta
- Reparto La Aduana.
- Terminal de ómnibus Las Baleares.

Consumidores (primera y segunda categoría)

- Segunda alimentación del hospital pediátrico.
- Fábrica de cigarros.
- Segunda alimentación del hospital Clínico Quirúrgico.
- Fábrica de tabaco.
- Banco de Sangre.

Circuito 14 Mayabe

El circuito 14 está energizado a 13,8 kV desde la subestación Mayabe 110 kV (Holguín-2) de 110\13,8 kV que está situada en circunvalación y carretera del mirador. El mismo es alimentado a través del interruptor H-2020, recorre fundamentalmente por la circunvalación y los repartos Pueblo Nuevo, 26 de Julio Hilda Torres y Villa Nueva. El mismo posee enlace por la distribución con el circuito 15 de Mayabe 110 kV (Holguín-2) de 110\13,8 kV que se alimenta de la misma subestación que se alimenta este circuito. También posee enlace y con el circuito 2 de la subestación Holguín 110kV (Holguín-1) de 110\13,8 kV.

El enlace con el circuito 15 es a través de las cuchillas H-2109 (N/A) situadas en la calle Morales Lemus en el reparto Pueblo Nuevo y a través del interruptor en aire 201(N/A) situado en la misma calle Morales Lemus del reparto Pueblo Nuevo. Este circuito es residencial con un total de clientes de 6791 en general y 149 transformadores instalados, con una extensión de 15,282 Km.

Consumidores (tercera categoría)

- Reparto Pueblo Nuevo.
- Reparto Hilda Torres.
- Reparto Villa Nueva.



- Escuela de trabajadores sociales.
- Metrología.

Consumidores (primera categoría y segunda categoría)

- Hospital Clínico Quirúrgico.
- Casa del crónico renal.
- Aserrio y galletería.

Circuito 15 Mayabe

El circuito 15 está energizado a 13,8 kV desde la subestación Mayabe 110 kV (Holguín-2) de 110\13,8 kV que está situada en circunvalación y carretera del mirador. El mismo es alimentado a través del interruptor H-2025, recorre fundamentalmente por la circunvalación y el reparto Pueblo Nuevo. El mismo posee enlace por la distribución con el circuito 14 y 16 de Mayabe 110 kV (Holguín-2) de 110\13,8 kV que se alimentan de la misma subestación que se alimenta este circuito. El enlace con el circuito 14 es a través de las cuchillas H-2109 (N/A) situadas en la calle Morales Lemus en el reparto Pueblo Nuevo y con el circuito 16 a través de las cuchillas H-1848 (N/A) situadas en calle 18 del reparto Pueblo Nuevo. Este circuito es residencial en su mayoría con un total de clientes de 5028 en general y 109 transformadores instalados, con una extensión de 25,316 Km.

Consumidores (tercera categoría)

- Reparto Pueblo Nuevo.
- Reparto Hilda Torres.
- Comando 25 de los bomberos.

Consumidores (primera y segunda categoría)

- Hogar Materno.
- Fábrica de Caramelos

Circuito 16 Mayabe



Capítulo II Determinación de las Pérdidas de Potencia Activa en los Circuitos

El circuito 16 está energizado a 13,8 kV desde la subestación Mayabe 110 kV (Holguín-2) de 110\13,8 kV que está situada en circunvalación y carretera del mirador. El mismo es alimentado a través del interruptor H-2025, recorre fundamentalmente por la circunvalación y los repartos Pueblo Nuevo, 26 de Julio y el ramal del barrio Mayabe y carretera del Mirador. El mismo posee enlace por la distribución con el circuito 16 y 17 de Mayabe 110 kV (Holguín-2) de 110\13,8 kV que se alimenta de la misma subestación que se alimenta este circuito. El enlace con el circuito 16 es a través de las cuchillas H-1848 (N/A) situadas en la calle 18 del reparto pueblo Nuevo y con el circuito 17 a través del interruptor nulec H-2315(N/A) situado en calle Manuel Angulo del reparto Pueblo Nuevo. Este circuito es residencial en su mayoría con un total de clientes de 1747 en general y 119 transformadores instalados, con una extensión de 24,767 Km.

Consumidores (tercera categoría)

- Reparto Pueblo Nuevo.
- Reparto Hilda Torres.
- Reparto 26 de Julio.
- Barrio El Yayal.
- Barrio Mayabe.
- Barrio Cañadón.
- Barrio La Cuaba.
- Barrio La Macagua.
- Contingente.
- División mambisa.
- Feria agropecuaria.
- Parque de diversiones.

Consumidores (segunda categoría)

- Fábrica Súchel S.A.
- Restaurant del Mirador de Mayabe.
- Casa de visita TSA.
- Casa de visita villa azúcar.



2.2.3 Subestación Guirabo 110 kV (Holguín-3)

La subestación Guirabo 110 kV (Holguín-3) se encuentra situada en la carretera de Guirabo entre carretera y circunvalación en la periferia de la ciudad. La misma se alimenta de la subestación Holguín 220 kV a través del interruptor de la barra uno 8830, en la subestación se alimenta por la línea de 110 kV desde la subestación Holguín 110 kV a través del interruptor GR-101 y por la línea de 110 kV de Cueto a través del interruptor GR-102. En esta subestación se encuentra instalado un transformador de 25MVA de 110\13,8 kV conexión doble estrella-delta ($Y_n \backslash Y_n \backslash D_1$). Este transformador alimenta la barra de 13,8 kV por el interruptor H-2140 totalizador de la barra de 13,8 kV que a su vez alimenta 5 circuitos de distribución por los siguientes interruptores; circuito 20 interruptor H-2145, circuito 21 interruptor H-2150, circuito 18 interruptor H-2155 es de reserva no tiene línea construida, está en proyecto con las nuevas inversiones, mientras tanto se utiliza el interruptor en caso de emergencia de daño de un interruptor de la subestación, circuito 17 interruptor H-2160, circuito 22 interruptor H2165 y el circuito 19 con el interruptor H2170. Todos los interruptores por 13,8 kV de esta subestación son interruptores truck extraíbles (que se pueden retirar de la celda). Esta subestación cuenta con sus 6 circuitos de distribución con un total de 16607 consumidores en general y 738 transformadores instalados, con una extensión de 122,428 Km.

Circuito 20 Guirabo

El circuito 20 está energizado a 13,8 kV desde la subestación Guirabo 110 kV (Holguín-3) de 110\13,8 kV que está situada en carretera de Guirabo y circunvalación. El mismo es alimentado a través del interruptor H-2145, recorre fundamentalmente por la carretera a Guirabo, carretera central vía Habana y calle Carbó y los repartos Santiesteban y reparto Libertad. El mismo posee enlace por la distribución con los circuitos 19 y 21 de Guirabo 110 kV (Holguín-3) de 110\13,8 kV que se alimentan de la misma subestación que se alimenta este circuito. El enlace con el circuito 19 es a través de las cuchillas H-2241 (N/A) situadas en la en carretera central y calle Aricochea, con el circuito 21 a través del interruptor aire H-1844 (N/A) situado en avenida de Los Álamos y calle Carbó. También tiene enlace con el circuito # 1 de Holguín 110 kV (Holguín-1) de 110\13,8 kV a través de



las cuchillas H-2293 (N/A) situada en calle Prado y a través de las cuchillas H-2238 (N/A) situadas en calle Carbó. Este circuito es residencial en su mayoría con un total de clientes de 2883 en general y 94 transformadores instalados, con una extensión de 3,896 Km.

Consumidores (tercera categoría)

- Reparto Santiesteban.
- Palacio de pioneros.
- Escuela secundaria La Fornet.
- Ciencias Médicas.

Consumidores (primera y segunda categoría)

- Cuarta alimentación del hospital Lenin.
- Empresa de montajes especiales.
- Funeraria Los Álamos.
- Fábrica de calzado.
- TRD El Mónaco.
- Panaderías Nuevo Amanecer y La Mirian.

Circuito 21 Guirabo

El circuito 21 está energizado a 13,8 kV desde la subestación Guirabo 110 kV (Holguín-3) de 110\13,8 kV que está situada en carretera de Guirabo y circunvalación. El mismo es alimentado a través del interruptor H-2150, recorre fundamentalmente por la carretera a Guirabo, y carretera central vía Habana. Recorriendo los barrios de Ciudad Jardín y Nuevo Llano fundamentalmente. El mismo posee con los circuitos el circuito 20 y 22, que se alimentan de la misma subestación y con el circuito 1 que se alimenta de la subestación Holguín 110 kV (Holguín-1) de 110\13,8 kV. Con el circuito 20 a través del interruptor en aire (chucho en aire) H-1844(N/A) situado en avenida de los álamos, con el circuito 22 a través de las cuchillas H-2228(N/A) situadas en carretera central vía Habana antes de la base de ómnibus de Ciudad Jardín y con el circuito 1 a través del interruptor nucle H-2230 (N/A) tele comandado situado en la calle Mariana de la Torre y calle 12. Este circuito es



residencial casi en su totalidad y alimenta varios consumidores importantes y tiene un total de clientes 3283 en general y 139 transformadores instalados, con una extensión de 38,513 Km.

Consumidores (tercera categoría)

- Nuevo Llano.
- Distrito Lenin.
- Reparto Harlem
- Ciudad Jardín.
- Residencia de ciencias médicas.
- Empresa oro rojo.
- Delegación del Minaz.

