



INSTITUTO SUPERIOR MINERO
METALURGICO DE MOA
DR. ANTONIO NUÑEZ JIMENEZ

Ingeniería Eléctrica

Facultad: Metalurgia Electromecánica

Departamento: Eléctrica

Trabajo de Diploma

En opción al Título de Ingeniero Eléctrico.

*Título: Instructivo metodológico para la
utilización del software Easy Power.*

Autor: Rolando Oliveros Suárez.

Tutor: Ms.C. Nilka Hernández Diéguez.

**Consultantes: Ms.C. Diego Rodríguez Álvarez.
Dr.C. Ignacio Romero Rueda.**

Moa, Holguín-2017

“Año 58 de la Revolución”



Declaración de Autoridad:

Yo Rolando Oliveros Suárez certifico su propiedad intelectual a favor del Instituto Superior Minero- Metalúrgico de Moa “Dr. Antonio Núñez Jiménez”, el cual podrá hacer uso del mismo para fines docentes, educativos e investigativos.

Para que así conste firmamos la presente a los ____ días del mes de ____ del año_____

Rolando Oliveros Suárez
Diplomante

Nilka Hernández Diéguez
Tutor

Rolando Oliveros Suárez



Agradecimientos:

A mis padres por sus consejos y bendiciones, cada consejo y cada enseñanza que me han dado me ha permitido desarrollarme y ser mejor persona cada día.

A mis familiares y amigos que han estado pendientes de mí, dando su apoyo aun sin pedírselo.

A mis profesores por compartir sus conocimientos y experiencias.

A mi novia que siempre me brindó su apoyo incondicional.

Al Ms.C Diego Rodríguez Álvarez por haberme dedicado tiempo de su trabajo para que fuera posible la realización de este proyecto, así como a sus compañeros de trabajo que siempre me recibieron y ayudaron cuando hizo falta.

Quiero agradecer de forma muy especial a todas las personas que de una o de otra forma me brindaron de su apoyo, paciencia y consejos para terminar de forma exitosa este proyecto.



Dedicatoria:

Este trabajo está dedicado a mis padres por haberme brindado la dirección adecuada para formarme espiritual, humana y profesionalmente, a mi hermano, familiares, a mi novia, amigos y a quienes en todo momento me dieron su confianza y apoyo, valores que me impulsaron para finalizar una etapa más de mi carrera profesional.

Rolando Oliveros Suárez



Pensamiento:



”...Siempre mediremos por encima de todo a un técnico y a un científico no por sus conocimientos sino, por el grado de hermandad con que es capaz de aportar al género humano sus conocimientos”.

Fidel Castro Ruz

Rolando Oliveros Suárez



Resumen:

Dentro del software de mayor utilidad en el análisis de sistema de suministro eléctrico de una empresa se encuentra el EASY POWER, sin embargo, su empleo en la carrera de Eléctrica se dificulta por el desconocimiento de su aplicación en la práctica. En este trabajo se realizó un Instructivo Metodológico para la utilización efectiva del software EASY POWER por los profesores y alumnos, de la carrera de eléctrica, del ISMM. Se siguió la siguiente metodología: a) se analizaron las herramientas del software y sus usos; b) se ensayó la introducción de los elementos de la red para la confección de un monolineal; c) la decisión de la herramienta a utilizar fue en dependencia del tipo y alcance del análisis deseado; y por último se realiza el análisis de los resultados. El principal resultado se obtiene cuando se aplica a un caso de estudio de una subestación de la Empresa Productora de Ni + Co Cmdt. Ernesto Che Guevara, donde se demuestra el alcance del análisis en un solo circuito. Se concluye que la utilización del EASY POWER facilita, amplía y profundiza el análisis de un circuito eléctrico para la toma de decisiones o alternativa de funcionamiento, siendo el software una herramienta fundamental para el ingeniero eléctrico en formación.



Summary:

POWER finds the EASY, however, within the software of bigger utility in the system analysis of electric supply of a company his job in Eléctrica's race becomes difficult for the ignorance in his practical application. EASY sold off an Instructivo Metodológico for the effective utilization of the software itself in this work POWER for the professors and pupils, of the race of electric, of the ISMM. The following methodology ensued: To) they examined the software's tools and his uses; B) you tested the introduction of the elements of the net for the confection of one mono-linear; C) the decision of the tool to utilize was in dependence of the type and reach of the desired analysis; And finally the income analysis comes true. The principal result is obtained when Co devotes itself to a case study of a substation of Neither +'s Productive Company Cmdt. Ernesto Che Guevara, where the reach of the analysis in a very circuit is demonstrated. One comes to an end than the EASY's utilization POWER makes Easy, enlarge and deepens the analysis of an electric circuit for the overtaking or alternative of functioning, being the software a fundamental tool for the electrical engineer in formation.



Tabla de Contenidos:

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD:	I
AGRADECIMIENTOS:	II
DEDICATORIA:	III
PENSAMIENTO:	IV
RESUMEN:	V
SUMMARY:	VI
TABLA DE CONTENIDOS:	VII
INTRODUCCIÓN:	1
SITUACIÓN PROBLÉMICA:	1
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:	2
HIPÓTESIS:	2
OBJETIVOS GENERALES:	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	2
CAMPO DE ACCIÓN:	2
OBJETO DE ESTUDIO:	2
JUSTIFICACIÓN:	2
CAPÍTULO.1: MARCO TEÓRICO CONTEXTUAL:.....	4
1.1. Introducción:.....	4
1.2. Estado del arte:	5
1.3. Manejo del software Easy Power:	5
1.3.1. Inicio y ventana de sesión:	6
1.3.2. Elementos de la ventana de sesión:	7
1.3.3. Creación de un proyecto (Diagrama unifilar):	11
1.3.4. Guardar y guardar como, un diagrama unifilar:	11
1.3.5. Importar y exportar diagramas unifilares creados antes:	11
1.3.6. Configurar propiedades de archivos:	12

Rolando Oliveros Suárez



1.3.7.	Acceso por contraseña:	13
1.3.8.	Factores de códigos:	13
2.1.1.	Botón derecho del mouse:.....	14
1.10.	Para acercarse y alejarse (Zoom):.....	14
1.10.1.	Rueda de giro del mouse:	14
1.10.2.	Barra deslizante de zoom:.....	15
1.11.	Moverse en el diagrama unifilar:	16
1.11.1.	Métodos alternativos de desplazamientos:.....	17
1.12.	Conclusiones:	17
CAPÍTULO.2: INSTRUCTIVO METODOLÓGICO:.....		18
2.1.	Introducción:.....	18
2.2.	Estructura de la Metodología:	18
2.3.	Introducción de los elementos de la red eléctrica:	19
2.3.1.	Terminales o Barras:	20
2.3.2.	Transformadores:	22
2.3.3.	Generadores:.....	24
2.3.4.	Motores:.....	25
2.3.5.	Servicio Eléctrico:	27
2.3.6.	Cables o Líneas:.....	28
2.3.7.	Disyuntores de alimentación y de enlace de barras:	29
2.3.8.	Centro de Control de Motores (CCM):.....	31
2.3.9.	Listado de Distribución de Cargas:	34
2.4.	Introducción de la herramienta a utilizar:.....	37
2.4.1.	Flujo de Potencia:	37
2.4.1.1.	Ejecutando el Análisis de Flujo de Potencia:.....	37
2.4.1.2.	Impacto del Arranque de Motores:	38
2.4.1.3.	Opciones de Visualización:	39



2.4.1.4. Informes de Texto:	39
2.4.2. Cortocircuitos:.....	40
2.4.2.1. Ejecutando modo de Análisis de Cooircruito-ANSI:.....	40
2.4.2.2. Calculando corrientes de Fallas:	40
2.4.2.3. Provocando Fallas en las Barras:.....	40
2.4.2.4. Voltajes y Corrientes Remotas:	41
2.4.2.5. Cambiando el Intervalo de Tiempo Según las Normas ANSI:	41
2.4.2.6. Tipos de Fallas:	41
2.4.2.7. Informes de Textos:.....	42
2.5. Conclusiones:.....	42
CAPÍTULO 3: DESCRIPCIÓN DEL CASO TEÓRICO A UTILIZAR.	44
3.1. Introducción:.....	44
3.2. Terminales (Barras) de una red:	44
3.3. Inserción de transformadores:.....	45
3.4. Inserción de Motores y Generadores:	46
3.5. Inserción de los elementos de protección (Interruptores de tipos HV Breaker, LV Breaker, Switch y Relés):.....	47
3.6. Introducción de los datos de Terminales o Barras:	47
3.7. Edición de los datos de los Transformadores:	49
3.8. Datos de Motores y Generadores:	50
3.9. Cálculos pertinentes:.....	51
3.10. Flujo de Potencia:	51
3.10.1. Resultados del flujo de potencia:.....	52
3.11. Estabilidad del sistema.	53
3.12. Conclusiones:	54
CONCLUSIONES GENERALES:.....	55
RECOMENDACIONES:	55





Introducción:

La simulación digital de los Sistemas Eléctricos de Potencia es un tema que ha venido evolucionando, los programas actuales como el Easy Power poseen varias herramientas de análisis, además de que la interfaz gráfica es agradable y fácil de manejar.

El software Easy Power es una herramienta especializada en el análisis de Sistemas Eléctricos de Potencia, está provista de varios módulos entre los cuales se encuentran: flujos de potencia y cortocircuitos para el análisis de sistemas eléctricos de potencia.

Debido a su gran versatilidad el software Easy Power, es una herramienta de análisis, utilizada en entidades encargadas de la operación y estudio de los sistemas de potencia a nivel internacional. Por este motivo, el presente trabajo comprende un entrenamiento en el uso de las herramientas del software para los profesionales nuestro país.

El objetivo del presente trabajo es, diseñar un instructivo metodológico para el entrenamiento de los alumnos del ISMM de nuestro territorio. Para el cual se escogió un caso teórico de estudio donde se presenten varias situaciones en un circuito, con el objetivo de una mejor comprensión de los alumnos.

Situación Problemática:

El Easy Power es un software potente en el mercado internacional, que brinda grandes oportunidades como el estudio de flujos de potencia, cortocircuitos, estabilidad, análisis de armónicos y coordinación de protecciones en sistemas de potencia; sin embargo, en la gran mayoría de las ocasiones, se siguen usando software de menores prestaciones, que imposibilitan un análisis integral del sistema eléctrico de potencia. Es política del Ministerio de Energía y Minas (MINEM) la implementación de la técnica necesaria, para ser más eficientes el trabajo.



Problema de Investigación:

Insuficiente base material de estudio enfocada al conocimiento de los alumnos del ISMMM sobre la utilización del software Easy Power.

Hipótesis:

Si se realiza un instructivo metodológico con lenguaje técnico asequible y se desarrolla un caso de estudio teórico, entonces se contará con la herramienta adecuada para la capacitación de los alumnos del ISMMM de nuestro territorio.

Objetivos Generales:

Diseñar un instructivo metodológico con un lenguaje técnico asequible a los alumnos del ISMMM, para la utilización del software Easy Power.

Objetivos Específicos:

1. Elaborar un instructivo metodológico enfocado a los alumnos del ISMMM, a fin de facilitar el manejo de los módulos requeridos para los estudios eléctricos del Sistema Electro energético Nacional.
2. Desarrollar un caso de estudio teórico en el que estén presentes dos de los elementos y situaciones posibles en un sistema de potencia.

Campo de acción:

Instructivo Metodológico para la aplicación del software Easy Power.

Objeto de estudio:

Sistemas eléctricos de potencia.

Justificación:

El desarrollo de software especializado ha revolucionado la forma de realizar estudios e investigación en muchos campos de la ingeniería y en especial en los

Rolando Oliveros Suárez



Instructivo Metodológico para la utilización del software Easy Power

sistemas eléctricos de potencia. Por esta razón, se hace necesario mejorar el pensamiento académico de los alumnos con herramientas como el Easy Power. Para el correcto manejo de este software es necesaria una guía que permita realizar estudios eléctricos. Esta herramienta podrá ser utilizada por estudiantes y profesionales en la realización de trabajos investigativos.

Rolando Oliveros Suárez



CAPÍTULO.1: MARCO TEÓRICO CONTEXTUAL:

1.1. Introducción:

Easy Power es una herramienta de ingeniería asistida por computadora para el análisis y diseño de sistemas eléctricos de potencias industriales, servicios eléctricos y comerciales, este programa es único, ya que se integran completamente las funciones de cortocircuito, flujo de potencia, coordinación de dispositivos de protección, análisis de armónicos y base de datos bajo el control interactivo gráfico del diagrama unifilar. Permite trabajar como lo hace normalmente (directamente desde el diagrama unifilar), tiene una interfaz interactivo y fácil de usar diseñada para el análisis eficiente y precisa de sistemas de potencia, utiliza las últimas técnicas de análisis de redes desarrolladas por los líderes mundiales en algoritmos de soluciones dispersas y técnicas informáticas innovadoras. Easy Power tiene una tremenda ventaja sobre otros programas en el tiempo de ejecución, las capacidades de modelado y precisión, a que su ingenio de desarrollo ofrece una amplia variedad de algoritmos que no están disponibles en otros programas.

La naturaleza actual de los sistemas eléctricos de potencia es la de ser una compleja estructura formada por miles de elementos: motores, generadores, transformadores, líneas, cargas, entre otros, cada uno de los cuales tiene asociado elementos de medición y control, de una naturaleza compleja. A futuro, la complejidad y las dimensiones de los problemas asociados a los sistemas de potencia aumentará. En tal sentido, los análisis de estos sistemas requieren de una poderosa herramienta como Easy Power para acometer en forma adecuada los estudios que la planificación y operación de sistemas de potencia requiere.

El software Easy Power consta de varios programas más pequeños que incluyen un subconjunto de características específicas para usos específicos:

- **Online Designer:** incluye las potentes funciones de creación de un diagrama unifilar de Easy Power, pero sin las capacidades de análisis completos. Se utiliza para crear diagramas unificares y escribir los datos acerca de su equipo.
- **Safety Tracker:** incluye la capacidad de ver diagramas unificares creados en Easy Power y Easy Solv, genera automáticamente y realiza un seguimiento de

Rolando Oliveros Suárez



la documentación requerida para la comodidad y seguridad del personal de la planta.

- **Easy Solv:** incluye muchas de las potentes funciones básicas de Easy Power, se utiliza para crear detallados diagramas unifilares rápida y fácilmente, realizar cálculos de riesgo de arco electrónico y mantener la documentación del sistema y la seguridad (todo en un solo lugar)

1.2. Estado del arte:

Easy Power es un software profesional con excelentes resultados por los beneficios que este brinda, es línea de trabajo, la inserción de este software en nuestras empresas. Los principales beneficios que aporta son: simulación de estabilidad, cortocircuito, Flujo de Potencia, Armónico y Coordinación, de este software no se ha realizado ningún trabajo que explique bien la metodología de desarrollo de ejemplos de estudio, es por esto la necesidad de realizar este instructivo metodológico, donde se explique desde la inserción de los elementos en la creación de un circuito, hasta la explicación de los resultados y la propuesta para resolver disímiles situaciones que se presenten.

1.3. Manejo del software Easy Power:

En esta guía introductoria al software Easy Power, se indica en forma resumida los primeros pasos que debe dar el usuario para empezar a utilizar el programa.

Antes de la instalación del programa se deben tener en cuenta los siguientes requisitos del sistema:

- **Sistema operativo:** de 32 o 64 bits, versiones de Windows XP (SP3), Server 2003-2008, Windows 7 o Windows 8.
- **CPU:** Equipo basado en Intel con doble núcleo o superior.
- **RAM:** 512 MB o superior (recomendado).
- **Monitor:** resolución del monitor de 1280*1024 o mayor y adaptador de video.
- **Disco duro:** 1 GB de espacio en el disco de instalación.

Rolando Oliveros Suárez



- **Mouse:** Microsoft mouse u otro dispositivo señalador compatible.
- El acceso a internet es opcional, pero muy recomendable para todas las demás versiones, ya que permite la facilidad de activar y actualizar el software.

1.3.1. Inicio y ventana de sesión:

Easy Power asegura la información en base a la creación de un diagrama unifilar completo y base de datos a partir de cero, como también se realizará un flujo de potencia básico y el análisis de corto circuito en el sistema.

1. Inicio:

- Haga clic en el ícono Easy Power o seleccione Easy Power desde el menú de Windows o del escritorio.
- Aparecerá una pantalla de bienvenida con información y enlaces para iniciar el programa, como se muestra en la figura 1.

Sugerencia: Puede desactivar la pantalla de bienvenida en Herramientas-Opciones (Tools-Options) para acelerar el tiempo de arranque.

- Haga clic en Inicio de Programa (Start Program) y aparecerá la ventana de sesión.



Figura 1.1: Pantalla de bienvenida.