Consumidores (primera y segunda categoría)

- Policlínico La Plaquita.
- Tienda TRD La Central.
- Panadería El Panecillo.
- Panadería La Guerrillera.

Circuito 18 Guirabo

Este circuito aún no se ha construido la línea, posee el interruptor H-2155. El mismo se utiliza en estos momentos como reserva en caso de que se averíe algún interruptor en la subestación o se planifique una vía libre para trabajar en algún interruptor entonces este interruptor H-2155 se retira de la celda y se coloca en la celda del interruptor dañado o que esté en vía libre(V|L).

Circuito 17 Guirabo

El circuito 17 está energizado a 13,8 kV desde la subestación Guirabo 110 kV (Holguín-3) de 110\13,8 kV que está situada en de Guirabo y circunvalación. El mismo es alimentado a través del interruptor H-2160, recorre fundamentalmente por la carretera central vía por



los barrios Alex Urquiola y 26 de Julio fundamentalmente. Posee enlace con los circuitos de distribución con los circuitos 19 de la misma subestación a través de las cuchillas H-1298 (N/A) situadas en calle prolongación de Maceo y carretera central y a través de las cuchillas H-2323 (N/A) situadas en calle Comandante Fajardo y con el circuito Aeropuerto-1 a través del interruptor en aire G-102 situado en carretera central vía Bayamo frente a la fábrica de tubos, y que se alimenta de la línea de 33 kV del interruptor 6050 que se alimenta de la subestación Holguín 220 kV. Este circuito es residencial en su mayoría con consumidores de importancia y tiene un total de clientes de 5361 en general y 298 transformadores instalados, con una extensión de 21,752 Km.

Consumidores (tercera categoría)

- Alex Urquiola.
- 26 de Julio.
- Comunidad fábrica de cerveza.
- Almacenes del poder popular.
- Delegación del Minint.
- Divep y talleres de etecsa.

Consumidores (segunda categoría)

- La pesca.
- Electro medicina.
- Fábrica de hielo.
- Galletería La Yeya.
- Fábrica de bloques.
- Fábrica de mosaicos.

Circuito 22 Guirabo

El circuito 22 está energizado a 13,8 kV desde la subestación Guirabo 110 kV (Holguín-3) de 110\13,8 kV que está situada en carretera de Guirabo y circunvalación. El mismo es alimentado a través del interruptor H-2160, recorre fundamentalmente por la carretera de



Guirabo y circunvalación. Recorriendo fundamentalmente los barrios de Guirabo, el 71 y seis columnas. Posee enlaces con los circuitos de distribución 21 que se alimenta de la misma subestación a través de las cuchillas H-2228 (N/A) situadas en carretera central vía Habana cerca antes de la base de ómnibus de Ciudad Jardín. Con el circuito Coco-2 a través de las cuchillas H-2147 (N/A) situadas en el barrio Oscar Lucero este circuito se alimenta de la subestación del Coco que se alimenta de la línea de 33 kV 6045 que se alimenta de la subestación Holguín 220 kV y con el circuito Aeropuerto-1 a través de las cuchillas H-2309 (N/A) situadas en carretera de Guirabo antes de la comunidad militar del aeropuerto, este circuito se alimenta de la subestación del Aeropuerto que a su vez se alimenta de la línea de 33 kV por el interruptor 6050 que se alimenta de la subestación Holguín 220 kV. Este circuito es residencial en su mayoría y alimenta varios consumidores importantes. Tiene un total de clientes de 2813 en general y 175 transformadores instalados, con una extensión de 40,534 Km.

Consumidores (tercera categoría)

- Barrio Guirabo.
- Barrio Coco Adentro.
- Barrio Recreo de Guirabo.
- Barrio Seis columnas
- Barrio El 71.

Consumidores (segunda categoría)

- Combinado de alimentos del Minint.
- Bombeo de Edecio Pérez.
- Bombeo Oscar Lucero.
- Almacenes universales.
- Talleres mongo Castro.
- Embotelladora de cerveza.
- Fábrica de ron.



Circuito 19 Guirabo

El circuito 19 está energizado a 13,8 kV desde la subestación Guirabo 110 kV (Holguín-3) de 110\13,8 kV que está situada en carretera de Guirabo y circunvalación. El mismo es alimentado a través del interruptor H-2170, recorre fundamentalmente por la carretera a Guirabo y circunvalación y por los repartos Emilio Bárcenas y alturas de Parera. Este circuito posee enlace con los circuitos 20 y 17 que se alimentan de la misma subestación y con el circuito 2 que se alimenta de la subestación Holguín 110 kV (Holguín-1). Por el circuito 20 el enlace es a través de las cuchillas H-2241 (N/A) situadas en carretera central y calle Aricochea, con el circuito 17 a través de las cuchillas H-1298 (N/A) situadas en prolongación de calle Maceo y carretera central, a través de las cuchillas H-2333 (N/A) situadas en calle Comandante Fajardo y con el circuito 2 a través del interruptor H-2272 (N/A) situado en la calle General Salazar y Morales Lemus. Este circuito es residencial en su gran mayoría con un total de clientes de 2267 en general y 92 transformadores instalados, con una extensión de 17,733 Km.

Consumidores (tercera categoría)

- Reparto Emilio Bárcenas.
- Reparto Ramón Quintana.
- Reparto José Díaz.
- Reparto alturas de Parera.
- Teatro Ismaelillo.
- Laboratorio de sanidad vegetal.

Consumidores (primera y segunda categoría)

- Base de ambulancia.
- Fábrica de calzado Mella.
- Centro de rehabilitación.
- Modas Praga.
- ICRT Holguín.



2.3 Corrida del flujo de potencia

Para la selección del software que se utilizará para realizar la corrida de flujo (flujo de potencia) se ha tenido en cuenta las características de varios programas que realizan este tipo de simulaciones ellos son, EASY POWER, ETAP, PSX, DYSCSE y el RADIAL.

Para la simulación del circuito se utilizó el radial en su versión 7.7. RADIAL es un sistema amistoso concebido para realizar prácticamente todos los estudios relacionados con las redes radiales de distribución. Está programado sobre Delphi

5 usando técnicas de programación orientada a objetos y requiere de configuraciones mínimas, prácticamente disponibles en cualquier PC, para su ejecución.

La información requerida para el uso de RADIAL se divide en dos grandes grupos:

La general, ofrecida por RADIAL por “default”, y que puede modificarse de acuerdo a los datos más convenientes que disponga el usuario; y la particular, que se vincula con los circuitos que se quieren analizar. Esta última se introduce a través de ventanas sobre el diagrama monolineal del circuito, el que se edita de una forma simple, ágil y de fácil manipulación, en la figura 2.1 se muestra la Ventana Principal del Radial.

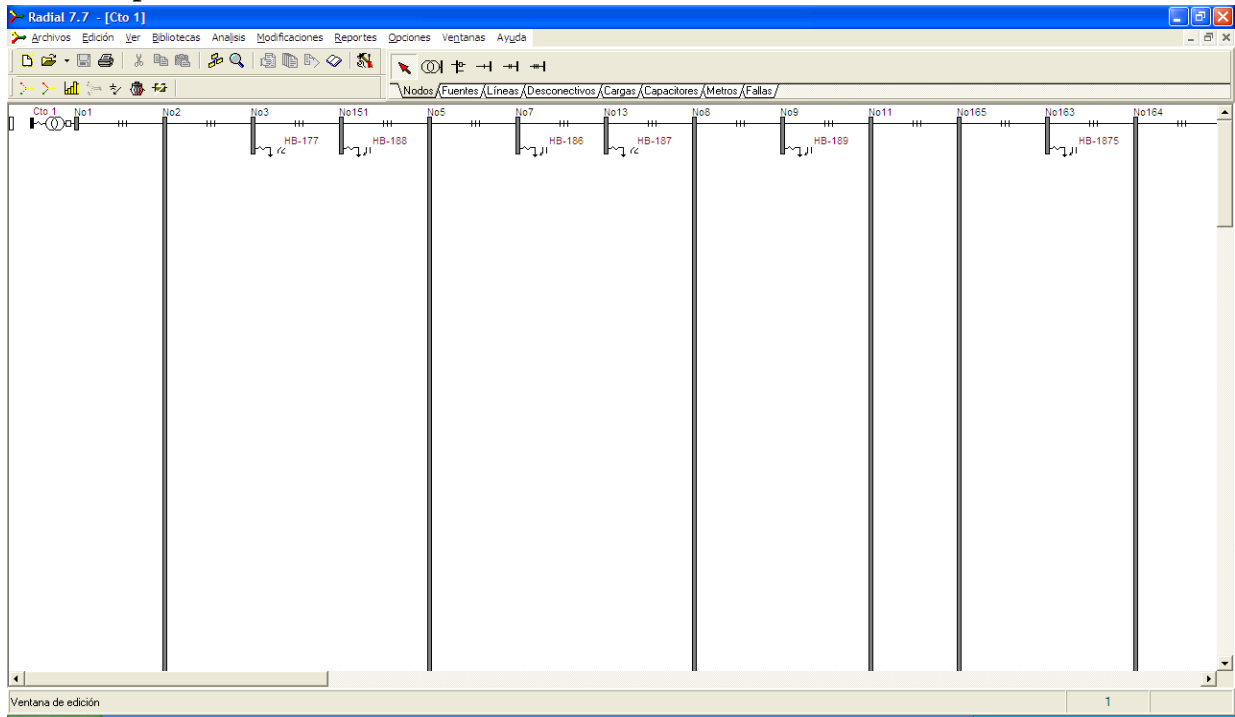


Figura 2.1 Ventana Principal del Radial.

El programa permite adicionar a las bibliotecas nuevos componentes editados por el usuario a partir de datos adquiridos por el mismo. Además permite salvar los resultados de las corridas de flujo trifásico (FCT) hacia el Excel, lo que permite facilidades a la hora de procesar los resultados. Cabe aclarar que el radial es el programa que actualmente se utiliza en todas las unidades de bases eléctricas del país, para la simulación de los circuitos primarios de distribución en media tensión.

Para el trabajo hemos decidido utilizar el programa radial y con él, el método Gauss-Seidel, este es más confiable que el método Gauss-Seidel indirecto (rara vez diverge). Además, aunque las tensiones presentan convergencia de oscilaciones mayores que el método indirecto, el proceso global converge mucho más rápido. También, es menos dependiente del sistema. (Ignacio Eguíluz, 2008).

2.3.1 Introducción de los datos al software para la simulación de los circuitos

Teniendo en cuenta que ha surgido un elevado incremento de cargas fundamentalmente en el área residencial y particular. Actualmente según el plan de proyectos del



departamento de Ingeniería de distribución de la U.E.B. Holguín se están trazando una serie de trabajos entre ellos la creación de la nueva subestación de 110 kV. En la figura 2.2 se muestra la ventana del programa radial con los resultados obtenidos luego de realizar la corrida de flujo o flujo de potencia al circuito-1 de Holguín. Como vemos obtenemos las pérdidas de potencia, de voltaje

Concepto	Valor	U/M
Potencia activa de las cargas	5737	kW
Potencia reactiva de las cargas	2640	kvar
Pérdidas activas en líneas	90	kW
Pérdidas reactivas en líneas	139	kvar
Pérdidas de cobre en transf.	132	kW
Pérdidas de hierro en transf.	41	kW
Pérd. totales de potencia activa	263	kW
% de pérdidas de potencia	4	%
Potencia reactiva en capacitores.	0	Ckvar
Potencia activa de cogeneración	0	kW
Potencia reactiva de cogeneración	0	kvar
Factor de potencia del circuito	0.91	

Figura 2.2 ventana del programa Radial mostrando los resultados obtenidos de la corrida de flujo del circuito-1 de Holguín.

Las pérdidas de potencia y voltaje, obteniéndose como resultado y 17686,44 kW de pérdidas anuales. También se muestra en la tabla la cantidad de transformadores por circuitos, la máxima demanda en kVA.

Para la simulación de los circuitos de distribución se utilizó el software Radial, se realizó la simulación tomando una muestra del día en el horario comprendido desde las 12:00am



hasta las 23:00pm arrojando los siguientes resultados, 2019 kW/h de pérdidas de energía, pérdidas de energía diarias de 48.456 MW/h por hora y anualmente 17686.44 MW resultados que se muestran a continuación se muestran en la tabla 2.1

Tabla 2.1 Resultados arrojados por la simulación de los circuitos de distribución sin la cuarta subestación.

CIRCUITO	Voltaje	kVA	DM	DMcc	DMsc	FPcc	FPsc	TRANSF.	Pérdidas en kW/h	ΔV	ΔP
	(kV)	INST.	(kVA)	(kVA)	(kVA)					(%)	(%)
MIRO	4.16	5781.5	1700	-	1888.9	-	0.91	96	89	6.1	6
M. GOMEZ	4.16	2727.5	1500	-	1666.7	-	0.92	57	53	7.3	7
A. PINO-1	13.8	8627.5	6000	-	6666.7	-	0.98	99	136	1.2	3
CTO. # 1	13.8	11073	7500	-	8333.3	-	0.92	255	263	3.2	5
CTO. # 2	13.8	1992.5	1300	-	1444.4	-	0.9	53	29	0.6	3
CTO. # 3	13.8	13255	6600	-	7333.3	-	0.91	274	177	1.5	3
CTO. # 11	13.8	11525.5	3600	-	4000	-	0.9	213	110	2.1	3
CTO. # 12	13.8	68105	4700	-	5222.2	-	0.91	154	191	2.7	4
CTO. # 13	13.8	6236.5	3500	-	3888.9	-	0.91	116	133	2.2	3
CTO. # 14	13.8	8145	4300	-	4777.8	-	0.9	145	141	2.3	3
CTO. # 15	13.8	2020	1700	-	1888.9	-	0.91	51	46	1.4	3
CTO. # 16	13.8	5345	1200	-	1333.3	-	0.9	118	59	1.2	3
CTO. # 17	13.8	11422	3000	-	3333.3	-	0.9	82	86	1.4	3
CTO. # 18	13.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CTO. # 19	13.8	10751.5	5000	-	5555.6	-	0.91	240	215	1.7	4
CTO. # 20	13.8	5307	1900	-	2111.1	-	0.9	115	55	0.9	3
CTO. # 21	13.8	8204	4200	-	4666.7	-	0.91	160	154	3.2	3
CTO. # 22	13.8	9771.5	2500	-	2777.8	-	0.9	193	82	1.2	4
Pérdidas de energía en kW/h									2019		
Pérdidas anuales de energía en MW/h									17686.44		

En la tabla 2.2 se muestran los mismos resultados que en la tabla anterior pero incluyendo la corrida de flujo de los circuitos de distribución de la nueva subestación obteniéndose como resultado una disminución de las pérdidas diarias y anuales, con los circuitos de distribución de la nueva subestación las pérdidas de energía por MW/h disminuyen de 2019 kW/h a 1937 kW/h, para un ahorro anual de 718,32 MW/h.



Tabla 2.2 Resultados arrojados por la simulación de los circuitos de distribución con la cuarta subestación.

CIRCUITO	Voltaje	kVA	DM	DMcc	DMsc	FPcc	FPsc	TRANSF.	Pérdidas en kW/h	ΔV	ΔP
	(kV)	INST.	(kVA)	(kVA)	(kVA)					(%)	(%)
MIRO	4.16	5781.5	1700	-	1888.9	-	0.91	96	36	3.0	2
M. GOMEZ	4.16	2727.5	1500	-	1666.7	-	0.92	57	23	4.0	2
A. PINO-1	13.8	8627.5	6000	-	6666.7	-	0.98	99	63	0.8	3
CTO. # 1	13.8	11073	7500	-	8333.3	-	0.92	255	263	3.2	5
CTO. # 2	13.8	1992.5	1300	-	1444.4	-	0.9	53	29	0.6	3
CTO. # 3	13.8	13255	6600	-	7333.3	-	0.91	274	177	1.5	3
CTO. # 11	13.8	11525.5	3600	-	4000	-	0.9	213	29	1.5	2
CTO. # 12	13.8	68105	4700	-	5222.2	-	0.91	154	20	1.7	2
CTO. # 13	13.8	6236.5	3500	-	3888.9	-	0.91	116	133	2.2	3
CTO. # 14	13.8	8145	4300	-	4777.8	-	0.9	145	141	2.3	3
CTO. # 15	13.8	2020	1700	-	1888.9	-	0.91	51	46	1.4	3
CTO. # 16	13.8	5345	1200	-	1333.3	-	0.9	118	59	1.2	3
CTO. # 17	13.8	11422	3000	-	3333.3	-	0.9	82	86	1.4	3
CTO. # 18	13.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CTO. # 19	13.8	10751.5	5000	-	5555.6	-	0.91	240	215	1.7	4
CTO. # 20	13.8	5307	1900	-	2111.1	-	0.9	115	55	0.9	3
CTO. # 21	13.8	8204	4200	-	4666.7	-	0.91	160	154	3.2	3
CTO. # 22	13.8	9771.5	2500	-	2777.8	-	0.9	193	82	1.2	4
CTO # 23	13.8	6232.5	5400		6000		0.92	147	37	4.8	5
CTO # 24	13.8	4066	2200		2444.4		0.91	94	29	1.4	4
CTO # 25	13.8	5545.5	3800		4222.2		0.91	125	171	2.2	4
CTO # 26	13.8	6904.5	2100		2333.3		0.9	146	60	1.1	3
CTO # 28	13.8	2353	920		1022.2		0.9	70	29	2.1	4
Pérdidas de energía en kW/h									1937		
Pérdidas anuales de energía en MW/h									16968.12		

DM= Demanda máxima (kVA).

DMcc= Demanda máxima con capacitores (kVA).



DMsc= Demanda máxima sin capacitores (kVA).

FPcc= Factor de potencia con capacitores.

FPcc= Factor de potencia sin capacitores.

ΔV = Pérdidas de voltaje (kV).

ΔP = Pérdidas de potencia (kW).

En el anexo-1 se muestra el estudio realizado sobre la demanda máxima actual del y la ciudad de Holguín. También se muestran las cuatro subestaciones y las cargas que poseerán cada una de ellas en MW, MVar y MVA..

En el anexo-2 se hace referencia al crecimiento estadístico de la demanda por circuitos desde el año 1989 hasta el año 2011.

En el anexo-3 se muestran pronósticos de la caída de voltaje y pérdidas de los circuitos actuales sin la construcción de la nueva subestación y teniendo en cuenta realizada la conversión de los circuitos de Máximo Gómez y Miró que pasarían de 4,16 kV a 12,8 kV.