2. Ventana de Sesión:

- Una vez iniciado Easy Power y haberle dado clic a Maximizar, la ventana de sesión se desplegará y quedará del tamaño de la pantalla, como se muestra en la figura 1.2:

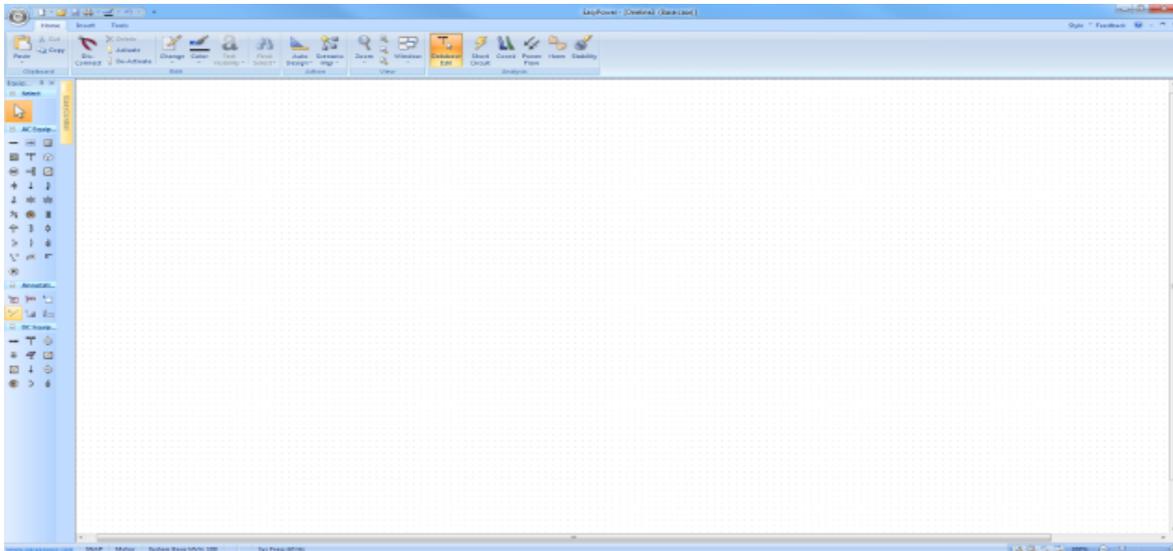


Figura 1.2: Ventana de sesión de Easy Power.

1.3.2. Elementos de la ventana de sesión:

1. Barra de Herramientas:

- Le permite decir a Easy Power lo que quiere hacer. Algunos botones tienen un símbolo de flecha hacia abajo que indican opciones adicionales disponibles. La cinta de opciones puede ser distinta de la de abajo dependiendo de las características de la versión del programa.
- La apariencia de la Barra de Herramientas se puede cambiar por la elección de Estilo (Style) de la zona superior derecha de la ventana.
- Para agregar o quitar elementos de la barra de herramientas se debe dar clic en **Personalizar barra de herramientas (Customize Quick Start Toolbar)**.

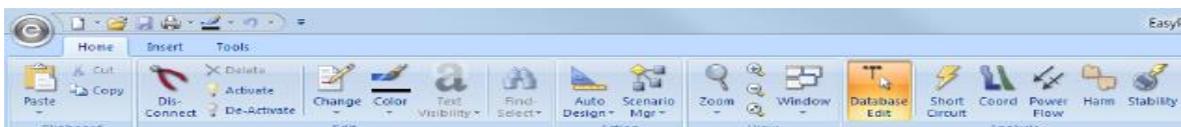


Figura1.3: Barra de Herramientas.

Rolando Oliveros Suárez



2. Barra de Herramientas de acceso rápido (Quick Access Toolbar):

- Se encuentra en la zona superior izquierda de la ventana de Easy Power. Por configuración predeterminada esta barra de herramientas tiene los comandos Nuevo (New) (crear un nuevo diagrama unifilar), Abrir (Open), Guardar (Save), Imprimir (Print) y Deshacer (Undo).

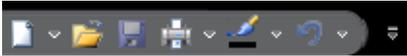


Figura 1.4: Barra de Herramientas de acceso rápido.

3. Barra de Estado (Status):

- Esta barra opcional se encuentra en la parte inferior de la ventana de sesión que proporciona información sobre la configuración que se eligió. La información que se muestra varía ligeramente en función del enfoque actual que se encuentra.
- Puede hacer clic-derecho sobre la barra de estado para seleccionar diferente información para mostrar.



Figura 1.5: Barra de Estado.

➤ Menús contextuales:

- Puede hacer clic-derecho a cualquier lugar de la pantalla para mostrar un menú contextual adicional. El menú cambia según el lugar donde se está trabajando en el software. Sólo se muestran las opciones que sean apropiadas para esa zona. Algunas opciones pueden ser apropiadas para la zona, pero se atenúan hasta que se tome una acción específica (por ejemplo, sólo después de seleccionar un elemento en la pantalla).

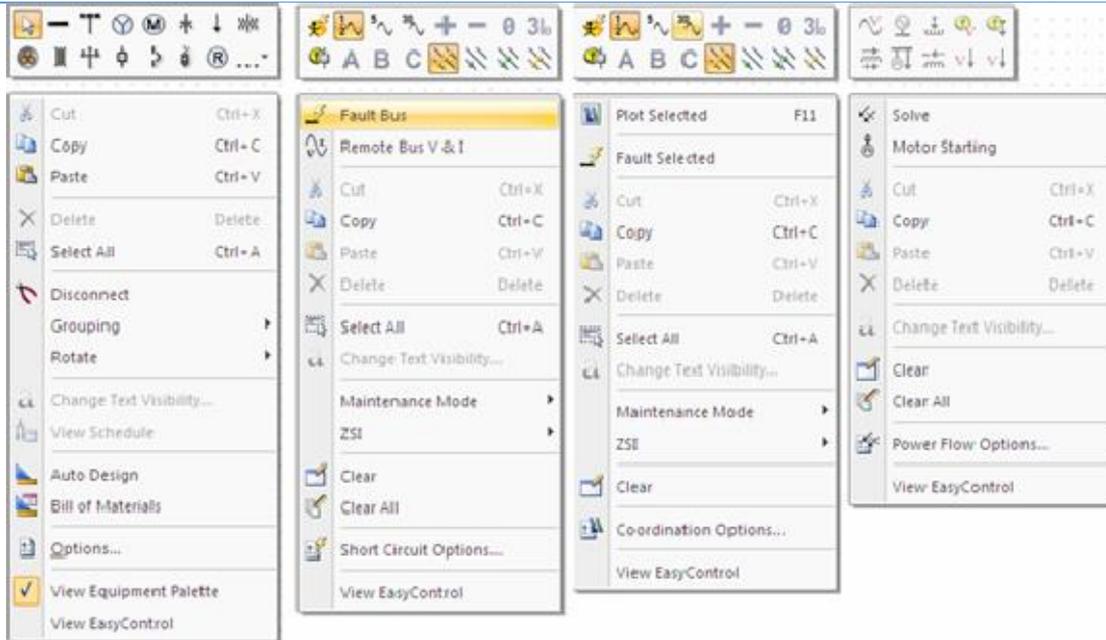


Figura 1.6: Ejemplos de Menús Contextuales.

4. Paleta de Equipos (Equipment Palette):

- Permite agregar equipos de AC o DC y notas (Anotaciones) al diagrama unifilar. Mientras que editar la base de datos, la paleta de equipo proporciona los tipos de equipos necesarios para crear un diagrama unifilar de sistema de potencia. También puede insertar elementos a través de la barra de herramientas por Insertar (Insert). Puede hacer clic-derecho sobre la paleta y cambiar entre Vista de lista (List View) o Vista icono para ver una descripción del símbolo del equipo. Puede ocultar o mostrar la paleta de equipo al hacer clic-derecho en el área de una línea y seleccionando la opción deseada en el menú contextual.

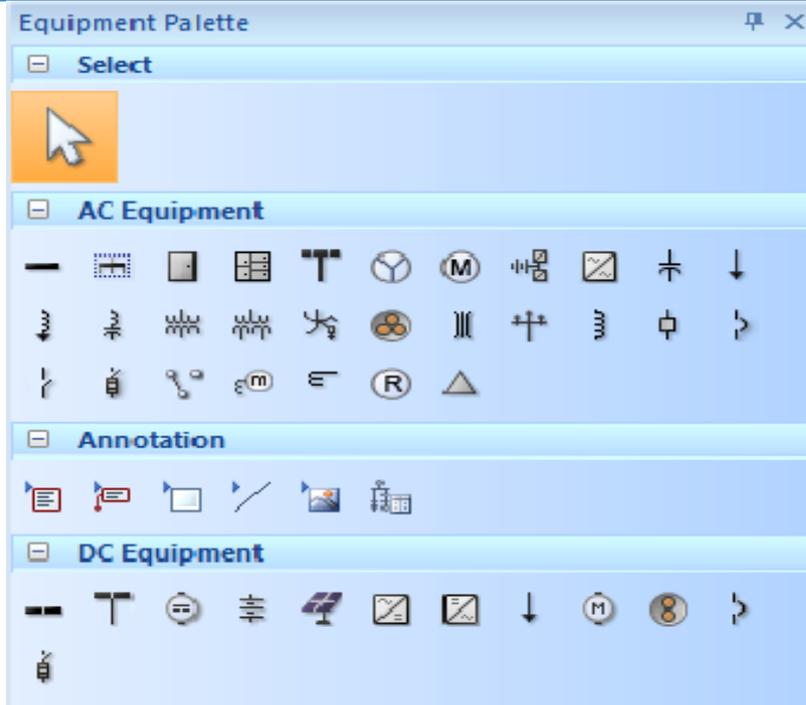


Figura 1.7: Paleta de Equipos.

5. Caja de herramientas de Easy Control:

- Proporciona un fácil acceso a sus dibujos y vistas nombradas. Por defecto aparece, como una pestaña junto a la Paleta de Equipos (Equipment Palette). Puede ocultar o mostrar la pestaña Easy Control al hacer clic-derecho en el área de una línea y seleccionando la opción deseada en el menú contextual.



Figura 1.8: Caja de herramientas de Easy Control.



1.3.3. Creación de un proyecto (Diagrama unifilar):

Después de abrir Easy Power, haga clic en  **Nuevo (New)** en la barra de herramientas de acceso rápido en la parte superior izquierda de la ventana de Easy Power. Se abre un diagrama unifilar en blanco en el modo Editar base de datos (Database Edit) para que pueda empezar a nuevo diagrama crear un unifilar. Por configuración predeterminada, Easy Power llama el archivo "OneLine1" (0,2 o 3 y así sucesivamente). Se puede cambiar fácilmente el nombre al guardar el diagrama unifilar.

Creación y edición de un diagrama unifilar es una simple cuestión de elegir el equipo del sistema de potencia deseado de la Paleta de equipos (Equipment Palette) o la barra de herramientas, Insertar (Insert) y, a continuación, colocándolo en el dibujo. Si coloca la línea de guía del elemento en una barra, Easy Power conecta automáticamente el equipo. También puede arrastrar el elemento a la barra con el puntero.

1.3.4. Guardar y guardar como, un diagrama unifilar:

Guarde el archivo frecuentemente para evitar la pérdida de su trabajo. La primera vez que haga clic en Guardar (Save) en un nuevo diagrama unifilar, el cuadro de diálogo Guardar Como (Save As) se expone para que pueda seleccionar el directorio y el nombre del archivo. Los nombres de archivo pueden tener hasta 256 caracteres e incluyendo espacios en blanco. Después de realizar la primera guardada, cualquier guardada posterior se realizará automáticamente en ese archivo. Si desea guardar el archivo con otro nombre, utilice Guardar Como (Save As) para seleccionar un nuevo directorio o nombre.

1.3.5. Importar y exportar diagramas unificables creados antes:

Para abrir un archivo que ya se ha creado, haga clic en  **Abre (Open)** en la barra de herramientas de acceso rápido. Esto expone un cuadro de diálogo Abre que le permite buscar a través de unidades y directorios para encontrar el archivo que desea. Abre el archivo haciendo doble clic en el o seleccionándolo y después haciendo clic en OK.



Instructivo Metodológico para la utilización del software Easy Power

Si está trabajando en una red y alguien ya abrió el archivo que desea utilizar, o as propiedades del archivo están establecidas como "solo lectura", se puede ver el archivo pero no puede guardar los cambios al mismo. Puede utilizar -Guardar Como (Save As) para guardar el archivo con otro nombre o en una ubicación diferente.

Para cerrar un archivo, haga clic en  **Cierre (Close)** en la esquina superior derecha del diagrama unifilar (o en el ícono  **Cierre** si la ventana está minimizada) o haga clic en el botón  **Easy Power-Cierre**.

1.3.6. Configurar propiedades de archivos:

Para configurar las propiedades de archivos se debe seleccionar el botón  **Easy Power**, y luego Propiedades (Properties) para configurar la información del proyecto, (Figura 1.9).

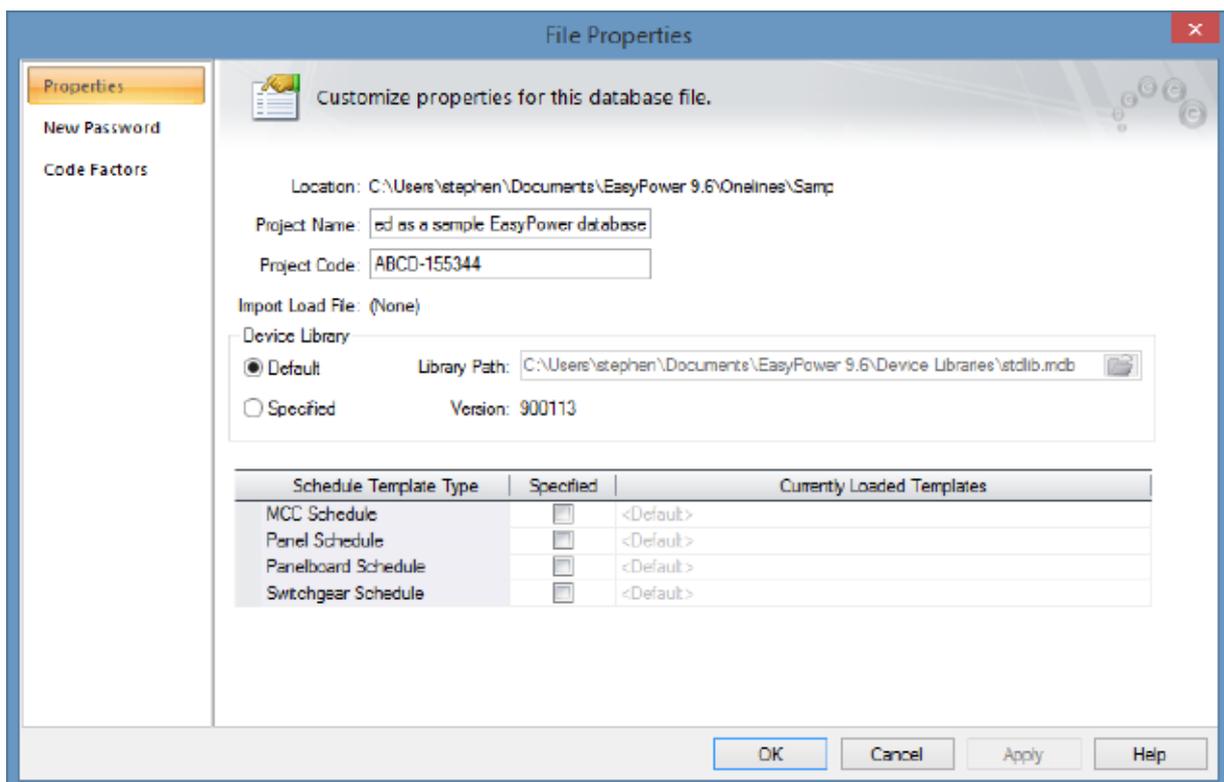


Figura 1.9: Cuadro de diálogo de las propiedades de archivos.



1.3.7. Acceso por contraseña:

Si desea controlar quien tiene acceso a un determinado archivo, puede dar al archivo una contraseña. En Propiedades de archivo (File Properties), haga clic en Nueva contraseña (New Password), para crear una contraseña.

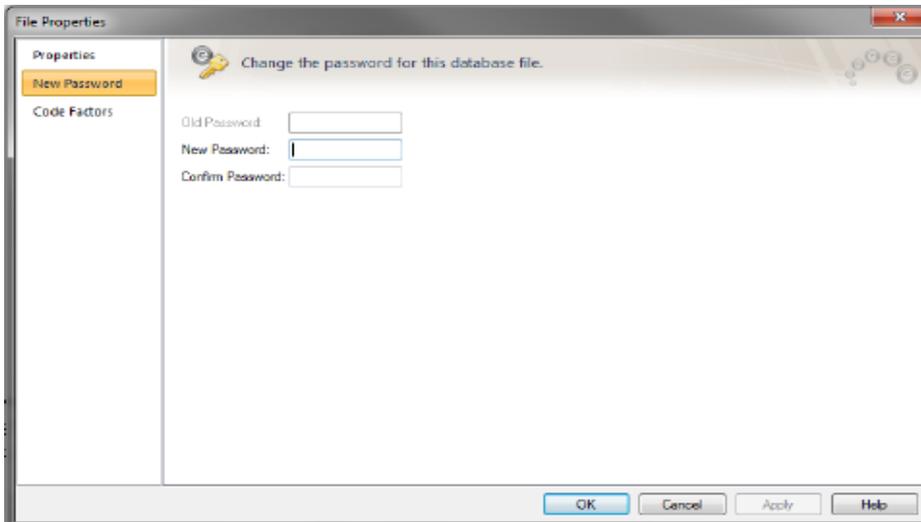


Figura 1.10: Diálogo de nueva contraseña.

La primera vez que se establece una nueva contraseña, el campo de Contraseña anterior (Old Password) será atenuado. Escriba la nueva contraseña en el campo Nueva contraseña (New Password). Escriba la contraseña de nuevo en el campo Confirma contraseña (Confirm Password) y haga clic en OK. Al cerrar el archivo y Easy Power le pregunta si desea guardar los cambios, haga clic en Sí (Yes). La próxima vez que el usuario o cualquier otra persona intente abrir el archivo, debe ingresar la contraseña para abrir una copia editable. Puede abrir el archivo como un archivo de sólo lectura sin introducir la contraseña para poder verla, pero no puede guardar archivos de sólo lectura.