En el anexo-4 se muestra el pronóstico de la demanda máxima por circuitos para calcular el factor de crecimiento.

En el anexo-5 se hace referencia al pronóstico de las demandas en las subestaciones del municipio de Holguín hasta el año 2016.

En el anexo-6 se muestra la máxima absoluta en MW del municipio de Holguín.

En el anexo-7 se hace referencia a la máxima absoluta en MVA del municipio de Holguín.

En el anexo-8 se muestra el pronóstico de la máxima absoluta en MW del municipio de Holguín.

En el anexo-9 se muestra la propuesta de los circuitos que se prevé alimentar de la nueva subestación de 110/13,8 kV.



En el anexo-10 hace referencia a la situación que presentaría la ciudad de Holguín con la construcción de la nueva subestación.

En estos 10 anexos se muestra el estudio realizado para la construcción de la nueva subestación de 110/13,8 kV para poder asumir la carga de una de las subestaciones cualquiera que quede fuera de servicio por avería o mantenimiento.

En el anexo-11 se muestra el esquema de con la cuarta subestación, así tenemos referencia de donde va ubicada y de que líneas de 110 kV se alimenta la misma.

2.4 Conclusiones del capítulo

- El circuito 1 posee el valor más alto de las pérdidas de potencia con 263 kW por tener conductores en la línea que aún no son los adecuados.
- El circuito 12 es el segundo circuito de mayor pérdida de potencia con 215 kW por ser un circuito radial largo.
- Podemos observar que con la construcción de la cuarta subestación las pérdidas disminuyen considerablemente.
- El circuito Alcides Pino es un circuito largo debido a que se unificaron tres circuitos en uno solo, pero sus pérdidas disminuyen al pasar en su gran mayoría al circuito 23 de la nueva subestación.



CAPÍTULO III VALIDACIÓN Y VALORACIÓN ECONÓMICA

3.1 Introducción

La valoración económica es una de las partes importantes de todo trabajo donde se propagan soluciones que impliquen nuevas inversiones. Esta es quien nos define con exactitud si el trabajo ha logrado su objetivo según las propuestas de mejora que se empleen en el mismo. Las pérdidas en un sistema eléctrico son tanto de energía como de potencia, y ambos tipos de pérdidas tienen un costo económico para las empresas; el de las pérdidas de energía es el costo marginal de producir y transportar esa energía adicional desde las plantas generadores (o puntos de compra de energía en bloque), hasta el punto donde se disipa, a través de los sistemas de transmisión, subtransmisión y distribución; el de las pérdidas de potencia es el costo marginal de inversión de capital, requerido para generar y transmitir esa potencia adicional a través del sistema.

3.2 Análisis técnico económico.

En la tabla 3.1 que a continuación se muestra se ve reflejado el costo del equipamiento, construcción, montaje y otros gastos de la subestación de 110/13,8 kV (Holguín-4) que se construirá dentro de breve tiempo para poder realizar la redistribución de carga del municipio de Holguín.

Tabla 3.1 Costo de construcción de la cuarta subestación de 110/13,8 kV.

Resumen	CUC (Financiamiento Central)	MN	Total
EQUIPOS	568250.93	299548.66	2183705.01
CONSTRUCCION	54989.1	225330.65	280319.76
MONTAJE	42393.52	282623.45	325016.97
OTROS	145309.64	370155.93	515465.57
			\$3 304 507.31



En la tabla 3.1 que se mostró anteriormente se reflejan los datos de los gastos de la subestación que se construirá para realizar la reorganización de carga de los circuitos de distribución del municipio de Holguín.

El período de recuperación por la siguiente vía:

PR = Año anterior a la recuperación total + Costo no recuperado / Flujo de efectivo anual

Criterios de decisión: mientras menor sea el periodo de recuperación, el proyecto será mejor. Si es mayor que el período considerado aceptable, entonces el proyecto deberá ser rechazado. Es conveniente compararlo con proyectos similares en el mercado.

Rentabilidad.

Es el indicador real que caracteriza la relación de la ganancia con uno u otro factor de la producción. Es un indicador que permite valorar económica y argumentadamente la calidad del trabajo. La rentabilidad del proyecto de inversión es su capacidad para generar un excedente o un rendimiento. Existen varios criterios para medir la rentabilidad de un proyecto de inversión.

A continuación se explican brevemente los criterios más empleados.

Valor Actual Neto (VAN).

El VAN mide la rentabilidad del proyecto en valores monetarios deducida la inversión. Este indicador permite seleccionar la mejor alternativa de inversión entre grupos de alternativas mutuamente excluyentes.

Para corregir la principal limitación del excedente bruto, se incorpora el valor cronológico del dinero en el cálculo, aplicando la actualización de los flujos de los períodos futuros para traerlos todos al momento actual. El VAN equivale a la diferencia del valor actualizado de los cobros esperados y el valor actualizado de los pagos



previos, o sea, la diferencia entre la inversión que se hace hoy y el valor actual de los flujos de caja que esta pudiera generar en el futuro.

Se expresa de la siguiente forma.

$$VAN = \sum_{i=0}^{i=n} FF_i \times \frac{1}{(1+d)^i}$$

donde: FF_i - Flujos de fondos del período i .

d –tasa de descuento

i – período a descontar

Para aceptar un proyecto el VAN debe ser mayor que cero

$VAN > 0$ se acepta el proyecto

$VAN < 0$ se rechaza el proyecto

Método de la Tasa Interna de Rendimiento (TIR).

La TIR es un índice de rentabilidad ampliamente aceptado. Se define como la tasa de interés que reduce a cero el valor actual (también, el valor futuro y el valor anual equivalente) de una serie de ingresos y egresos.

En términos económicos, la TIR representa el porcentaje o tasa de interés que se gana sobre el saldo no recuperado de una inversión, en forma tal que la vida del proyecto, el saldo no recuperado sea igual a cero. El saldo no recuperado de la inversión en cualquier punto del tiempo de la vida del proyecto es la fracción de la inversión original que aún permanece sin recuperar en ese momento.

Se expresa de la siguiente forma:

$$\sum_{i=0}^{i=n} FF_i \times \frac{1}{(1+t)^i} = 0 = VAN$$



Criterio de decisión:

El proyecto se acepta si la TIR es mayor a la tasa de descuento.

TIR > tasa de descuento se acepta el proyecto

TIR ≤ tasa de descuento se rechaza el proyecto

Otro índice a considerar es la relación costo beneficio, que se calcula por la siguiente expresión.

$$R = \frac{\sum_{i=0}^{i=n} \frac{B_i}{(1+t)^i}}{\sum_{i=0}^{i=n} \frac{E_i}{(1+t)^i}}$$

Tendremos que: Si VAN > 0 R > 1

Si VAN = 0 R = 1

Si VAN < 0 R < 1

Entonces: R > 0 Se acept el proyecto

R ≤ 0 Se rechaza el proyecto

(González Pérez 2011-2012)

Si se debe elegir entre proyectos mutuamente excluyentes, se optará por aquel que tiene un valor de R más alto.

Para obtener el ahorro en energía y combustible se ha utilizado el Tabulador Matemático Excel. Teniendo en cuenta que para generar un MW al cierre del mes de Mayo el costo era de 139.89 CUC. Por consiguiente con la construcción de la cuarta subestación de 110/13,8 kV se obtuvieron los siguientes resultados con los datos del mes de Mayo. Se ahorran al año 718,32 MW que equivale a un ahorro de 100487.93 CUC/año por concepto de pérdidas eléctricas y en combustible se ahorran al año 209,86 toneladas de crudo cubano mejorado que es con lo que se genera en nuestro país con un costo en este mes de Junio de 477.76 CUC que equivale a un ahorro de 100264,80 CUC/año. Que son expresados en la Tabla 3.2.



Tabla 3.2 Pérdida de potencia antes y después de la construcción de la cuarta subestación y el ahorro generado.

Circuitos	Pérdidas de Potencia	
	Sin la cuarta subestación	Con la cuarta subestación
Circuito-1	263	263
Circuito-2	29	29
Circuito-3	177	177
Circuito AP-1	136	63
Circuito Máximo Gómez	53	23
Circuito Miró	89	36
Circuito-11	110	29
Circuito-12	191	20
Circuito-13	133	133
Circuito-14	141	141
Circuito-15	46	46
Circuito-16	59	59
Circuito-17	86	86
Circuito-19	215	215
Circuito-20	55	55
Circuito-21	154	154
Circuito-22	82	82
Circuito-23		37
Circuito-24		29
Circuito-25		171
Circuito-26		60
Circuito-28		29
Pérdida de energía MW/h	2.019	1.937
Pérdida Anual de energía MW/h año	17686,44	16968,12
Reducción de pérdida de energía MW/h año		718,32
Gramos por kW/h		292,16
Toneladas de Ahorro de combustible		209,86
Costo Combustible (Tonelada)crudo cubano mejorado		477,76
Ahorro Combustible (CUC/año)		100264,80
Ahorro en energía (CUC/año)		100487.93



En la tabla 3.3 que a continuación se nuestra ofrece los datos de los gastos e ingreso de la cuarta subestación, arrojando como resultados, la amortización de la subestación en 2,67 años. Tasa interna de rentabilidad TIR en el 41%, el valor actualizado neto VAN 4,760,925.02 CUC y la relación beneficio costo de 4,83.



Capítulo III Validación y Valoración Económica

ESTUDIO FINANCIERO TOTAL DE INVERSIONES												
EMPRESA ELECTRICA HOLGUIN												
PROYECTO:	SUBESTACION HOLGUIN-4 DE 110/13.8 KV 25 MVA CON EL TOTAL DE LAS INVERSIONES											
INFLACION ANUAL ESTIMADA:			0.05			INVERSION TOTAL:			\$3,304,507.00			
INCREMENTO EN GASTOS DE OPERACIÓN:			0.05			AMORTIZACION ANUAL A 10 AÑOS:			\$330,450.70			
TASA DE ACTUALIZACION:			0.12									
		AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
	INVERSION	3304507.00										
GASTOS												
	ENERG. ELECT.		2352160.00	3201828.00	3965472.00	4761876.00	5592720.00	6459432.00	7363692.00	8307180.00	9291744.00	10319148.00
	OP. Y MTTO.		200000.00	210000.00	220500.00	231525.00	243101.25	255256.31	268019.13	281420.08	295491.09	310265.64
	AMORTIZACIONES		330450.70	330450.70	330450.70	330450.70	330450.70	330450.70	330450.70	330450.70	330450.70	330450.70
	OTROS											
	TOTAL DE GASTOS		2882610.70	3742278.70	4516422.70	5323851.70	6166271.95	7045139.01	7962161.83	8919050.78	9917685.79	10959864.34
INGRESOS												
	VENTAS DE ELECT.		3867080.00	5013386.00	6208986.00	7456134.00	8756986.00	10114090.00	11529994.00	13007344.00	14548884.00	16157652.00
	AMORT. PENDIENTES											
	VALOR RESIDUAL TOTAL DE INGRESOS		3867080.00	5013386.00	6208986.00	7456134.00	8756986.00	10114090.00	11529994.00	13007344.00	14548884.00	16157652.00
	BENEFICIOS		984469.30	1271107.30	1692563.30	2132282.30	2590714.05	3068950.99	3567832.17	4088293.22	4631198.21	5197787.66
	(+)AMORTIZACIONES		330450.70	330450.70	330450.70	330450.70	330450.70	330450.70	330450.70	330450.70	330450.70	330450.70
	FONDOS GENERADOS		1314920.00	1601558.00	2023014.00	2462733.00	2921164.75	3399401.69	3898282.87	4418743.92	4961648.91	5528238.36
	(-)INVERSIONES	3304507.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	FLUJO DE CAJA	3304507.00	1314920.00	1601558.00	2023014.00	2462733.00	2921164.75	3399401.69	3898282.87	4418743.92	4961648.91	5528238.36
	FLUJO ACTUALIZADO	3304507.00	1174223.56	1276441.73	1440385.97	1566298.19	1656300.41	1723496.66	1762023.86	1785172.54	1791155.26	1780092.75
	FLUJO ACUMULADO	3304507.00	2130283.44	-853841.71	586544.25	2152842.44	3809142.86	5532639.51	7294663.37	9079835.91	10870991.17	12651083.92
	TASA INTERNA DE RENTABILIDAD(TIR):	41%							REALIZADO POR:			
	VALOR ACTUALIZADO NETO(VAN):	\$4,760,925.02							APROBADO POR:			
	PERIODO DE RETORNO(PR):	2.67			AÑOS				APROBADO POR:			
	RELACION BENEFICIO-COSTO:	4.83										



3.3 Propuestas de las características de la subestación y reacomodo de carga.

La subestación Holguín-4 de 110\13,8 kV presentará las mismas características de las subestaciones anteriores, compuesta por un transformador de 25 MVA su alimentación por dos líneas para garantizar la flexibilidad y confiabilidad del sistema de distribución del municipio. Los interruptores que se utilizarán serán interruptores tipo truck o extraíble que además en caso de trabajos planificados y o averías en los circuitos o en la subestación los mismos se abren y se extraen de las celdas y son límites de vías libres para realizar el trabajo.

También se pretende realizar un lazo por 110 kV entre las cuatro subestaciones y así poder garantizar de que en fallo de una de las líneas que alimenta una de las subestación mediante el lazo o anillo por 110 kV se le pueda dar servicio a los consumidores afectados. La subestación que se pretende construir va a tener como principal utilización asumir la carga de los circuitos afectados en conjunto con las otras tres subestaciones en caso de fallos o trabajos planificados por el personal de subestaciones. Para la redistribución de carga del municipio de Holguín con la aparición de la nueva subestación ya se tienen previsto la construcción y configuración de los seis nuevos circuitos, los cuales son los circuitos 23, 24, 25, 26 y 28, el circuito 27 que quedará como reserva .

Propuesta para las 6 salidas de Holguín- 4

CIRCUITO # 23

Saldría de la subestación, entra por el camino militar asumiendo parte del circuito Rotonda -1, hasta conectarse con el circuito Alcides Pino -1 asumiendo gran parte del mismo.

DM= 5400 KW

$\Delta P = 5.0 \%$ (249 KW) y $\Delta V = 4.8 \%$ (12.56 kV en el peor nodo)



CIRCUITO # 24

Saldría de la subestación asumiendo toda la carga del resto del circuito Rotonda – 1.

DM= 2200 KW

$\Delta P = 4.0 \%$ (101 KW) y $\Delta V = 1.4 \%$ (13.01 kV en el peor nodo)

CIRCUITO # 25

Saldrá de la subestación por la Avenida XX Aniversario hasta el estadio y continuaría por Ave Libertadores hasta el Monumento al Che, asumiendo parte de la carga del circuito 12 de Holguín- 2.

DM= 3800 KW

$\Delta P = 4.0 \%$ (169 KW) y $\Delta V = 2.2 \%$ (12.91 kV en el peor nodo)

CIRCUITO # 26

Saldrá de la subestación por la Avenida de los Internacionalistas, entrará por todo el reparto Pedro Díaz Coello, asumiendo parte de la carga del circuito 11 de Holguín 2, continuaría por Ave Libertadores hasta el enlace con el circuito San Rafael en el V-103.

DM= 2100 KW

$\Delta P = 3.0 \%$ (53 KW) y $\Delta V = 1.1 \%$ (13.06 kV en el peor nodo)

CIRCUITO # 27

Se dejará como reserva



CIRCUITO # 28

Saldrá de la subestación hacia Los Camilitos por la carretera a Guardalavaca, convirtiéndose en un circuito rural, asumiendo gran parte de la carga del actual circuito Rotonda-2 hasta la cuchilla 312 cerca de la granja Marcos Campaña.

DM= 920 KW

$\Delta P = 4.0 \%$ (37 KW) y $\Delta V = 2.1 \%$ (12.92 kV en el peor nodo)

3.3.1 Programa de inversiones propuestos

- Construcción de lazo a 110 kV entre Holguín-1 y Holguín-2 13.0 km.
- Cambio calibre en los troncos de los nuevos circuitos y enlaces.
- Conversión de los tramos posibles que se mantienen a 4.16 kV.
- Reubicación de la subestación Rotonda.

3.4 Aporte social

Con la construcción de la nueva subestación podemos obtener varios aportes sociales como por ejemplo un servicio eléctrico ininterrumpido o con un tiempo muy pequeño de afectación a los consumidores, que el servicio se entregue con mayor calidad y eficiencia, podemos lograr además mayor crecimiento ya sea industrial o económico debido que esta subestación se construirá donde se prevé la zona de desarrollo tanto industrial como económica del municipio de Holguín porque está situada hacia la zona de desarrollo del turismo. También se contará con una mayor confiabilidad de los circuitos de distribución.

3.5 Análisis medio ambiental

Debido a la gran importancia que tiene la contaminación ambiental este capítulo centra su base en un análisis acerca de los gases contaminantes que de una forma u otra son expulsados al medio ambiente, en la generación de energía eléctrica, en el deterioro de los condensadores y transformadores, los cuales



también expulsan un aceite muy dañino para el hombre PBC. Una valoración de los aceites y gases que están presentes en los transformadores.

En la zona donde se tiene previsto el proyecto de construcción de la nueva subestación no habrá daño ecológico severo debido a que en esta zona hay muy poca vegetación y de ella no existen árboles frondosos si no pequeños arbustos, principalmente esta zona está poblada de marabú y en cuanto a los equipos con los que se construirá dicha subestación no existirá daño alguno debido a que se utilizarán equipos que no emiten ningún tipo de gas tóxico al ambiente la subestación a construir posee tecnología moderna tanto en los interruptores como en los demás equipos que componen la subestación, solo existirá el riesgo de derrame de aceite dieléctrico de algún transformador sea el de 25 MVA o los transformadores del banco de tierra en un caso excepcional de que se dañe el mismo y derrame aceite y humo al ambiente.

Solo en el caso de daño de un transformador se podrá afectar el medio ambiente por los gases expulsados por el aceite y el vertimiento del mismo sobre el suelo que en el caso de esta los transformadores no poseen tal cantidad de aceite para dañar el suelo ni vegetación.

3.5.1 Daños que pueden provocar al medio ambiente los aceites en los transformadores y capacitores.

Los aceites PCB y PBC usados en transformadores y condensadores son altamente nocivos. Por una parte, la construcción de subestaciones transformadoras y de distribución afecta una superficie de terreno en forma permanente; por otra parte, algunos componentes de estas estructuras (transformadores, condensadores, bobinas de puesta a tierra y en parte, algunos cables subterráneos) contienen grandes cantidades de refrigerantes y aislantes (aceite mineral u otros líquidos, que contienen en ciertas circunstancias bifenilos policlorados (PBC) que son sustancias sumamente tóxicas). Cuando se producen fugas de estas sustancias, pueden contaminarse tanto el suelo como el agua



subterránea. Para evitar la contaminación del suelo y del agua subterránea, debe preverse la instalación de piletas colectoras y de eliminación apropiadas.