1.3.8. Factores de códigos:

Easy Power tiene una biblioteca especificada por el usuario " (Std) " (Estándar) que se puede utilizar junto con las recomendaciones descritas en el Artículo 220.40 en NFPA-2014. Los factores de códigos discutidos en el Artículo no se utilizan por predeterminación en Easy Power, pero se pueden importar.

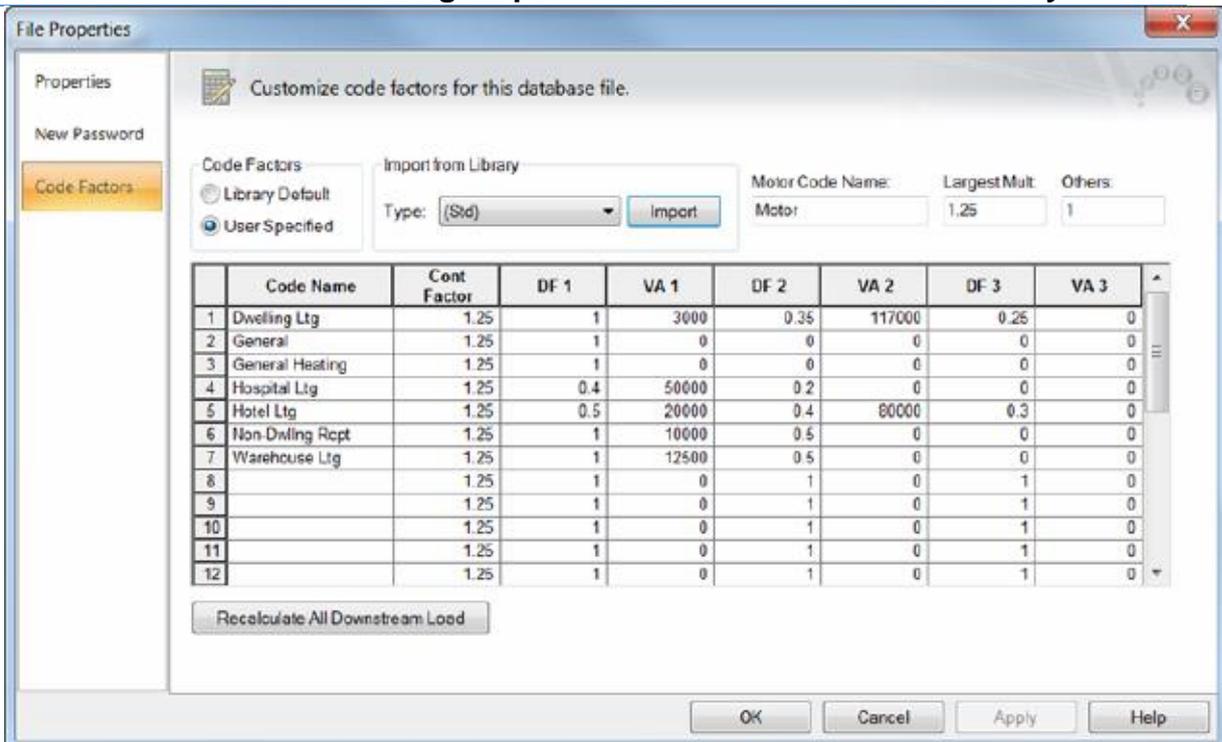


Figura 1.11: Cuadro de diálogo para factores de código.

Para importar los factores de código, seleccione Estándar (Std) al lado de la biblioteca Tipo (Type) y, a continuación, haga clic en Importa (Iport).

Para aplicar los nuevos factores de código, haga clic en Recalcular todo la carga aguas abajo (Recalculate All Downstream Load).

2.1.1. Botón derecho del mouse:

Easy Power asigna muchas funciones al botón derecho del ratón. Cada objeto o carpeta puede ser seleccionado con el botón derecho para hacer aparecer un menú.

Generalmente, el lado izquierdo del administrador mostrará carpetas de objetos; es decir, objetos que contienen otros objetos dentro. El lado derecho del administrador mostrará carpetas de objetos y objetos individuales.

1.10. Para acercarse y alejarse (Zoom):

1.10.1. Rueda de giro del mouse:

Una forma cómoda de acercar y alejar es utilizar la rueda de giro del mouse ya que la mayoría de los sistemas son demasiado grandes para permitir la



Instructivo Metodológico para la utilización del software Easy Power

visualización detallada en pantalla de la totalidad de un diagrama unifilar completo. Easy Power le permite elegir exactamente qué parte del diagrama unifilar quiere mostrar moviendo el puntero a la zona en la que desea utilizar el zoom antes de hacer girar la rueda del mouse. Esto mantiene el área que quiere ver en el centro de la pantalla. Puede alejar a 0.1 y acercar a 500%, con capacidad de zoom potente y flexible.

1.10.2. Barra deslizante de zoom:

La parte inferior derecha de la ventana de Easy Power tiene una barra deslizante para controlar el porcentaje del zoom, (Figura 1.12).



Figura 1.12: Zoom Deslizante.

También se puede ver el diagrama unifilar entero seleccionando  **Aleja máxima (Zoom Out Full)** de la barra.

Para la selección de un factor de zoom específico se debe seleccionar Zoom-Zoom personalizado (Zoom-Zoom Custom) de la barra para establecer un factor de zoom específico. Puede elegir un zoom predefinido o puede hacer clic Personalizado (Custom) e introduzca un número específico.

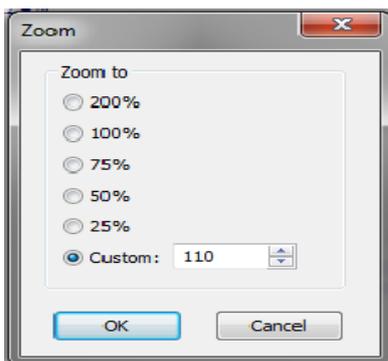


Figura 1.13: Cuadro de diálogo zoom.

Mientras una vista ampliada puede mostrar el diagrama unifilar completo, generalmente no hay detalles suficientes disponibles para editar. La forma más fácil para acercarse sobre un área de interés es seleccionar el menú Acercarse (Zoom) de la barra y haga clic en  **Área de zoom (Zoom Area)**. Puede



arrastrar un área rectangular en el diagrama unifilar en la que desea acercar.

Para acercar 1.5 veces, haga clic en  **Acercar 1.5x (Zoom in 1.5x)**. También puede presionar la tecla CTRL mientras presiona la tecla+ (más).

Para alejar 1.5 veces, haga clic en  **Alejar 1.5x (Zoom Out 1.5x)**. También puede presionar la tecla CTRL mientras presiona la tecla-(menos).

Cada vez que cambie a una nueva escala de zoom, Easy Power mantiene la relación de zoom anterior en la memoria. Haga clic en  **Restaura zoom (Zoom Restore)** para volver a la escala de zoom anterior.

1.11. Moverse en el diagrama unifilar:

Una vista ampliada del diagrama unifilar del sistema es una vista a una porción del sistema entero. Puede mover aquella vista por varias maneras, muchos usan una barra de desplazamiento (Figura 1.14).

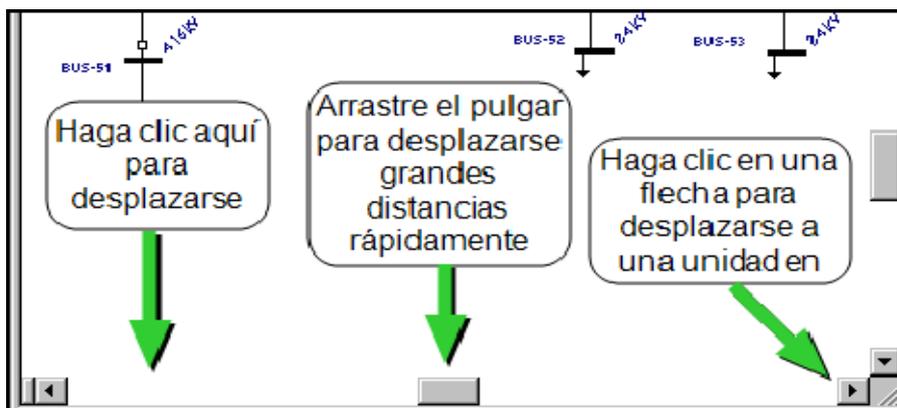


Figura 1.14: Para utilizar la barra de desplazamiento.

Las flechas de desplazamiento son los botones situados en cada extremo de una barra de desplazamiento. Al hacer clic en una flecha de desplazamiento una vez hace que la vista se mueva una unidad en esa dirección. Si mantiene presionado el botón del mouse hace que la vista mueva hasta que lo suelte. Presionando una de las teclas de flecha del teclado tiene el mismo efecto que hacer clic en las flechas correspondientes de desplazamiento.

Entre las dos flechas de desplazamiento, hay un componente cuadrado de deslizamiento que se llama "pulgar". Esta muestra donde está la vista suya en



relación a la totalidad del diagrama unifilar. Para mover rápidamente una gran distancia en el diagrama unifilar, arrastre el pulgar a la sección que desee ver.

Si hace clic en el espacio entre el pulgar y una flecha de desplazamiento, la vista del diagrama unifilar se desplaza aproximadamente una pantalla completa en esa dirección. Habrá una pequeña superposición para ayudarle a mantener su perspectiva. El presionar las teclas PÁGINA ARRIBA o PÁGINA ABAJO en el teclado tiene el mismo efecto que hacer clic entre el pulgar de la barra de desplazamiento vertical y la flecha de desplazamiento.

1.11.1. Métodos alternativos de desplazamientos:

Para desplazarse a la esquina superior izquierda del diagrama unifilar, presione la tecla INICIO.

Para desplazarse a la esquina inferior derecha del diagrama unifilar, pulse la tecla FIN.

Para desplazarse directamente a uno de los bordes del espacio del dibujo, presione y mantenga presionada la tecla CTRL mientras presiona una de las teclas de flecha del teclado.

Auto-Desplazamiento funciona por cualquier operación que requiera un arrastre y suelte del botón izquierdo del mouse. La vista se desplaza automáticamente si golpea el borde el borde de la ventana con el puntero.

1.12. Conclusiones:

En este capítulo se abordó sobre las opciones y facilidades que brinda el software Easy Power, dando una explicación de algunos aspectos como la creación de proyectos (Diagrama unifilar) y bases de datos, la importación y exportación de proyectos (Diagramas unilares). Se explicó brevemente como desplazarse dentro del Diagrama Unifilar y como aumentar o disminuir la visibilidad del mismo. También se mostraron las principales ventanas del software, así como sus partes esenciales las cuales brindan mucha información visual que ayudan a la comprensión de los operarios.



CAPÍTULO.2: INSTRUCTIVO METODOLÓGICO:

2.1. Introducción:

En el presente capítulo se muestra la metodología con los aspectos fundamentales que se puede desarrollar en el Software objeto de estudio: La introducción de los elementos de la red para la confección del monolineal, luego la decisión en dependencia del tipo y alcance del análisis que deseamos sería la herramienta a utilizar, y por último el análisis de los resultados.

2.2. Estructura de la Metodología:

En la siguiente figura se muestra en una estructura en bloques los principales elementos a desarrollarse en la metodología.

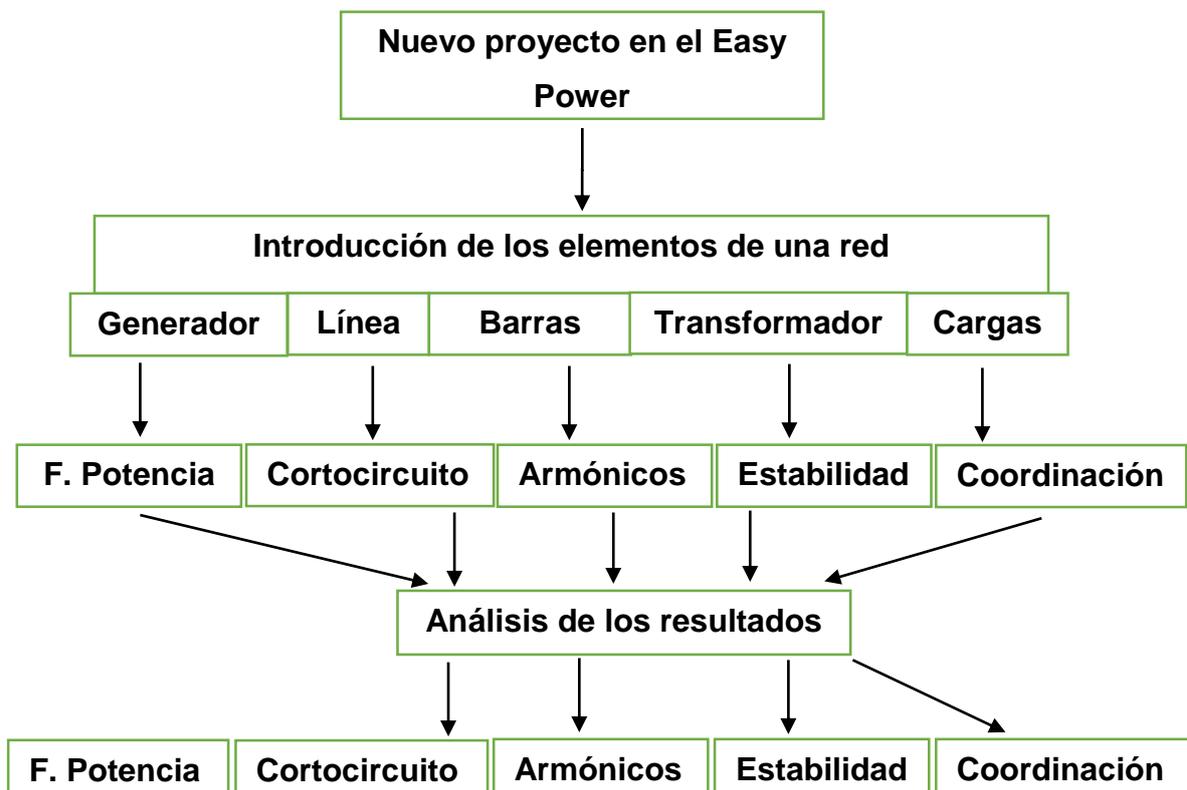


Figura 2.1: Esquema en bloques de la metodología.



2.3. Introducción de los elementos de la red eléctrica:

Para la creación de un Sistema Eléctrico de Potencia (SEP) se necesita primeramente la creación de un proyecto, lo cual se explicó cómo realizarlo en el capítulo anterior. Generalmente los elementos más utilizados de un SEP pueden ser: generadores, motores, terminales, transformadores, líneas y cargas. Todos estos elementos se encuentran en el área de la Paleta de Equipos, a continuación se describen los elementos del SEP en la tabla que se muestra en la figura 2.2.

Anotaciones	
Símbolo	Descripción
	Línea

Equipo de CC	
Símbolo	Descripción
	Barra de CC
	Servicio eléctrico de CC
	Generador de CC
	Batería de CC
	Fotovoltaica de CC
	Rectificador de CC
	Inversor de CC
	Carga de CC
	Motor de CC
	Cable de CC
	Disyuntor de CC de baja tensión
	Interruptor de CC con fusible



Anotaciones	
Símbolo	Descripción
	Nota
	Nota con línea de guía
	Cuadro

Equipos de CA			
Símbolo	Descripción	Símbolo	Descripción
	Barra		Transformador en zigzag
	Panel de conmutación		Cable
	Listado de distribución de cargas		Conducto para barras
	Centros de control de motores (CCM)		Línea de transmisión
	Servicio eléctrico		Reactor de limitación de corriente
	Generador		Disyuntor de AT (Alta Tensión)
	Motor		Disyuntor de BT (Baja Tensión)
	UPS (fuente de poder ininterrumpida)		Interruptor
	Variador de frecuencia ajustable		Interruptor con fusible
	Condensador		Interruptor de transferencia automática (ATS)
	Carga		Medidor
	Reactor de derivación		Transformador de corriente
	Filtro		Transformador de corriente
	Transformador de dos devanados		Relé
	Transformador de tres devanados		

Figura 2.2: Herramientas de la Paleta de Equipos.

2.3.1. Terminales o Barras:

El equipo central de cada diagrama unifilar es la barra, esta define el punto de conexión para todos los tipos de equipos. Cada pieza del equipo debe estar conectada a una barra con el fin de analizar el sistema.

Para agregar una barra al diagrama unifilar, haga clic en **Barra (Bus)** en

Rolando Oliveros Suárez



Instructivo Metodológico para la utilización del software Easy Power

la Paleta de Equipos (Equipment Palette) o en el menú Insertar (Insert). El puntero cambia al símbolo de una barra al regresar al diagrama unifilar. Haga clic en el lugar donde quiere colocar la barra. Se puede continuar agregando barras de esta manera hasta que haga clic en otro botón de la paleta.

Puede cambiar, alargar o acortar una barra al arrastrar uno de sus extremos con el botón izquierdo del mouse. Hay un tamaño predeterminado al colocar una barra en un diagrama unifilar, pero también se puede reducir el tamaño a un solo punto o nodo, como se muestra en la siguiente figura 2.3.