Conclusiones generales.

En el presente trabajo se realizó un estudio de flujos de potencia a tres de los circuitos de distribución de 110/13.8 kV, con vista a la ampliación en una cuarta subestación, los principales resultados se muestran a continuación.

- El flujo de carga de los circuitos mostró que las pérdidas de potencia se reducen en 718.32 MW/h año, ahorrándose en combustible 100264.80 CUC/año y por concepto de pérdidas se tiene un ahorro de 100487.93 CUC/año.
- Las pérdidas de potencia en el municipio de Holguín se reducen en un 4%.
- Se efectuó la reestructuración de los circuitos de distribución 13,8 kV pertenecientes a la subestación Holguín-1 y Holguín'2.
- La cuarta subestación quedará con un 65% de cargabilidad.



Recomendaciones

- Culminar la conversión de voltaje de los circuitos Miró y Máximo Gómez de 4,16 kV a 13,8 kV.
- Confeccionar un programa de mantenimiento que brinde las respuestas a los problemas presentes.
- Hacer un estudio de la instalación de capacitores en los circuitos de Distribución.



Bibliografía

Acosta Montoya, A. (2009). Análisis de sistemas de potencia. Universidad tecnológica de Pereira.

Almiral Mesa, J. (2009). Temas de ingeniería Eléctrica. Cuba.

Antúnes Tornés, N., & Seignorette Elliot, H. (2005). Compensación de la potencia reactiva en la red de distribución primaria en la ciudad de Santiago de Cuba. Cuba.

Cidrás Pidre, J., & Fernández Otero, A. (1995). Análisis de redes eléctricas-I. Universidad de Vigo.

De la Fé, S. (2008). Mejoras en redes de distribución. Cuba.

González Longatt, F., & J. Palencia, E. (2008). Desarrollo de un programa para el cálculo de flujos de potencia en sistemas de distribución.

González Pérez, E. (2011-2012). Estudio de Factibilidad Económica de las inversiones eléctricas que permitan el desarrollo integral del municipio “Urbano Noris”. Cuba.

Ignacio Eguíluz, L. (2008). Flujo de potencia calidad de suministro. Universidad de Cantabria.

J. Grainger, J., & D. Stevenson Jr, W. (1996). Análisis de sistema eléctrico de potencia. Mexico: Atlacomulco 499-501, Fracc. Ind. San Andres Atoto,.

Jorel, E., & Rúaiz, P. (2007). Diseño e implementación de una herramienta computacional para estudio de flujos de potencia en sistemas de distribución. Maracay(Venezuela).

Muñoz Montecinos, C. M. (1989). Flujo de potencia trifásico para sistemas de distribución. Santiago de Chile.



Nolan Peters, D., & Álvarez Arencibia, D. (2003-2004). Mejoras con inversiones mínimas en redes de distribución secundaria de la ciudad de Santiago de Cuba. Cuba.

Pupo Mariño., E. (2011). Reconfiguración de las Redes de distribución del municipio Moa en la zona urbana. Cuba.

Ramirez Castaño, S. (2005). Redes de Distribución de energía eléctrica. Universidad Nacional de Colombia.

Valverde, V. (2005). *Tecnología Eléctrica I*. Escuela superior de ingenieros Bilbao, Universidad del país Vasco.

Anexo # 1

DEMANDA MAXIMA ACTUAL DEL MUNICIPIO HOLGUIN

No	SUBESTACION	MW	MVAR	MVA
1	HOLGUIN 220/110/34.5 kV (6030,4360 y 6050)	16	7,7	17,6
2	HOLGUIN 110/13.8 kV	21	10,4	23,8
3	HOLGUIN 33/4.16 kV	3,2	1,5	3,6
4	GUIRABO 110/13.8 kV	17	8,0	18,4
5	MAYABE 110/13.8 kV	19,0	9,2	21,1
Suma de las demandas máximas sin aplicar factor de diversidad =				84,4
Demanda máxima con factor de diversidad 1.20 =				70,4

DEMANDA MAXIMA ACTUAL DE LA CIUDAD DE HOLGUIN

No	SUBESTACION	MW	MVAR	MVA
1	HOLGUIN 110/13.8 kV	21	10,4	23,8
2	HOLGUIN 33/4.16 kV	3,2	1,5	3,6
3	ROTONDA 1	3,1	1,5	3,4
5	GUIRABO 110/13.8 kV	17	8,0	18,4
6	MAYABE 110/13.8 kV	19,0	9,2	21,1
Suma de las demandas máximas sin aplicar factor de diversidad =				70,3
Demanda máxima con factor de diversidad 1.20 =				67,0

No	SUBESTACION	MW	MVAR	MVA
1	HOLGUIN 1	21	10,3	23,7
2	HOLGUIN 2	13	6,3	14,6
3	HOLGUIN 3	17	8,0	18,4
5	HOLGUIN 4	14	7,0	16,0
Suma de las demandas máximas sin aplicar factor de diversidad =				72,7
Demanda máxima con factor de diversidad 1.20 =				69,2

Diplomante: Libardo Reyes Palomo

**CRECIMIENTO ESTADISTICO DE LA DEMANDA
POR CIRCUITO. PERIODO 1989-2011**

MVA							
No	CIRCUITO	KV	1989	2002	2007	2011	%CREC.
1	MIRO	4,16	2,8	4,9	4,5	1,7	3,0
2	MAXIMO GOMEZ	4,16	2,1	3,9	3,9	1,5	3,0
3	A. PINO I	13,2	1,2	3,3	1,5	6	3,0
4	Circuito-1	13,2	4,7	5,8	6,1	7,5	3,0
5	Circuito-2	13,2	5,2	10,1	11	1,3	3,0
6	Circuito-3	13,2	6,3	10,6	10,9	6,6	3,0
7	Circuito-11	13,2	0	0	0	3,6	3,0
8	Ccircuito-12	13,2	0	0	0	4,7	3,0
9	Circuito-13	13,2	0	0	0	3,5	3,0
10	Circuito-14	13,2	0	0	0	4,3	2,0
11	Circuito-15	13,2	0	0	0	1,7	2,0
12	Ccircuito-16	13,2	0	0	0	1,2	2,0
13	Circuito-17	13,2	0	0	0	3	2,0
14	Circuito-18	13,2	0	0	0	0	0,0
15	Circuito-19	13,2	0	0	0	5	3,0
16	Circuito-20	13,2	0	0	0	1,9	2,0
17	Circuito-21	13,2	0	0	0	4,2	3,0
18	Circuito-22	13,2	0	0	0	2,5	2,0

PRONOSTICO DE CAIDA DE VOLTAJE Y PERDIDAS DE LOS CIRCUITOS

No	CIRCUITO	(KV)	2011		2012		2013		2014		2015		2016	
			$\Delta V(\%)$	$\Delta P(\%)$	$\Delta V(\%)$	$\Delta P(\%)$	$\Delta V(\%)$	$\Delta P(\%)$	$\Delta V(\%)$	$\Delta P(\%)$	$\Delta V(\%)$	$\Delta P(\%)$	$\Delta V(\%)$	$\Delta P(\%)$
1	MIRÓ	4,16	6,1	6,0	6,3	6,2	6,5	6,4	6,7	6,6	6,9	6,8	7,1	7,0
2	M. GOMEZ	4,16	7,3	7,0	7,5	7,2	7,7	7,4	8,0	7,6	8,2	7,9	8,5	8,1
3	A. PINO-1	13,2	1,2	3,0	1,2	3,1	1,3	3,2	1,3	3,3	1,4	3,4	1,4	3,5
4	CTO. # 1	13,2	3,2	5,0	3,3	5,2	3,4	5,3	3,5	5,5	3,6	5,6	3,7	5,8
5	CTO. # 2	13,2	0,6	3,0	0,6	3,1	0,6	3,2	0,7	3,3	0,7	3,4	0,7	3,5
6	CTO. # 3	13,2	1,5	3,0	1,5	3,1	1,6	3,2	1,6	3,3	1,7	3,4	1,7	3,5
7	CTO. # 11	13,2	2,1	3,0	2,2	3,1	2,2	3,2	2,3	3,3	2,4	3,4	2,4	3,5
8	CTO. # 12	13,2	2,7	4,0	2,8	4,1	2,9	4,2	3,0	4,4	3,0	4,5	3,1	4,6
9	CTO. # 13	13,2	2,2	3,0	2,3	3,1	2,3	3,2	2,4	3,3	2,5	3,4	2,6	3,5
10	CTO. # 14	13,2	2,3	3,0	2,3	3,1	2,4	3,1	2,4	3,2	2,5	3,2	2,5	3,3
11	CTO. # 15	13,2	1,4	3,0	1,4	3,1	1,5	3,1	1,5	3,2	1,5	3,2	1,5	3,3
12	CTO. # 16	13,2	1,2	3,0	1,2	3,1	1,2	3,1	1,3	3,2	1,3	3,2	1,3	3,3
13	CTO. # 17	13,2	1,4	3,0	1,4	3,1	1,5	3,1	1,5	3,2	1,5	3,2	1,5	3,3
14	CTO. # 18	13,2												
15	CTO. # 19	13,2	1,7	4,0	1,8	4,1	1,8	4,2	1,9	4,4	1,9	4,5	2,0	4,6
16	CTO. # 20	13,2	0,9	3,0	0,9	3,1	0,9	3,1	1,0	3,2	1,0	3,2	1,0	3,3
17	CTO. # 21	13,2	3,2	3,0	3,3	3,1	3,4	3,2	3,5	3,3	3,6	3,4	3,7	3,5
18	CTO. # 22	13,2	1,2	4,0	1,2	4,1	1,2	4,2	1,3	4,2	1,3	4,3	1,3	4,4
No	CIRCUITO	(KV)	2011		2012		2013		2014		2015		2016	
			$\Delta V(\%)$	$\Delta P(\%)$	$\Delta V(\%)$	$\Delta P(\%)$	$\Delta V(\%)$	$\Delta P(\%)$	$\Delta V(\%)$	$\Delta P(\%)$	$\Delta V(\%)$	$\Delta P(\%)$	$\Delta V(\%)$	$\Delta P(\%)$
1	MIRÓ	13,2	2,00	2,00	2,1	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3	2,3
2	M. GOMEZ	13,2	3,00	3,00	3,1	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,5	3,5



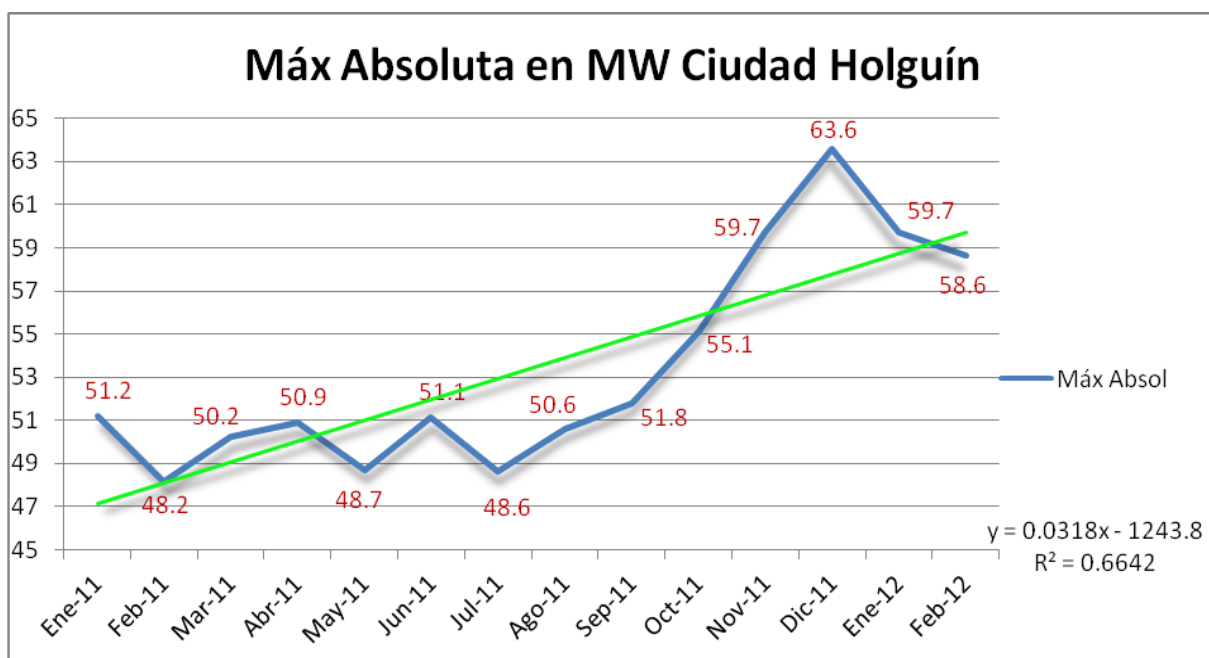
Anexo# 4

PRONOSTICO DE LA DEMANDA MAXIMA POR CIRCUITOS (PARA CALCULAR FC)																
						0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
No	CIRCUITO	VOLTAJE	kVA	kVA	kVA	kVA	kVA	kVA	kVA	kVA	kVA	kVA	kVA	kVA	kVA	kVA
		(KV)	INST.	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1	Cto 1	13.2	11073,0	5500	7150	7500	7725	7957	8195	8441	8695	8955	9224	9501	9786	10079
2	Cto 2	13.2	1992,5	9900	6600	1300	1339	1379	1421	1463	1507	1552	1599	1647	1696	1747
3	Cto 3	13.2	13255,0	9800	9996	6600	6798	7002	7212	7428	7651	7881	8117	8361	8612	8870
13	ALCIDES PINO -1	13.2	8627,5	2922	3799	6000	6180	6365	6556	6753	6956	7164	7379	7601	7829	8063
17	MIRO	4,16	5781,5	4100	3154	1700	1751	1804	1858	1913	1971	2030	2091	2154	2218	2285
20	MAXIMO GOMEZ	4,16	2727,5	3542	2725	1500	1545	1591	1639	1688	1739	1791	1845	1900	1957	2016
	Cto 11	13.2	11525,5	0		3600	3708	3819	3934	4052	4173	4299	4428	4560	4697	4838
	Cto 12	13.2	6810,5	0		4700	4794	4890	4988	5087	5189	5293	5399	5507	5617	5729
	Cto 13	13.2	6236,5	0		3500	3605	3713	3825	3939	4057	4179	4305	4434	4567	4704
	Cto 14	13.2	8145,0	0		4300	4429	4562	4699	4840	4985	5134	5288	5447	5611	5779
	Cto 15	13.2	2020,0	0		1700	1734	1769	1804	1840	1877	1914	1953	1992	2032	2072
	Cto 16	13.2	5345,0	0		1200	1224	1248	1273	1299	1325	1351	1378	1406	1434	1463
	Cto 17	13.2	11422,0	0		3000	3060	3121	3184	3247	3312	3378	3446	3515	3585	3657
	Cto 18	13.2	0,0	0		0										
	Cto 19	13.2	10751,5	0		5000	5150	5305	5464	5628	5796	5970	6149	6334	6524	6720
	Cto 20	13.2	5307,0	0		1900	1938	1977	2016	2057	2098	2140	2183	2226	2271	2316
	Cto 21	13.2	8204,0	0		4200	4326	4456	4589	4727	4869	5015	5165	5320	5480	5644
	Cto 22	13.2	9771,5	0		2500	2550	2601	2653	2706	2760	2815	2872	2929	2988	3047
	SUMATORIA		128995,5	35764	33423	50157	61856	63559	65309	67109	68960	70864	72821	74833	76902	79030
	ENERGIA EN MWH						48434	55483	62731	70183	77846	85725	93827	102158	110725	119534
	VENTAS EN MP (INCREMENTOS)						6500,3	7446,4	8419,1	9419,3	10447,7	11505,2	12592,6	13710,7	14860,4	16042,7

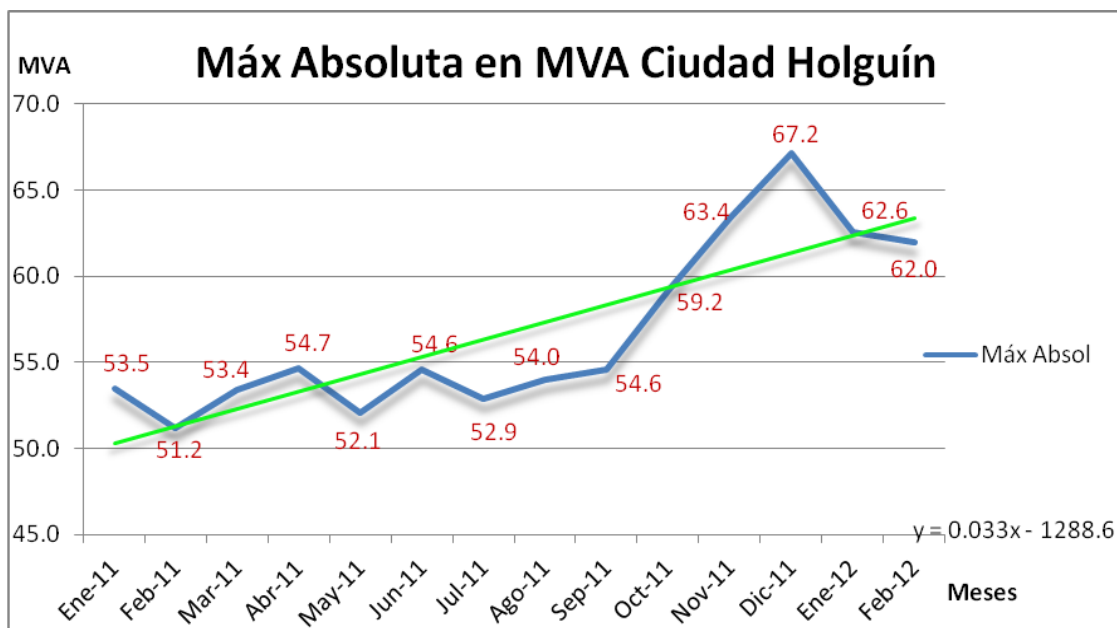
Anexo# 5

PRONOSTICO DE LA DEMANDA EN LAS SUBESTACIONES CIUDAD HOLGUIN HASTA EL 2016									
				1	2	3	4	5	6
No	SUBESTACION	VOLTAJE (KV)	MVA INST.	MW 2011	MW 2012	MW 2013	MW 2014	MW 2015	MW 2016
1	HOLGUIN 110/13.8 KV	13,8	25	21,4	22,04	22,70	23,38	24,09	24,81
2	HOLGUIN 33/4.16 KV	4,16	2X4.0	3,2	3,30	3,39	3,50	3,60	3,71
3	MAYABE 110/13.8	13,8	25	19,0	19,57	20,16	20,76	21,38	22,03
4	GÜIRABO 110/13.8	13,8	25	16,6	16,93	17,27	17,62	17,97	18,33
5	ROTONDA	13,8	6,3	3,1	3,19	3,29	3,39	3,49	3,59