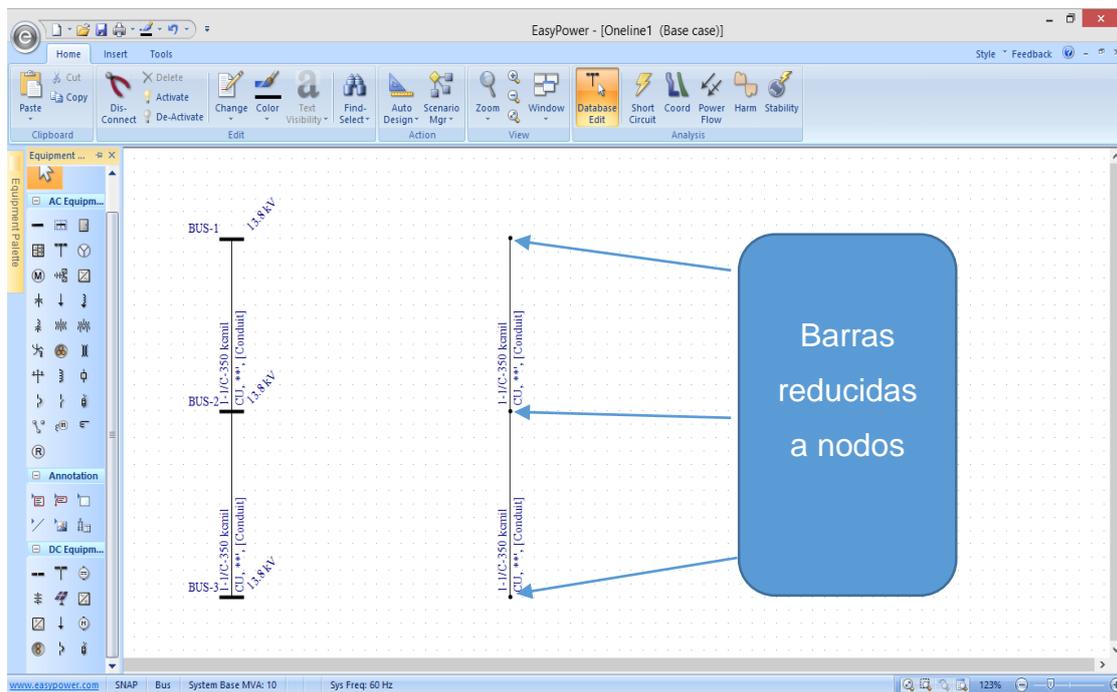


Figura 2.3: Representación de Barras o Terminales.

Si intenta conectar un equipo a una barra que no se ha especificado el kV de base, el programa muestra un mensaje Establezca kV de base de barra (Set Bus Base kV). El nuevo equipo se conecta después de especificar el kV de base y haga clic en OK. Si hace clic en Cancela (Cancel), el equipo no se conecta.

Después de colocar las barras debe escribir los datos de esta haciendo doble-clic en cada uno de los símbolos de barras con el puntero. El cuadro de diálogo Datos de barra (Bus Data) se muestra cada vez y puede escribir el kv base para la barra y luego haga clic en OK para guardar el cambio. Utilice 13.8 kv para la barra



superior y 0.48 kv para las otras. También cambiar los nombres de identificación para hacerlos más descriptivos.

Figura 2.4: Datos de Barras.

2.3.2. Transformadores:

Los transformadores de potencia permiten originar varios niveles de voltaje a través del sistema, por razones económicas, técnicas y de eficiencia no es correcto transportar la energía a grandes distancias en un nivel de voltaje bajo, por otro lado, razones físicas y de aislamiento impiden construir alternadores que puedan generar voltajes arriba de los 22 kv. Si se transmitieran grandes potencias a niveles de voltaje de las decenas de kilovoltios las corrientes serían muy altas al igual que las pérdidas de potencia. También se debe considerar que sería imposible entrar con niveles de voltaje altos a la ciudad y peor aún servir a los usuarios. Las razones mencionadas hacen que el uso de los transformadores en los SEP sea imprescindible. (1)

Easy Power permite representar varios tipos de transformadores tales como: transformadores de corriente y tensión de dos y tres devanados respectivamente.



Instructivo Metodológico para la utilización del software Easy Power

Para colocar transformadores haga clic en el símbolo de transformador en la Paleta de Equipos (Equipment Palette), el puntero cambiará en el símbolo del transformador deseado ya sea de dos o tres devanados.

Coloque el transformador mediante el posicionamiento de la parte superior del puntero transformado en transformador, en la barra superior y haga clic una vez. Este se conecta automáticamente a la barra y la parte superior del símbolo se torna negra. Si no se realiza bien esta operación el transformador no se conecta y sigue rojo, el puntero cambia al símbolo de selección si es necesario, arrastre el símbolo a su posición correcta, como se muestra en la figura 2.5.

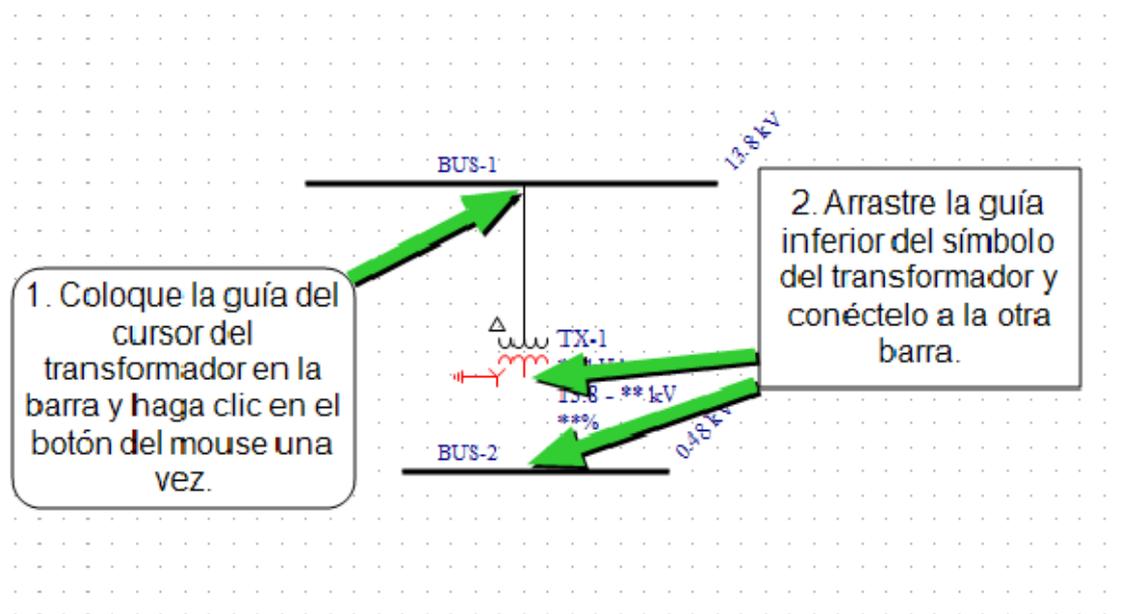


Figura 2.5: Representación de un Transformador.

Haga doble-clic en el transformador para escribir los datos de este, los datos importantes se indican con un signo de exclamación en rojo. Puede guardar los datos sin que los registros se hayan completado, pero no podrá realizar el análisis hasta que los registros estén completos. Utilice los botones Calcular (Calculate) para que Easy Power calcule los valores. Haga clic en OK cuando termine.



Figura 2.6: Datos del Transformador.

2.3.3. Generadores:

Para agregar un generador al diagrama unifilar, haga clic en Generador (Generator) en la Paleta de Equipos, el puntero cambia a dicho símbolo al regresar al diagrama unifilar. Haga clic en el lugar donde quiere colocar el Generador.

En la figura 2.7 se puede observar la representación de un generador sincrónico en el área de trabajo del Easy Power. (1)

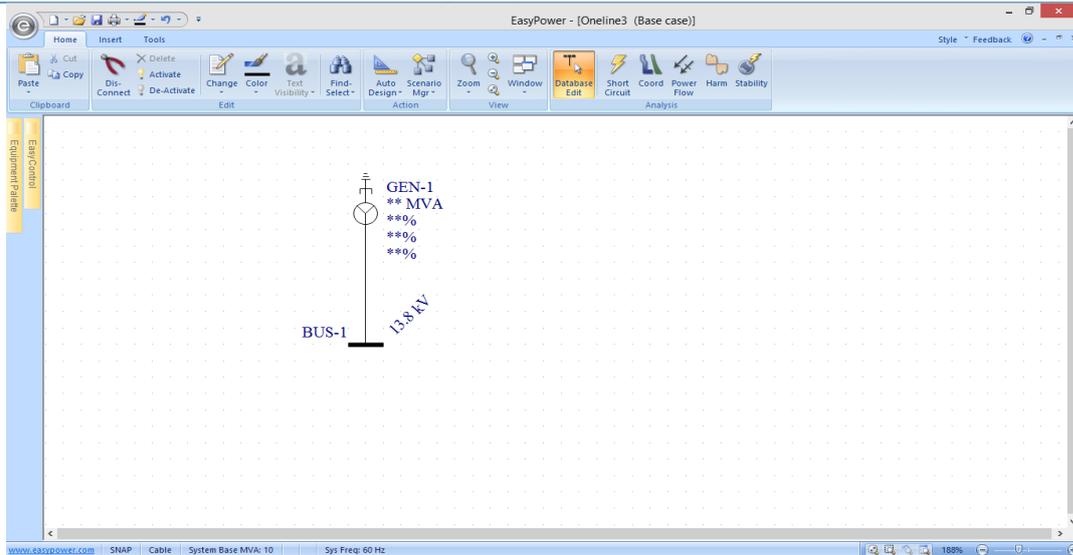


Figura 2.7: Representación de un Generador.

Haga doble-clic en el Generador para escribir los datos de este, los datos más importantes se señalan en rojo como se muestra en la figura 2.2.3.1 y es necesario escribir los primeros datos que se piden para luego poder escribir los siguientes datos de dicho Generador (1).

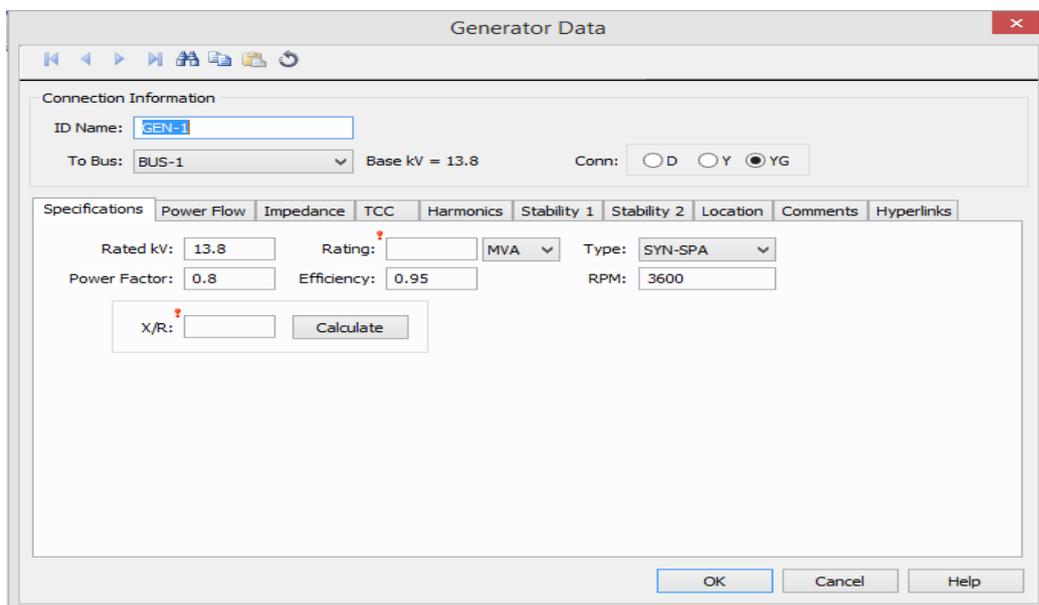


Figura 2.8: Datos del Generador.

2.3.4. Motores:

Para agregar motores al diagrama unifilar, haga clic en el botón  **Motor** (**Motor**) de la Paleta de equipos (Equipment Palette) o en el menú Insertar.

Rolando Oliveros Suárez

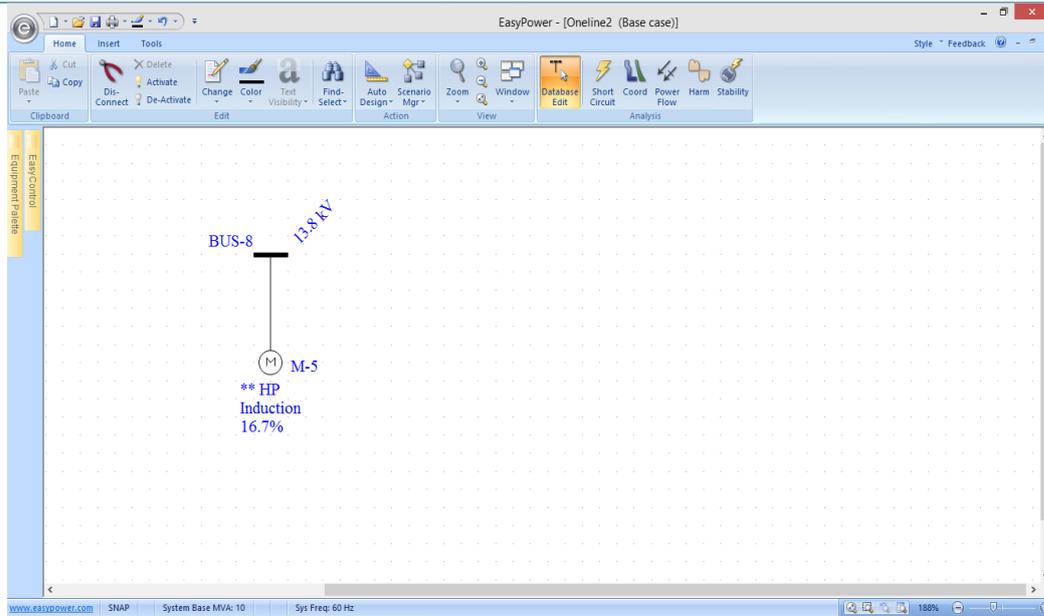


Figura 2.9: Representación de un Motor.

Para agregar los datos asociados al motor, se debe dar doble-clic en él, rellene el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 2.10.

No cambie el campo Hacia la barra (To Bus), porque eso cambiaría las conexiones del diagrama unifilar.

Rellene el Campo X/R (X/R Field) último haciendo clic en la pestaña Cortocircuito (Short Circuit) y luego haciendo clic en Calcular (Calculate). Después de escribir los datos, haga clic en OK, si no, rellene todos los campos necesarios, recibirá un mensaje que le pregunta si desea guardar lo que escribió.

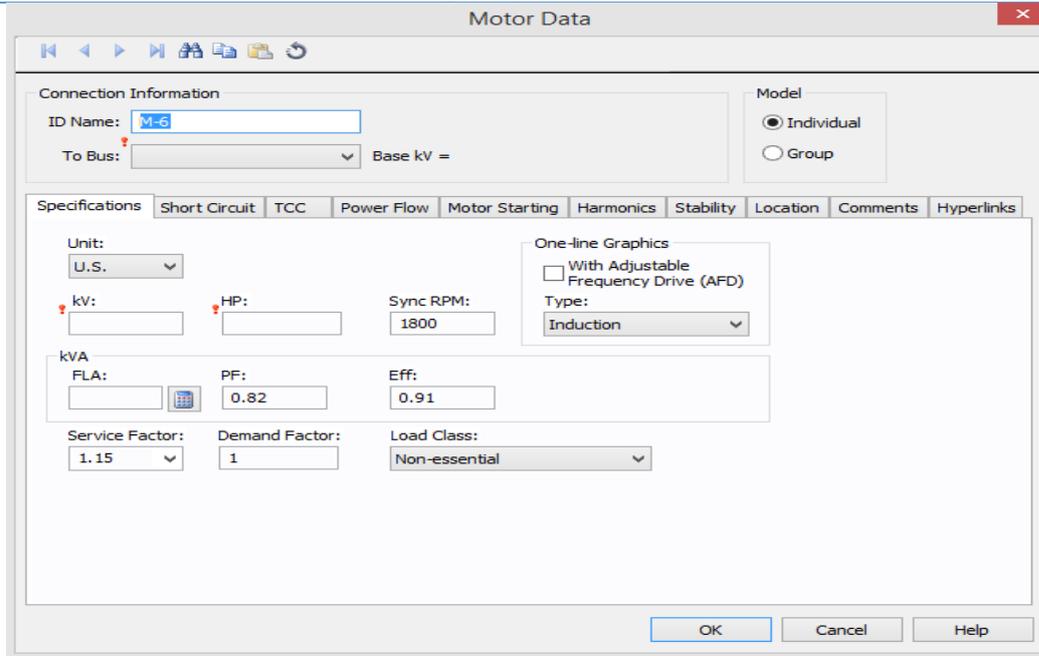


Figura 2.10: Datos del Motor.

2.3.5. Servicio Eléctrico:

Haga clic en el botón  **Servicio Eléctrico (Utility)** en la Paleta de Equipos (Equipment Palette).

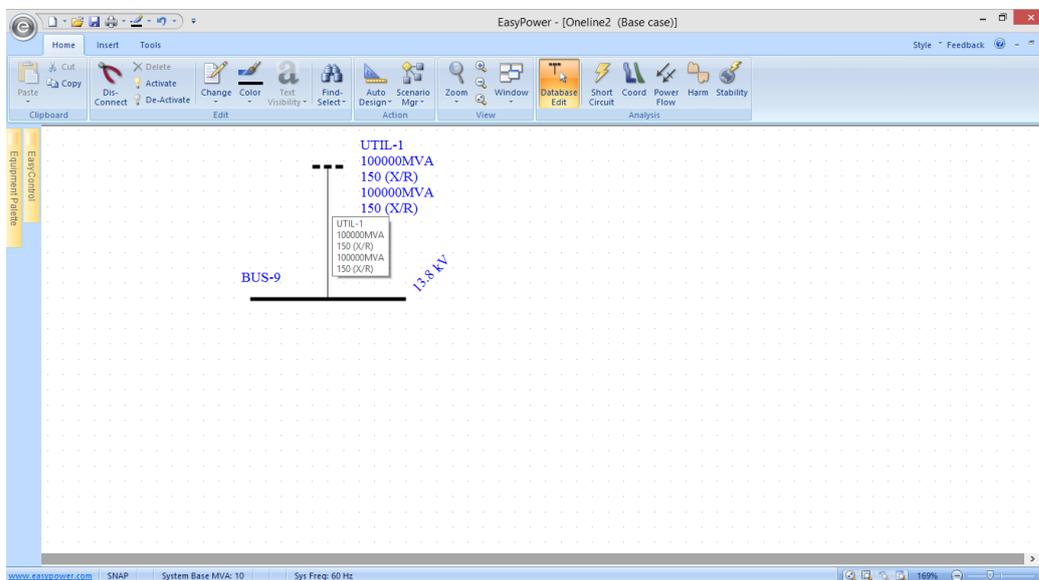


Figura 2.11: Representación de un Sistema Eléctrico.

Para introducir los datos del Sistema Eléctrico, haga doble-clic en dicho Sistema Eléctrico y aparecerá el cuadro que se muestra en la siguiente figura.



The screenshot shows the 'Utility Data' dialog box. The 'Connection Information' section contains the following data:

ID Name:	UTIL-1
To Bus:	BUS-9
Base kV =	13.8

The 'Specifications' section includes the following data:

Utility kV:	13.8
Fault Duty Unit:	MVA
3 Phase Short Circuit MVA:	100000
3 Phase Short Circuit X/R:	150
SLG Short Circuit MVA:	100000
SLG Short Circuit X0/R0:	150

Figura 2.12: Datos del Sistema Eléctrico.

2.3.6. Cables o Líneas:

Para agregar los cables haga clic en  **Cable (Cable)** en la Paleta de Equipos (Equipment Palette), el puntero cambia en un punto de mira. Coloque el retículo en una de las barras y haga clic izquierdo (pero no lo suelte aún) esto establece un extremo de la línea. Ahora arrastre el retículo a la siguiente barra y suelte el botón del mouse. Esto posiciona el cable.

Repita esto para los siguientes cables. Tome en cuenta que puede mover los cables arrastrándolos con el puntero de selección.

Haga doble-clic en uno de los cables y rellene el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 2.14. No cambie los campos Hacia la Barra (To Bus) o Desde la Barra (From Bus) porque cambiaría las conexiones del Diagrama Unifilar. Rellene los campos de Impedancia (Impedance) últimos, haciendo clic en el botón Calcular (Calculate). Después de escribir los datos, haga clic en OK.

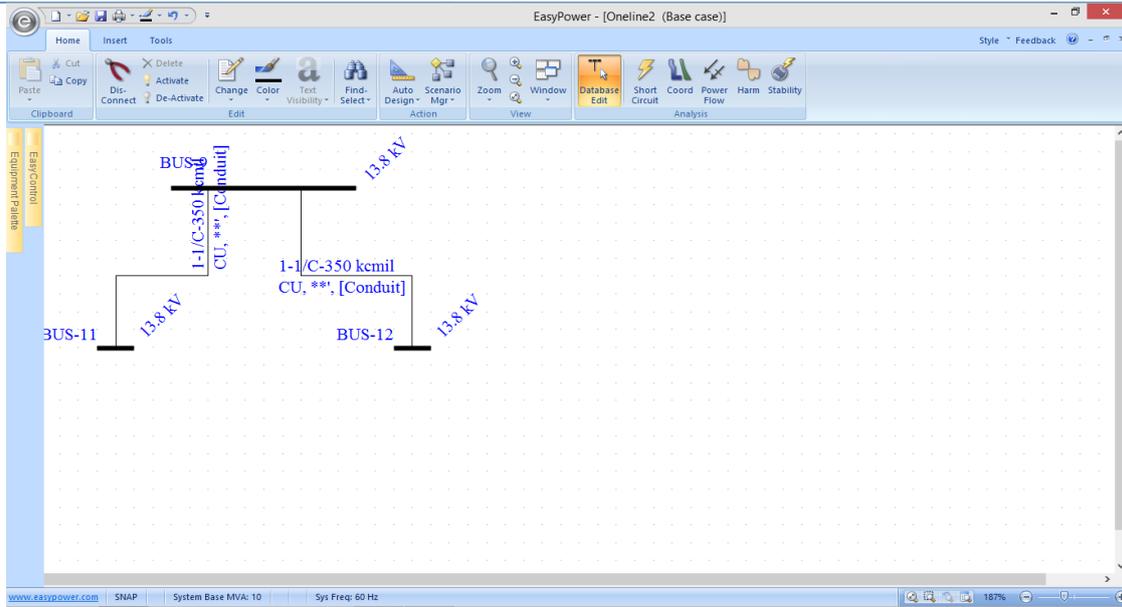


Figura 2.13: Representación de Cables o Líneas.

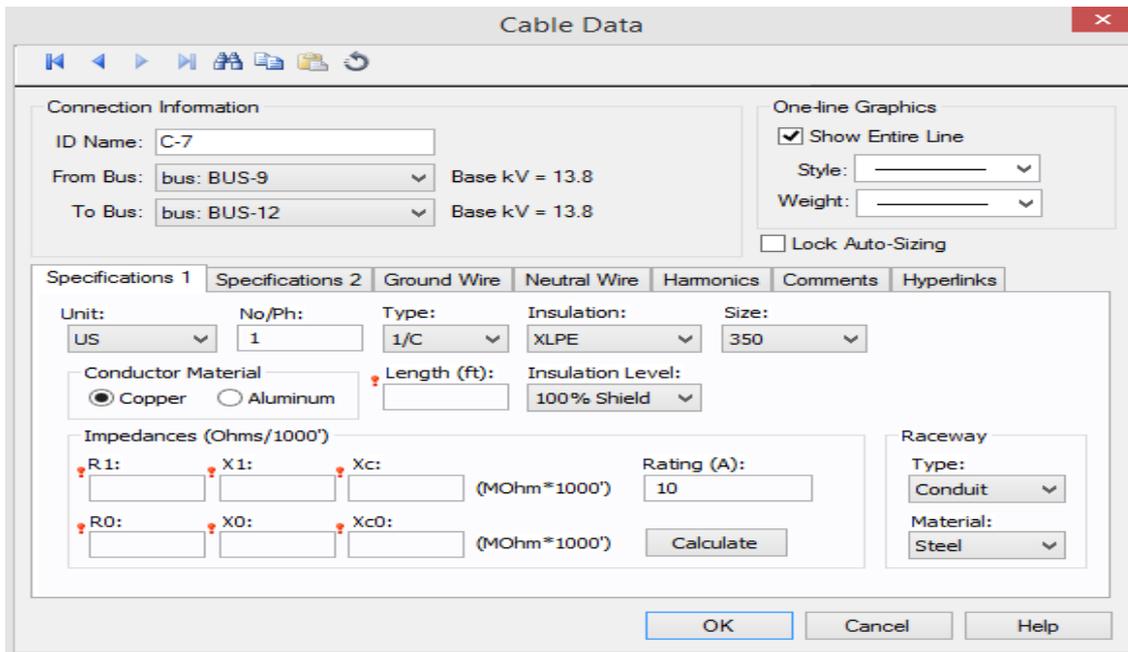


Figura 2.14: Datos del Cable.

Se puede utilizar Copia (Copy) y Pega (Paste) para copiar los datos de ese cable a los otros.

2.3.7. Disyuntores de alimentación y de enlace de barras:

Seleccione  **Disyuntor de BT (LV Breaker)** en la Paleta de Equipos (Equipment Palette) o en Insertar (Insert) de la cinta de opciones.



Instructivo Metodológico para la utilización del software Easy Power

Coloque el puntero del disyuntor directamente sobre una línea de alimentación de cualquier equipo utilizado en el diagrama unifilar y haga clic en el botón izquierdo del mouse y este se inserta entonces en la línea.

Si falla en su intento, el disyuntor no se inserta en la línea y sigue en rojo, arrastre de la línea alimentadora y suelte el botón del mouse para que el disyuntor se conecte al alimentador.

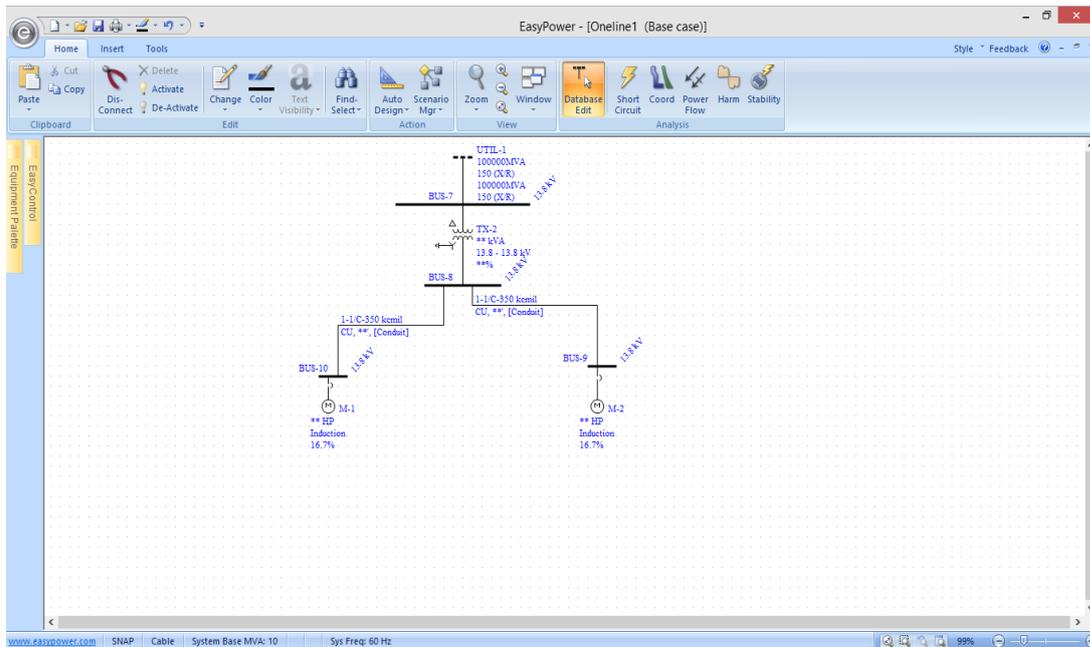


Figura 2.15: Representación de Disyuntores.

Con el puntero de selección, haga doble-clic en los disyuntores para escribir los datos de estos.

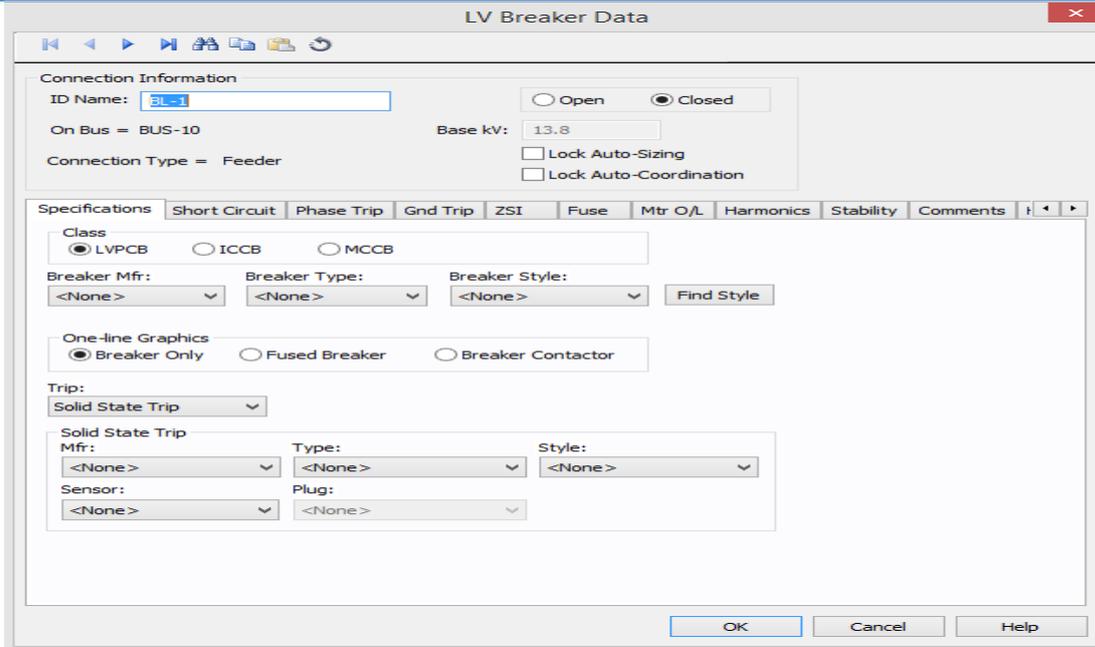


Figura 2.16: Datos de los Disyuntores.

También se pueden agregar disyuntores entre barras, al cambiar la orientación de este de vertical a horizontal, al mismo tiempo el tipo de conexión cambia de disyuntor de conexión a disyuntor de enlace entre barras.

2.3.8. Centro de Control de Motores (CCM):

En la Paleta de Equipos (Equipment Palette), seleccione  **CCM**.

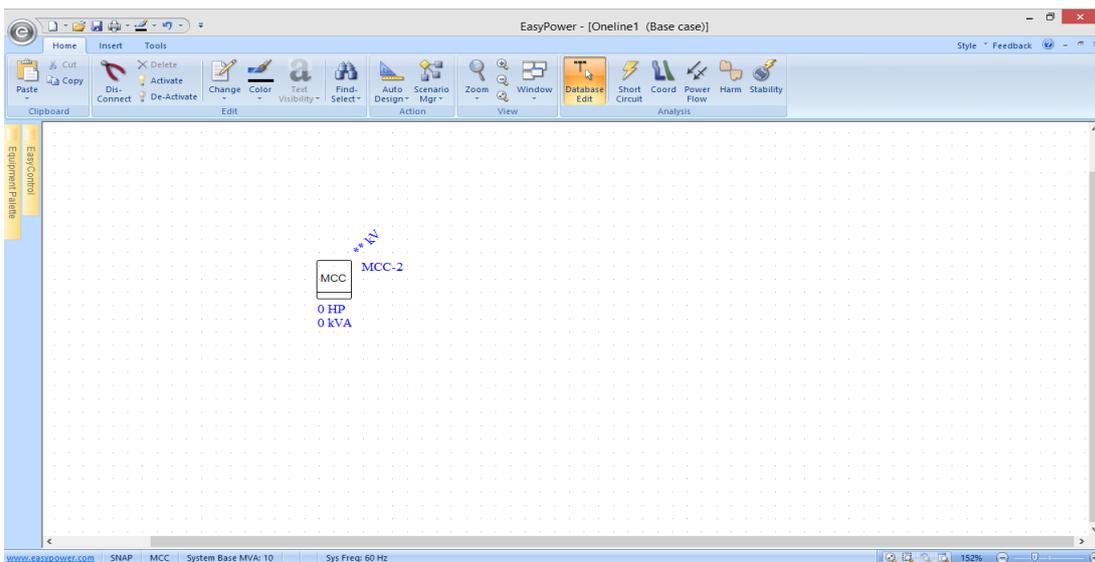


Figura 2.17: Vista del Diagrama Unifilar de un CCM.



Instructivo Metodológico para la utilización del software Easy Power

Haga doble-clic en el CCM que acaba de agregar al Diagrama Unifilar. Al salir el cuadro de diálogo Datos del CCM (CCM Data), se puede observar que hay varias pestañas, la pestaña Especificaciones (Specifications) contiene campos de entradas para información del CCM.

En el área Información de Conexión (Connection Information), observe el signo de exclamación rojo junto al cuadro Base kV, indicando que se requiere.

Haga clic en la pestaña Descripción (Description) en el cuadro de diálogo Asistente de Creación Hoja de Cálculos CCM (CCM Spreadsheet Creation Wizard), seleccione el número de filas deseado y después haga clic en OK.

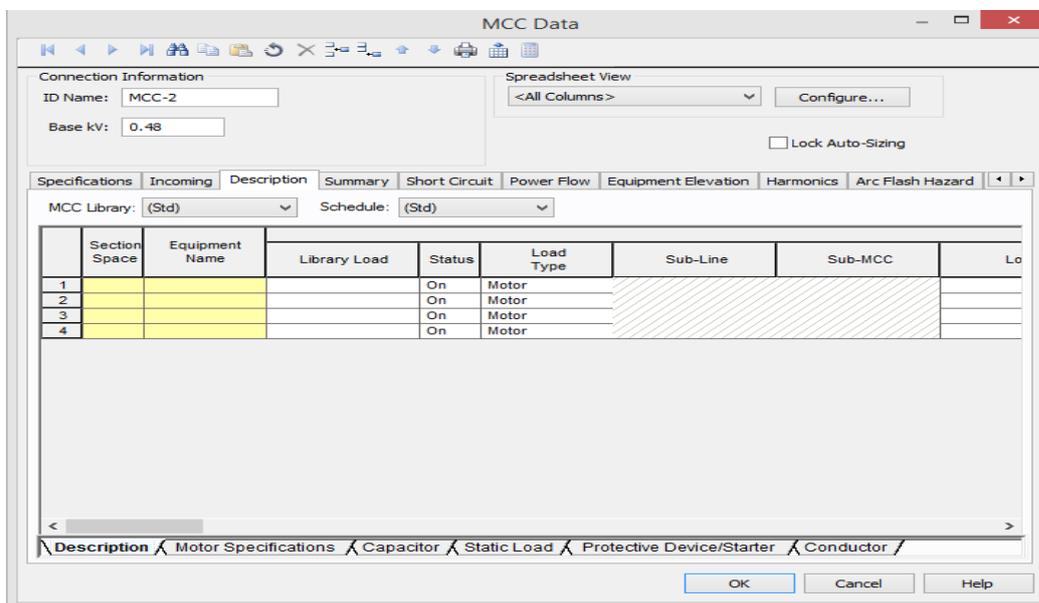


Figura 2.18: Cuadro de Diálogo de Datos del CCM.