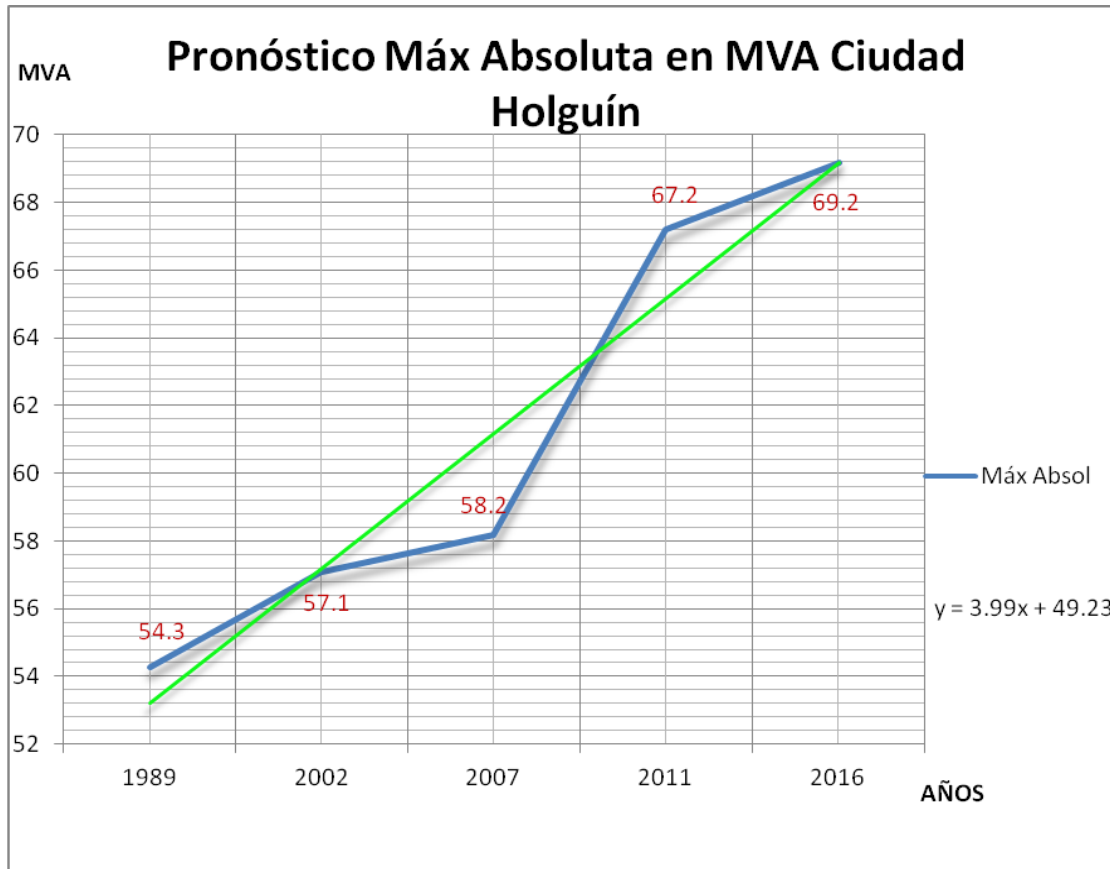
No	SUBESTACION	VOLTAJE (KV)	MVA INST.	MVA 2011	MVA 2012	MVA 2013	MVA 2014	MVA 2015	MVA 2016
1	HOLGUIN 110/13.8 KV	13,8	25	23,8	24,51	25,25	26,01	26,79	27,59
2	HOLGUIN 33/4.16 KV	4,16	2X4.0	3,6	3,71	3,82	3,93	4,05	4,17
3	MAYABE 110/13.8	13,8	25	21,1	21,73	22,38	23,06	23,75	24,46
4	GÜIRABO 110/13.8	13,8	25	18,4	18,77	19,14	19,53	19,92	20,32
5	ROTONDA	13,8	6,3	3,4	3,50	3,61	3,72	3,83	3,94



	Mínima(Prom)	Media(Prom)	Máxima(Prom)	Pico(Prom)	Promedio	Min Absol	MáxAbsol
feb-12	20,4	36,4	42,6	56,8	32,6	15,8	58,6
ene-12	19,3	36	41,3	56,2	31,8	15,2	59,7
dic-11	19,7	36,6	41,3	55,2	32,2	14,3	63,6
nov-11	22,8	36,9	41,6	52,4	33,4	17,7	59,7
oct-11	25	37,5	42,3	47,4	34,7	20	55,1
sep-11	26,3	37,5	41,6	44	35	22	51,8
ago-11	25,3	37,9	40,5	42,9	34,7	18,1	50,6
jul-11	25,1	36,8	39,3	41,5	33,9	19,7	48,6
jun-11	24,2	36,3	39,9	42,8	33,4	19	51,1
may-11	22,7	35	39,4	42,1	32,2	16,1	48,7
abr-11	22,3	35,1	40,2	42,7	32,3	18,1	50,9
mar-11	17,2	30,6	36,2	43,2	27,6	13	50,2
feb-11	16,5	29,9	34,9	42,6	26,7	11	48,2
ene-11	14,2	27,5	32,1	39,3	24,2	9,7	51,2



	Mínima(Prom)	Media(Prom)	Máxima(Prom)	Pico(Prom)	Promedio	Min Absol	MáxAbsol
feb-12	ene-00	39,3	46,6	60,3	35,9	19,1	62,0
ene-12	22,2	38,8	45,2	58,8	35	18,1	62,6
dic-11	22,7	39,5	45,3	58,4	35,4	18,8	67,2
nov-11	25,8	39,9	45,8	55,7	36,7	20,3	63,4
oct-11	28,1	40,9	46,6	51	38,3	22,9	59,2
sep-11	29,5	40,9	45,8	47,7	38,6	25	54,6
ago-11	28,5	41,3	44,7	46,3	38,4	23,8	54,0
jul-11	28,4	40	43,1	43,7	37,3	6,6	52,9
jun-11	27,3	39,6	43,8	45,7	36,9	21,7	54,6
may-11	25,7	38,3	43,2	45,2	35,6	21,3	52,1
abr-11	25,3	38,2	44,1	46,4	35,7	20,8	54,7
mar-11	19,7	33	39,6	46,2	30,3	15,4	53,4
feb-11	18,9	32,5	38,3	45,2	29,5	14,9	51,2
ene-11	16,4	29,8	35,2	41,5	26,7	11,7	53,5



	Mínima(Prom)	Media(Prom)	Máxima(Prom)	Pico(Prom)	Promedio	Min Absol	MáxAbsol
1989							54,3
2002	19,7	33	39,6	46,2	30,3	63,3	57,1
2007	18,9	32,5	38,3	45,2	29,5	58,2	58,2
2011	16,4	29,8	35,2	41,5	26,7	57,1	67,2
2016							69,2

	1989	2002	2007	2011	2016	
MVA	54,3	57,1	58,2	67,2	65,2	73,2
Tendencia	53,2	57,2	61,2	65,2	69,2	69,2
Diferencia	1,1	-0,1	-3	2	-4	4

Anexo# 9

PROPUESTA DE LOS CIRCUITOS A ALIMENTAR LA S/E HOLGUÍN 4.

No	CIRCUITO	VOLTAJE	KVA	DM	DMsc	FPsc	TRANSF.	Pérdidas en kW	ΔV	ΔP
		(KV)	INST.	(KW)	(KVA)				(%)	(%)
1	CTO. # 23	13,2	6232,5	5400,0	6000,0	0,92	147	37	4,80	5,0
2	CTO. # 24	13,2	4066,0	2200,0	2444,4	0,91	94	29	1,40	4,0
3	CTO. # 25	13,2	5545,5	3800,0	4222,2	0,91	125	171	2,20	4,0
4	CTO. # 26	13,2	6904,5	2100,0	2333,3	0,90	146	60	1,10	3,0
5	CTO. # 27	13,2								
6	CTO. # 28	13,2	2353,0	920,0	1022,2	0,90	70	29	2,10	4,0

Anexo# 10

Situación que presentaría la ciudad si con la construcción de Holguín 4

No	SUBESTACION	MW	MVAR	MVA
1	HOLGUIN 1	21,3	10,3	23,7
2	HOLGUIN 2	13,1	6,3	14,6
3	HOLGUIN 3	16,6	8,0	18,4
5	HOLGUIN 4	14,4	7,0	16,0
	Suma de las demandas máximas sin aplicar factor de diversidad =			72,7
	Demanda máxima con factor de diversidad 1.20 =			69,2



Esquema del municipio de Holguín con las cuatro subestaciones 110/13.8 kV