Digitalice los datos en la hoja de cálculo del CCM igual a como lo haría en una hoja de cálculo de Excel. Los datos se validan a medida que se digitalizan.

La barra de herramientas de la hoja de cálculo del CCM incluye opciones adicionales que puede visualizar en la pestaña Descripción (Description). Debe hacer clic en alguna parte de la hoja de cálculo para tener acceso a los botones de la barra de herramientas.

También puede usar las pestañas que se encuentran en la parte inferior de la hoja de cálculo para moverse a otras secciones de dicha hoja de cálculo.

Rolando Oliveros Suárez



Instructivo Metodológico para la utilización del software Easy Power

Las celdas que tienen datos inadecuados para propósitos de análisis, se resaltan en rojo. Se puede observar que las celdas Motor HP son de color rojo, esto se debe a que cada motor del CCM debe tener una potencia en HP de manera que el CMM sea válido para el análisis y estudio.

Al digitalizar los datos del primer motor en la celda Motor HP, esta cambia su color rojo indicando que los datos digitalizados son válidos. De igual manera, los campos Motor kW y Motor kVAR se calculan de forma automática con base en las columnas Motor HP, Motor PF (Factor de Potencia), y Motor Eff.

Para calcular el valor de la celda del Motor X/R haga clic en dicha celda y después haga clic en  **Calcular (Calculate)**.

Si en el CMM se desea agregar una carga, debe escoger el tipo de carga en Carga (Load) en la columna Tipo de Carga (Load Tipe). Se puede observar que las celdas denominadas Especificaciones Motor (Motor Specifications) ya no están disponibles. Las celdas Carga Estática (Static Load) son ahora editables. Los datos de kW y kVAR deben digitalizarse en la sección Carga Estática (Static Load) de la hoja de cálculo. Debido a que los cálculos de análisis del CCM no requieren que se digitalicen los datos de Dispositivo de Protección/Arranque (Protective Device/Starter) o Conductor para motores o tipos de cargas.

En el Cuadro de Diálogo de Datos del CCM, notará una columna Bibliotecas de Carga (Library Load) en la cual se puede seleccionar el tipo de carga que se desea usar, al seleccionar dicha carga de la biblioteca de la hoja de cálculo del CCM automáticamente se llena el resto de las celdas para esta fila.

Al seleccionar la pestaña Resumen (Summary) del cuadro de diálogo de Datos CCM (CCM Data), la información general que se calcula a partir de los datos de la hoja de cálculo del CCM se desplegará. Se puede observar que los motores están separados en dos grupos. Las normas ANSI especifican multiplicadores diferentes de impedancia de cortocircuitos para motores de potencia menor a 50 Hp y mayor a 50 Hp.

Al seleccionar la pestaña de Cortocircuito (Short Circuit) haga clic en Calcular (Calculate). Para los cálculos de impedancia de cortocircuito de los motores de la

Rolando Oliveros Suárez



Instructivo Metodológico para la utilización del software Easy Power

hoja de cálculo se requieren al correr un Cortocircuito (Short Circuit), se pueden calcular el Promedio X/R (XR Avg) o digitalizarlos manualmente.

Al seleccionar la pestaña Flujo de Potencia (Power Flow), los kVA Conectados (Connected kVA) son la suma vectorial de todas las cargas en kVA conectadas. También tiene la opción de usar valores de Demanda (Demand), Factores Según el Código NEC (Code Factors), o kVA de Diseño (Design kVA).

Para cerrar el cuadro de diálogo de Datos CCM (CCM Data) haga clic en OK.

2.3.9. Listado de Distribución de Cargas:

Seleccione  **Listado de Distribución de Cargas (Panel Schedule)** en la Paleta de Equipo (Equipment Palette).

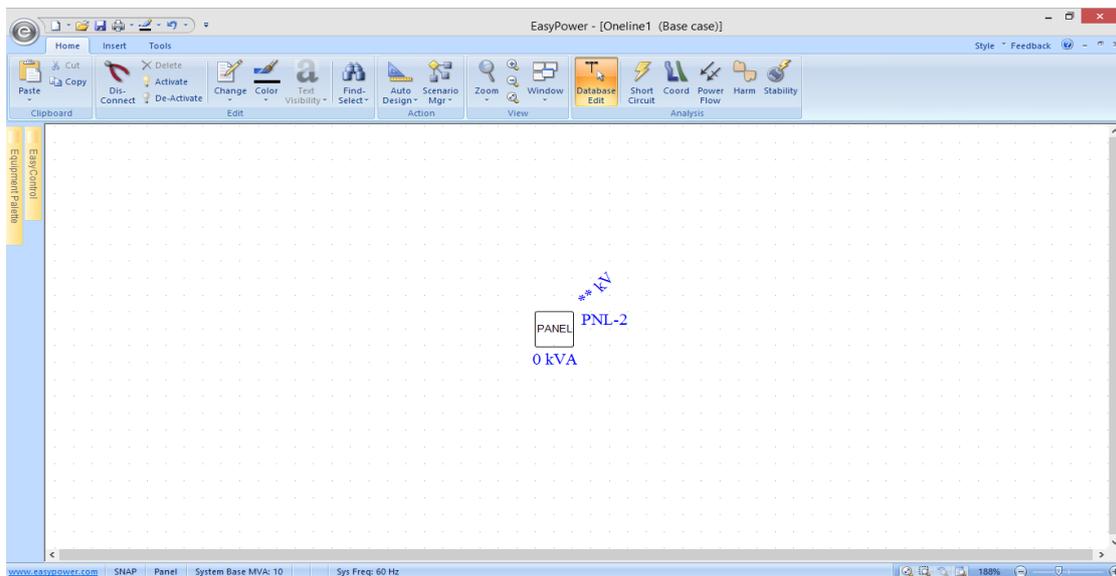


Figura 2.19: Vista del Diagrama Unifilar de un Listado de Distribución de Cargas.

Para registrar los datos de este Listado de Distribución de Cargas, haga doble-clic en él, luego le aparecerá el cuadro de diálogo Datos del Panel (Panel Data), se puede observar que hay varias pestañas entre ellas la de Especificaciones (Specifications) que contiene campos de entrada para información del tablero de distribución.



Instructivo Metodológico para la utilización del software Easy Power

En el área de Información de Conexión (Connection Information), el signo de exclamación rojo junto al cuadro kV Base (Base kV) indica que se requiere este dato para poder llenar los otros datos de las siguientes pestañas.

Haga clic en la pestaña Descripción (Description). En el cuadro de diálogo Ayudante de Creación de Listado de Distribución de Cargas (Panel Schedule Spreadsheet Creation Wizard), seleccione el número de filas que desea crear, lo cual será su tablero de distribución de circuitos. En Vista (View) la opción Detallada-Ambos Lados (Detailed-Both Sides) debe estar seleccionada.

En el área Vista de Hoja de Cálculo (Spreadsheet View), se encuentra el recuadro Configurar (Configure), al pinchar dicho recuadro aparecerá un listado de los elementos que se deben tomar como elementos del Listado de Distribución de Cargas que se está realizando.

Para modelar cargas bifásicas o trifásicas en los tableros de distribución, simplemente especifique el número de polos en la columna Disyuntor/Polos con Fusibles (CB/Fuse Poles).

Para especificar el número de polos, en la primera fila de la hoja de cálculo izquierda se digita 3, las siguientes dos filas al lado izquierdo de la hoja de cálculo ya no están disponibles, esto se debe a que los datos ya están especificados en la primera fila. Cada fila representa un polo o fase. En la primera fila de la hoja de cálculo derecha digite 2, solamente se desactiva una fila adicional y los datos de esta se digitan inmediatamente en la fila superior a esta.

Se deben llenar todas las celdas VA (A), VA (B) y VA (C) en ambos lados del tablero de distribución. La carga monofásica recibe entrada en solamente una de las celdas VA (VA (C)). La carga bifásica recibe los datos de carga en solo dos fases (VA (A) y VA (B)). La carga trifásica recibe los datos de sus cargas por las tres fases.

Las celdas que no tienen datos adecuados para propósitos de análisis aparecen resaltadas en rojo. Las celdas cuyos contenidos se pueden calcular manualmente se indican por encabezados en negrita para cada columna, como la celda Int kA en la sección Dispositivo de Protección (Protective Device).

Rolando Oliveros Suárez



Instructivo Metodológico para la utilización del software Easy Power

La barra de herramientas de cálculo de tablero de distribución incluye opciones adicionales. Al visualizar la pestaña Descripción (Description), debe hacer clic en alguna parte de la hoja de cálculo para que los botones de la barra de herramientas queden disponibles.

Igual que lo harían otras hojas de cálculos estándar como las de Excel, los datos en la hoja de cálculo del tablero de distribución se validarán al ser digitalizados.

La hoja de cálculo tiene sus propias barras de desplazamiento para utilizar al moverse dentro de esta. También se pueden usar las pestañas ubicadas en la parte inferior de la hoja de cálculo para moverse a secciones diferentes de la hoja de cálculo.

Figura 2.20: Hoja de Cálculo de Datos de Tablero de Distribución.

Los circuitos típicos de los tableros de distribución están alineados en dos columnas: una en el lado izquierdo del tablero y la otra a la derecha. En Easy Power hoja de cálculo de los tableros de distribución se presenta de la misma forma. Cada fila de la hoja de cálculo representa dos polos del circuito, uno a la izquierda y uno a la derecha.



2.4. Introducción de la herramienta a utilizar:

Entre las herramientas más utilizadas se encuentran el flujo de potencia y corto circuito ya que las mismas son las que permiten una apreciación más detallada de los resultados pertinentes para una correcta estabilidad en el sistema (Ruiz, 2006).

2.4.1. Flujo de Potencia:

Easy Power utiliza el algoritmo más robusto y preciso jamás desarrollado: el método de inyección de corriente, también utiliza lo último en técnicas de algoritmos de dispersión para encontrar las condiciones de estado estable del flujo de potencia de un sistema de potencia e operación.

2.4.1.1. Ejecutando el Análisis de Flujo de Potencia:

Para ejecutar el análisis de flujo de potencia haga clic en  **Flujo de Potencia (Power Flow)** en la barra de herramientas.

Al ejecutar el Flujo de Potencia vemos botones que se utilizan para dicho cálculo.

Haga clic en  **Resolver (Solve)**, los flujos de megavares se muestran dentro del paréntesis y los flujos de megavatios fuera de los paréntesis, los voltajes por unidad y ángulos de potencia de cada barra se muestran a un ángulo de cuarenta y cinco grados.

El botón  **Sobrecargas (Overloads)** ya está seleccionado por predeterminación, los equipos que están sobrecargados aparecen resaltados en rojo. También se resaltarán los equipos que están dentro del 10% de sobrecarga, el umbral de sobrecarga puede ser ajustado en el cuadro de diálogo Opciones FP (PF Options).

Para ver las pérdidas de kW y kVAR en los transformadores y cables se debe hacer clic en  **Pérdidas (Losses)**.

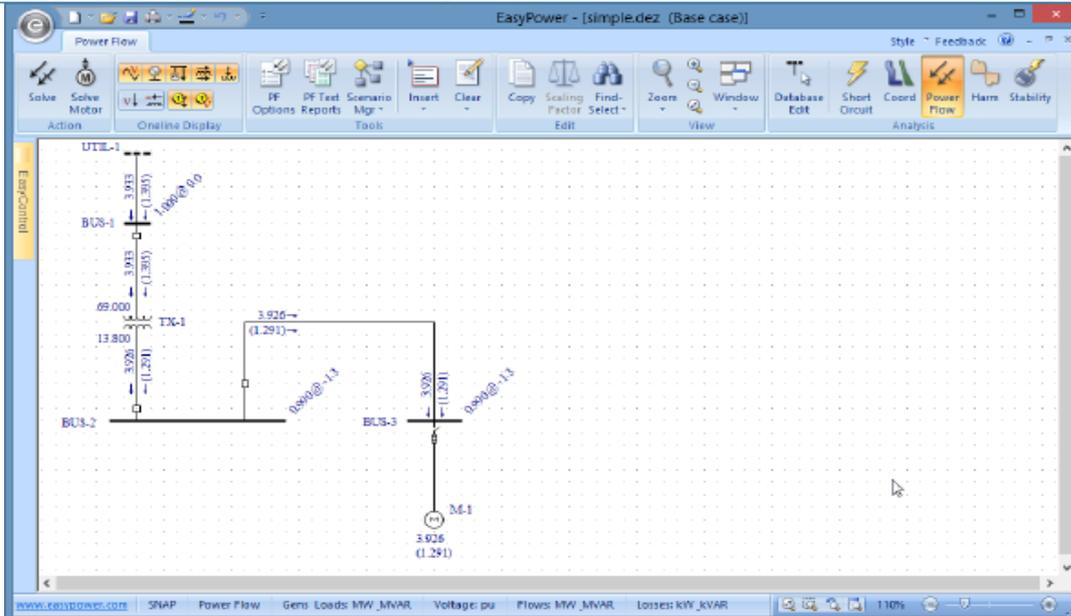


Figura 2.21: Análisis del Flujo de Potencia.

Los porcentajes de caída de voltaje a través del transformador y cables se visualizan al hacer clic en  **Caída de Voltaje (Voltage Drop)**.

2.4.1.2. Impacto del Arranque de Motores:

Después de ejecutar el flujo de potencia, se puede analizar el efecto de uno o más motores arrancando en su sistema, Easy Power calcula el impacto al sistema por el arranque del motor en el momento cuando el motor actúa como un rotor bloqueado.

Al hacer doble-clic en el motor que se desea calcular el impacto de arranque, se desplegará un cuadro de diálogo Datos Temporales del Motor (Temporary Motor Data), al cual es necesario hacerle varios cambios:

1. Cambie el Factor de Escala (Scaling Factor) a 0%. Esto indica que el motor no está operando.
2. Seleccione la casilla de verificación Arrancar Motor (Start Motor).
3. Digite el campo Motor HP con el HP deseado, luego haga clic en OK.

Haga clic en  **Resolver (Solve)** esto establece el caso base de su flujo de potencia antes de arrancar su motor, dicho motor no consume potencia.



Al hacer clic en  **Resolver Motor (Solve Motor)**, los resultados del arranque del motor se visualizan en el diagrama unifilar, las barras se tornan de color rojo, esto se debe a que los voltajes de barra están por debajo del Umbral de Bajo Voltaje de Barra. El Umbral de Bajo Voltaje de Barra propone valores predeterminados dentro del 5% de unidad, esto se puede ajustar en el cuadro de diálogo Herramientas-Opciones de Flujo de Potencia (Tools-Power Flow Options) en la pestaña Control. En ambos análisis de flujo de potencia y arranque de motor, puede reconocer problemas de voltajes rápidamente en sistemas grandes al ver barras de color rojo.

Para estudios de contingencia rápida y verificación de escenarios de contingencia, se puede ejecutar flujo de potencia después de hacer cambios temporales a los datos de los equipos. Los cambios no afectan los datos verificados digitados en el modo de análisis Editar Base de Datos (Database Edit). Generadores, servicios eléctricos, transformadores, motores, cargas, condensadores y elementos en derivación (shunt), todos se pueden editar temporalmente.

2.4.1.3. Opciones de Visualización:

Haga clic en  **Opciones FP (FP Options)** y después la pestaña Presentación del Diagrama Unifilar (One-Line Output).

Los flujos en las ramas del diagrama unifilar incluyen MW y MVAR (MW and MVAR), kVA y Factor de Potencia (kVA and Power Factor), Corriente en Amperios (Current in Amps).

Los voltajes de barras se muestran en Por Unidad (Per Unit), o kV (LL) o V (LL).

Las unidades se muestran en el diagrama unifilar al seleccionar la casilla de verificación Mostrar Unidades (Show Units).

2.4.1.4. Informes de Texto:

Mientras que se esté visualizando las Opciones de Flujo de Potencia (Power Flow Options), se debe seleccionar Salida de Texto (Text Output).



Instructivo Metodológico para la utilización del software Easy Power

Seleccione la casilla de verificación Crear Informe Detallado (Create Detail Report) y después seleccione Formato IEEE/WSCC (IEEE/WSCC Format).

Seleccione la casilla de verificación Resumen del Sistema (System Summary) y luego presione OK.

Haga clic en  **Resolver (Solve)**.

Fueron creadas dos ventanas de informes de flujo de potencia, al seleccionar el botón  **Ventana (Windows)** se puede ver el informe Resumen de Flujo de Potencia (Power Flow Summary) o el informe Detalles de Flujo de Potencia (Power Flow Detail).

2.4.2. Cortocircuitos:

- Para realizar el análisis de cortocircuito Easy Power consta de dos opciones, la ANSI y la IEC. (2)

2.4.2.1. Ejecutando modo de Análisis de Cortocircuito-ANSI:

Para abrir el modo de análisis Cortocircuito (Short Circuit), haga clic en  **Cortocircuito (Short Circuit)**.

2.4.2.2. Calculando corrientes de Fallas:

Al hacer doble-clic en una barra, esta se torna de color celeste y muestra las corrientes de falla en kiloamperios simétricos, también se puede ver la contribución de los elementos conectados a esta barra. La corriente total de falla es mostrada a un ángulo de cuarenta y cinco grados. (3)

2.4.2.3. Provocando Fallas en las Barras:

Hay diferentes métodos para realizar fallas en las barras cuando se está en el modo de análisis de Cortocircuito (Short Circuit).

Para seleccionar una o varias barras, se mantiene presionada la tecla de mayúsculas y se hace clic sobre las barras deseadas, estas cambian de color, y luego hacer clic en  **Provoca Fallar Barra(s) (Fault Bus(es))**.

Rolando Oliveros Suárez



Si se hace clic en  **Provoca Fallar Barra(s) (Fault Bus(es))** sin seleccionar ninguna barra se ocasionan fallas en todas las barras del sistema.

2.4.2.4. Voltajes y Corrientes Remotas:

- Para ver los voltajes y las corrientes remotas se deben seleccionar las barras del transformador que se desea y luego hacer clic en  **Remoto V/I (Remote V/I)**, las corrientes remotas en el lado primario y secundario del transformador se mostrarán, los voltajes remotos se muestran en (pu) a un ángulo de cuarenta y cinco grados.

2.4.2.5. Cambiando el Intervalo de Tiempo Según las Normas ANSI:

- Las Normas ANSI definen tres intervalos distintos para las corrientes de cortocircuito. Estos son momentáneo (1/2 ciclo), interrupción (5 ciclos), y 30 ciclos. Por configuración predeterminada, Easy Power muestra las corrientes momentáneas, para esto se selecciona en la barra de tareas  **Momentánea (Momentary)**.
- Para ver los resultados de interrupción se debe hacer clic en  **Interrupción (Interrupting)**, estos se muestran al lado de las corrientes de 1/2 ciclo, la magnitud de la corriente de barra cae.
- Si se desean saber las corrientes de 30 ciclos, se debe hacer clic en  **30 Ciclos**.

2.4.2.6. Tipos de Fallas:

➤ Fallas no-simétricas:

1. Fallas Monofásicas Línea a Tierra:

- Para ver las Fallas Monofásicas Línea a Tierra, se debe seleccionar solamente  **Momentánea (Momentary)**.
- Hacer clic en  **Línea a Tierra (Line to Ground)**.

2. Fallas Doble Línea a Tierra:

- Haga clic en  **Doble Línea a Tierra (Double Line to Ground)**.

En el mensaje que se muestra, seleccione Si (Yes) para provocar una falla a la fase B en lugar de la fase A, todas las fallas serán fallas doble línea a tierra.



3. Fallas Línea a Línea:

- Haga clic en  **Fallas Línea a Línea (Line to Line)**.

2.4.2.7. Informes de Textos:

Para ver los informes del Análisis de Cortocircuito, se debe hacer clic en  **Informes Cortocircuito (SC Reports)**.

En el cuadro de Diálogo, seleccione la casilla de verificación Crear Informes de AT y BT Momentáneos (1/2- Ciclo) (Create HV y LV Momentary (1/2 Cycle Reports) en la parte superior izquierda y después se debe hacer clic en OK.

Para regresar a los cálculos de fallas trifásicas se debe hacer clic en  **Trifásico (3-Phase)**.

Para crear una ventana de informe de texto de alta tensión se debe hacer clic en Haga Fallar Barra(s) (Fault Bus(es)), este informe se puede ver ya sea al seleccionar Informe de AT Momentánea para 'simple.dez (Base Case) (HV Momentary Report for 'simple.dez (Caso Base) ') o desde el botón Ventana (Windows) o al hacer doble-clic en el ícono de la ventana creado en la esquina inferior izquierda.

También se puede obtener el informe, haciendo clic en  **Opciones de Cortocircuito (SC Options)** desde la Barra de Herramientas y dando clic en la pestaña Resultados Diagrama Unifilar (One-Line Output). En el diálogo que se muestra, puede especificar las corrientes asimétricas a mostrar en el diagrama unifilar.

Para especificar otros ajustes de cortocircuito para cálculos de fallas, se debe seleccionar la pestaña Control, estos cambios tendrán efectos sobre todas las fallas subsecuentes después de cerrar este cuadro de diálogo.

2.5. Conclusiones:

En este capítulo se expusieron en forma de pasos escalonados los principales elementos a desarrollarse en la metodología, explicando cada uno de los elementos que comprenden la realización de un proyecto. También se

Rolando Oliveros Suárez



Instructivo Metodológico para la utilización del software Easy Power
proporcionó información sobre todos los posibles resultados a esperar para el cálculo de flujo de potencia como para el análisis de cortocircuito.

Rolando Oliveros Suárez



Capítulo 3: Descripción del caso Teórico a utilizar.

3.1. Introducción:

En este capítulo se desarrollará un caso de estudio teórico sobre la base de la metodología anteriormente expuesta. En él se realizará la edición básica de un Sistema Eléctrico de Potencia (SEP) del cual se desglosará cada elemento, tratando de dar una explicación lo más detallada posible, pero a su vez con un lenguaje ameno y sencillo para la comprensión de las personas que por primera vez se enfrentan a un software con estas potencialidades.

3.2. Terminales (Barras) de una red:

Para comenzar el diseño de la red eléctrica de potencia tomada en nuestro caso de estudio, lo primero es insertar los terminales (barras), en este caso algunas están reducidas a nodos. Para esto se selecciona en Barra (Bus) en la Paleta de Equipos (Equipment Palette) o en el menú Insertar (Insert), (figura 3.1).



Figura 3.1: Botón Terminal o Barra.

Para insertar el terminal solamente damos clic sobre su botón y pinchamos en el área de trabajo, no es obligado poner todos los terminales a la vez.

También se puede variar el tamaño de los terminales dependiendo de la cantidad de equipos que se conecten, así como reducirlos a nodos si se desea. En la figura 3.2 se muestran varias barras de nuestro caso de estudio.

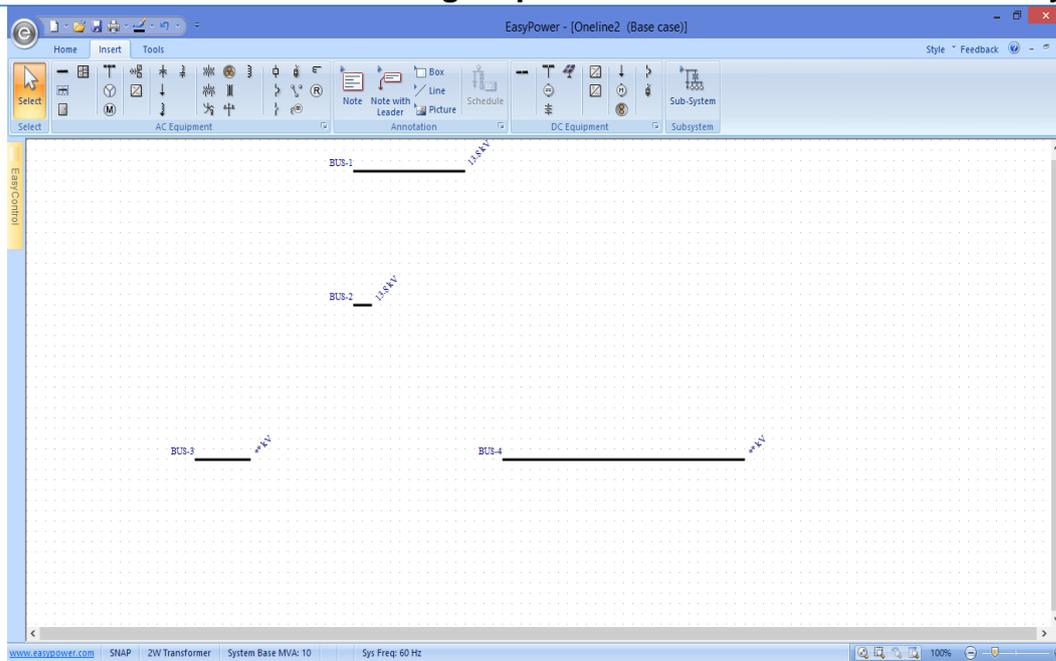


Figura 3.2: Inserción de Terminales o Barras.

3.3. Inserción de transformadores:

Después de insertar las barras procedemos a colocar los transformadores, en nuestro caso de estudio solo serán 6, trifásicos de dos devanados.

Igual que las barras los transformadores se encuentran en la Paleta de Equipos (Equipment Palette) o en el menú Insertar (Insert), para insertarlos al diagrama unifilar o caso de estudio, seleccionamos el botón Transformador (2 Winding Transformer) porque en este caso se utilizarán transformadores de dos devanados.

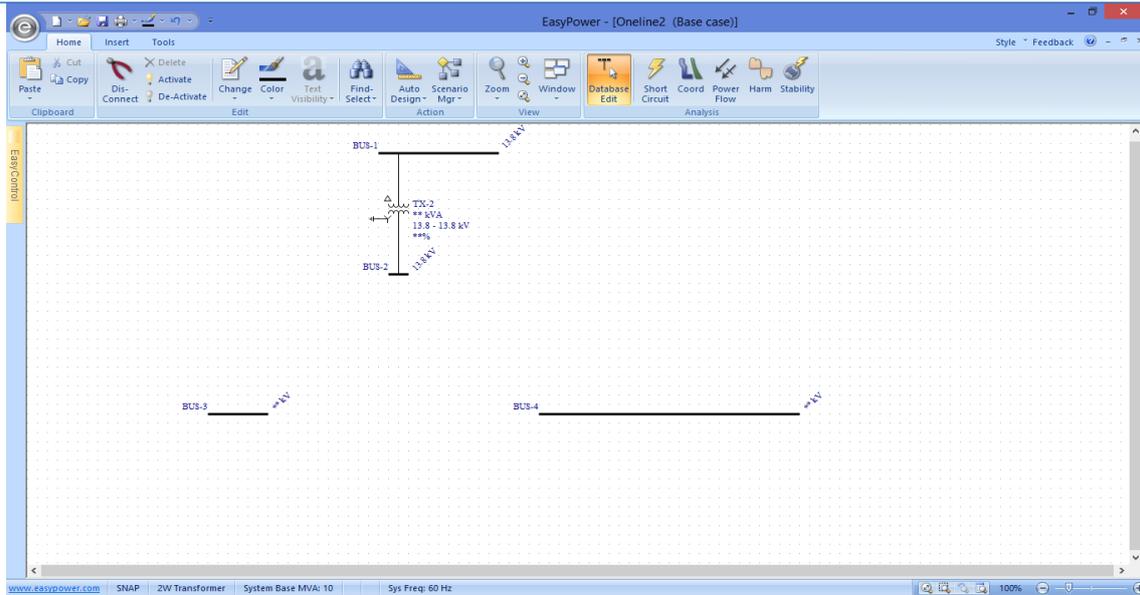


Figura 3.3: Inserción de Transformadores.

3.4. Inserción de Motores y Generadores:

Para insertar los Motores y los generadores a utilizar en nuestro caso de estudio debemos realizar los mismos procedimientos que en los elementos antes usados. Solamente se usarán 2 Motores sincrónicos y 2 Generadores sincrónicos también.

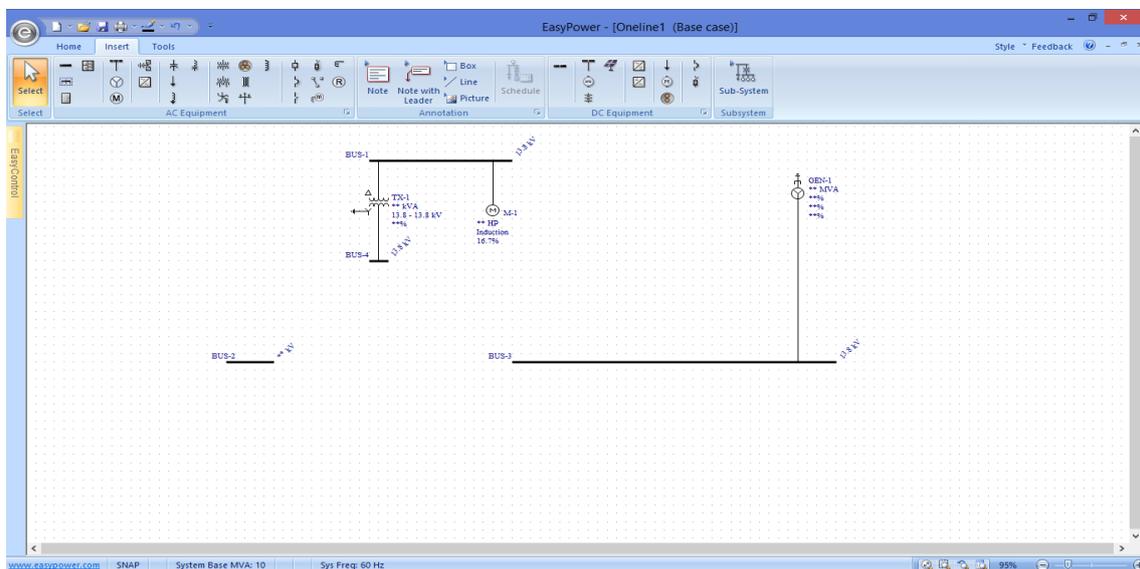


Figura 3.4: Inserción de Motores y Generadores.



3.5. Inserción de los elementos de protección (Interruptores de tipos HV Breaker, LV Breaker, Switch y Relés):

Una vez insertados los motores, los generadores, los transformadores, las barras y demás dispositivos de nuestro caso de estudio, lo que resta es colocarle las protecciones, las cuales son 45 entre todas, (24 HV Breaker, 2 LV Breaker, 5 Switch y 14 Relés). Esto se hace de la misma forma en que se han colocado los dispositivos antes mencionados, ya sea desde la Paleta de Equipos o desde el menú Insertar.

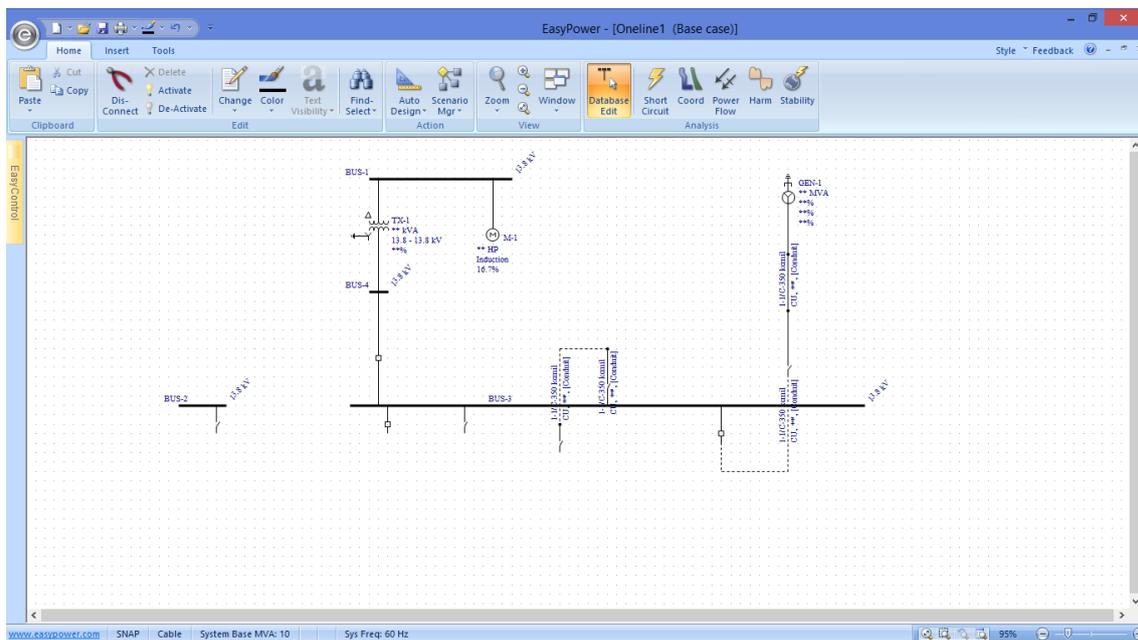


Figura 3.5: Inserción de HV Breaker, LV Breaker, Switch y Relés.

3.6. Introducción de los datos de Terminales o Barras:

Para la edición de los Terminales o Barras, damos doble-clic sobre uno de ellos, posteriormente sale un cuadro de diálogo donde escribimos el nombre de nuestro terminal. En la pestaña Especificación (Specifications) se introduce el valor de tensión base del mismo, así como su rango máximo de cortocircuito, tanto el simétrico como el asimétrico. Este mismo procedimiento se le hace a las barras que fueron reducidas a nodos. En la tabla 3.5 se expresan los valores de las barras y los nodos.

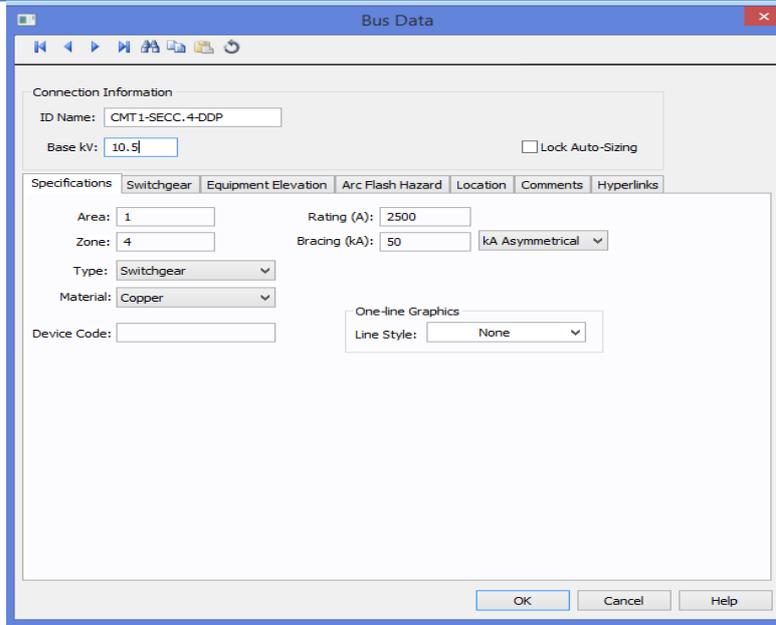


Figura 3.6: Datos de Terminales o Barras.

Tabla 3.1: Datos generales de las barras y los nodos.

Barras	Tensión Base (KV)	Valor de cortocircuito simétrico(A)	Valor de cortocircuito asimétrico(KA)	Material
CMT1-SECC.4-DDP; CMT1-SECC.5-DDP	10.5	2500	50	cobre
CMT2-SECC.4-DDP; CMT3-SECC.4-DDP; CMT2-SECC.5-DDP; CMT3-SECC.5-DDP	10.5	1600	25	cobre
Nodos				
NODE-PT1025; NODE-PT1025-CT; NODE-CT-PT102; NODE-2T-PRIM	115	1600	40	aluminio
NODE-2T-SEC;NODE-82T; NODE-1T-CILA; NODE-2T-TP12; NODE-2T-TP14; NODE-1T-GE1-ALTA;	10.5	200	30	cobre
NODE-R4720; NODE-R4740;	10.5	1600	40	aluminio
NODE-G3; NODE-R5880; NODE-R5860	10.5	1600	40	cobre
NODE-1T-GE1-BAJA;NODE-GE1	0.48	200	30	cobre



3.7. Edición de los datos de los Transformadores:

Para la edición de los parámetros de los transformadores se procede dándole doble clic sobre este, luego se pone el nombre deseado, así como las barras a las que se conectará y el tipo de conexión. (1) En la pestaña Specifications se colocan otros parámetros como la unidad en la que se trabaja, tipo de transformador, la clase del transformador, la temperatura del mismo entre otras.

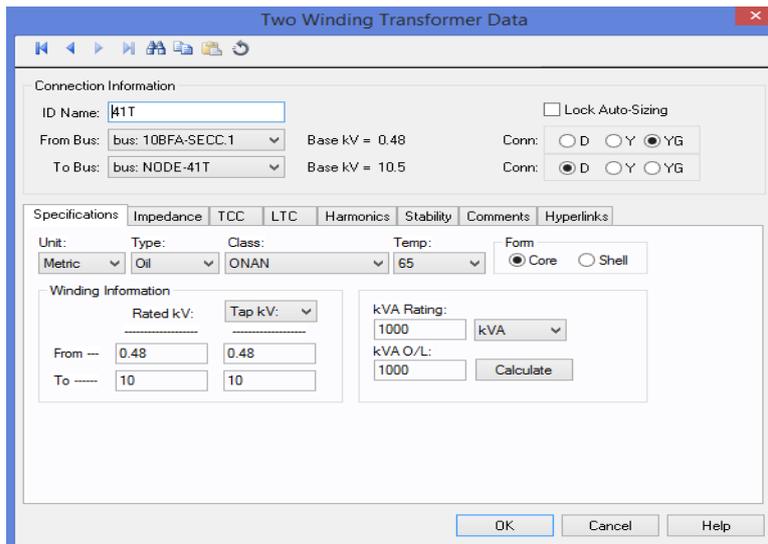


Figura3.7: Datos de los Transformadores.

Como los datos para cada transformador se insertan de la misma forma, en la siguiente tabla se reflejarán los datos de todos los transformadores usados en este caso de estudio.

Tabla 3.2: Datos de los Transformadores.

Transformadores	2T	82T	1T-CILA	2T-TP12	2T-TP14	1T-GE1
Potencia(MVA)	40	1000	1000	1600	1000	1600
Frecuencia(HZ)	60	60	60	60	60	60
Lado de Alta(KV)	115	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5
Lado de Baja(KV)	10.5	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
Conexión de Alta	Estrella aterrada	Delta	Delta	Delta	Delta	Delta
Conexión de Baja	Delta	Estrella aterrada				



3.8. Datos de Motores y Generadores:

Para la edición de los datos de los motores damos doble-clic sobre uno de ellos, acto seguido aparecerá un cuadro de diálogo, en el cual se pone el nombre, la potencia, la eficiencia, junto a otras más. En nuestro caso, todos cuentan con una Potencia de 100HP, la Eficiencia es de 0.91 y el factor de Potencia es 0.82 y con la Frecuencia igual a 60 HZ.

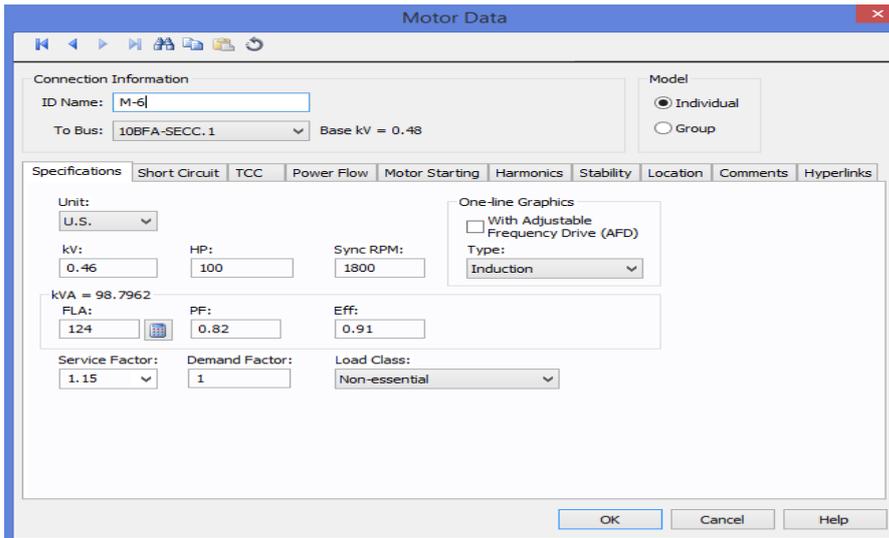


Figura3.8: Datos de los Motores.

Para introducir los datos del Generador, se debe tener en cuenta los mismos pasos usados para el Motor. En este caso de estudio usamos 2 Generadores sincrónicos. Ambos están generando la máxima Potencia Activa y Reactiva.

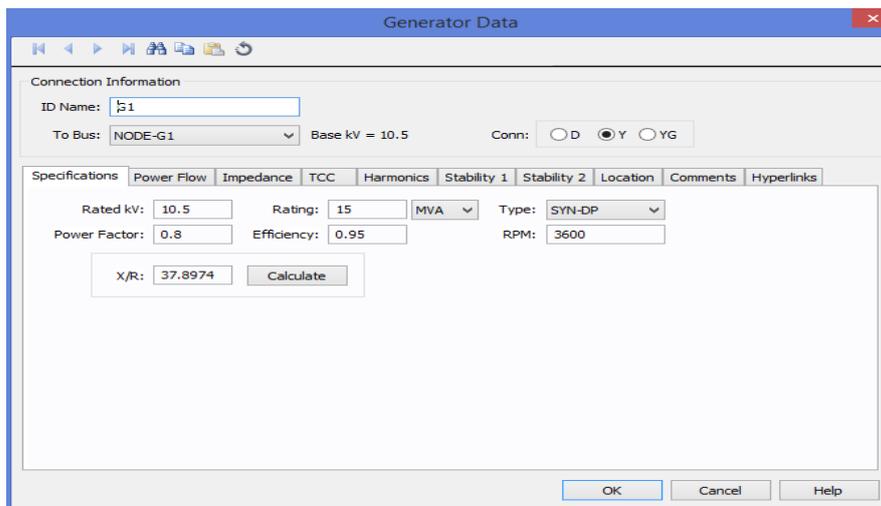


Figura3.9: Datos del Generador.



3.9. Cálculos pertinentes:

Una vez diseñado el circuito del caso de estudio y haber introducido cada valor correspondiente para cada elemento del mismo, lo que resta es hacer los cálculos deseados. Para este caso de estudio, se realizó una demostración de flujo de potencia, ya que el objetivo de este análisis es, examinar los niveles de transferencia de corriente a través de los elementos conectados en las barras, además de realizar un análisis de potencia en cada una de las barras, todo esto con el objetivo de realizar un balance de las cargas, ya sea en media tensión como en baja tensión. (4)

3.10. Flujo de Potencia:

Para hacer la primera corrida de flujo de potencia, se tiene en cuenta que el lazo quinta con primera sesión se abra por cualquier motivo, ya sea por una falla o por un error humano en una operación y que el TG 403 esté trabajando con la máxima generación de potencia activa y reactiva. Después realizar el primer análisis de flujo de potencia se observa que el reactor (R5970) que enlaza la cuarta sesión con la quinta se torna de color rojo, esto se debe a que la corriente demandada por dicho Generador está por encima de la corriente nominal del reactor, la cual es ($I_n=1000$ Amp), también se puede ver que la barra (CMT1-SECC.5-DDP) localizada en la quinta sesión está en rojo debido a que existe una sobretensión en dicha barra. En la figura 3.9 se pueden ver dichos problemas. (5)

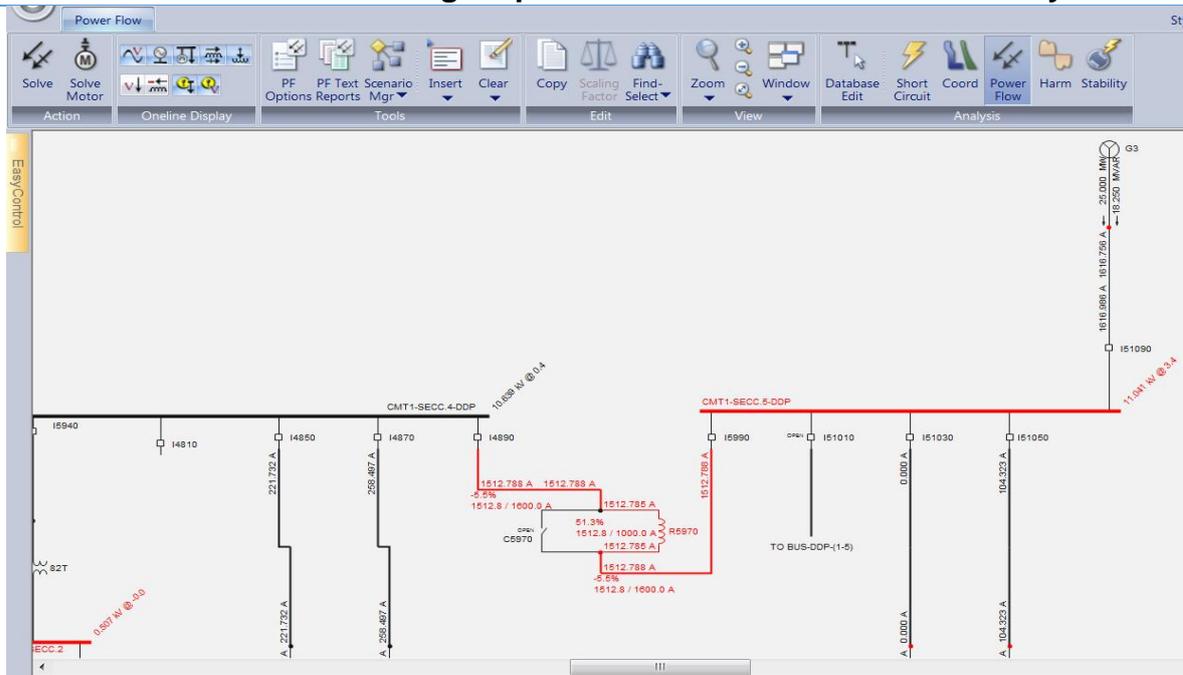


Figura 3.10: Monolineal después de la primera corrida del flujo de potencia.

3.10.1. Resultados del flujo de potencia:

Para poder observar los resultados del flujo de potencia se presiona en el icono  **Opciones FP (FP Options)**, del cual se desprende la ventana de la figura 3.11.

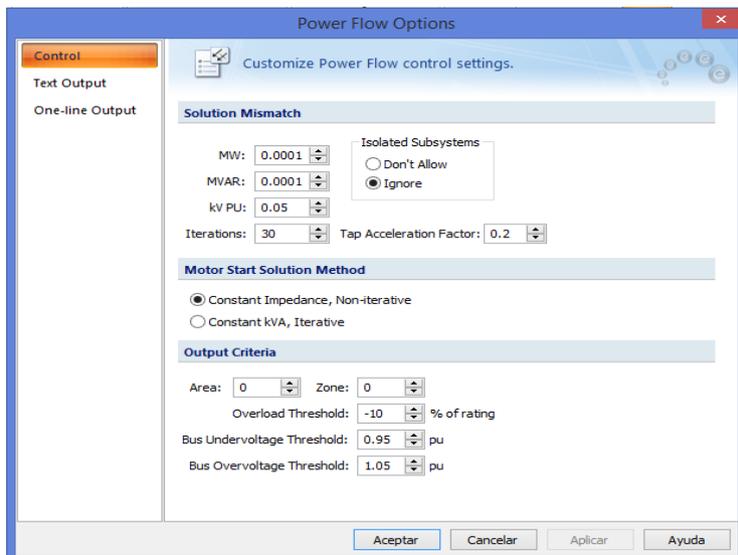


Figura 3.11: Ventana para seleccionar resultados de flujo de potencia.



Instructivo Metodológico para la utilización del software Easy Power

Para un reporte más detallados, se debe seleccionar Text Output o One-Line Output y luego pinchar en Aceptar. El Software muestra los datos deseados en una tabla ya sea en Excel o en un Word.

3.11. Estabilidad del sistema.

Una vez obtenidos los reportes correspondientes en el flujo de potencia lo que resta es tomar la decisión de cuáles son las acciones para corregir las anomalías del sistema y obtener una correcta estabilidad del mismo. (6)

Para este caso de estudio, lo primero que se hace es solucionar la sobretensión existente en la barra (CMT1-SECC.5-DDP) de la quinta sesión. Para esto se hace una segunda corrida de flujo de potencia, pero ahora a potencia activa y voltaje constante del Turbogenerador 403 (G3). En la figura 3.11 se nota que se logra bajar los niveles de voltaje en la barra (CMT1-SECC.5-DDP) a su voltaje nominal 10.5 KV.

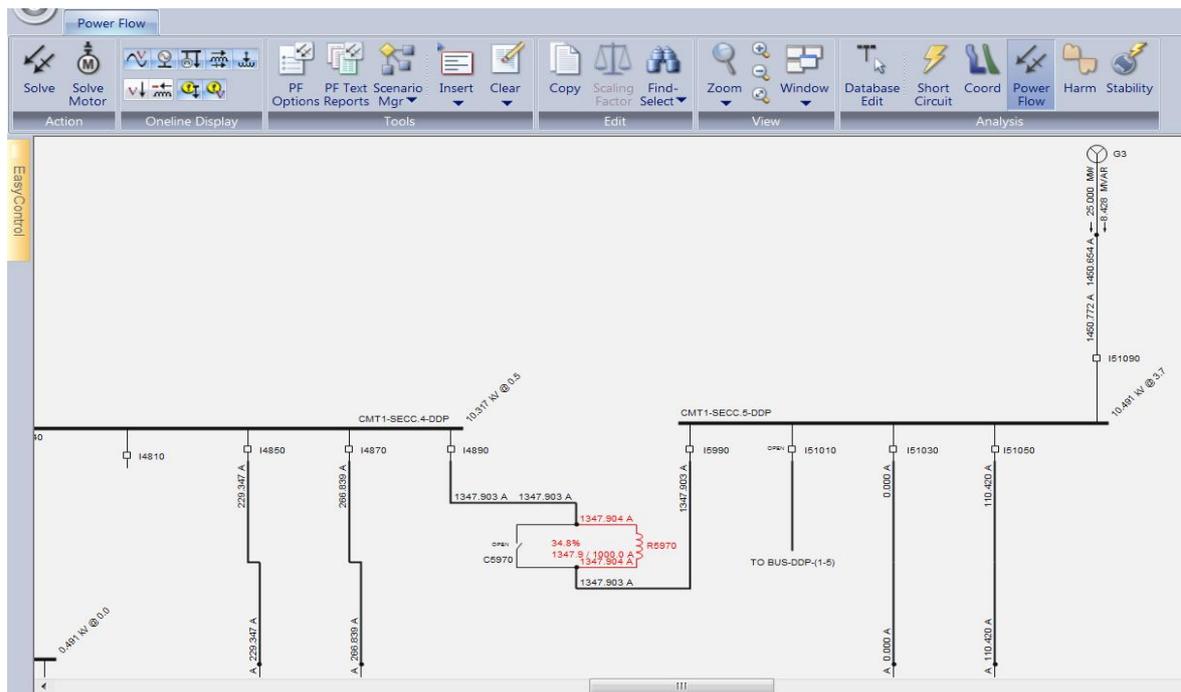


Figura 3.12: Monolineal después de la segunda corrida de flujo de potencia.

Aunque se nota una disminución de la corriente en el reactor (R5970), este problema no se solucionó completamente. Para resolver esta situación, se plantea pasar la alimentación de la cuarta sesión de la 1SD y la 2SD desde la cuarta sesión para la quinta sesión del DDP. Con esta nueva propuesta si se logra bajar

Rolando Oliveros Suárez



Conclusiones generales:

En el presente trabajo se logró elaborar un instructivo metodológico para paquete computacional Easy Power, orientado a los estudiantes del ISMM, a fin de facilitar el manejo de los módulos requeridos para los estudios en sistema de potencia.

Con este trabajo se logró desarrollar un caso de estudio teórico, en el que están presentes elementos y situaciones posibles en las líneas y reactores del ejemplo seleccionado, en el cual se propusieron las alternativas de solución, con el objetivo de una mejor visualización práctica de la utilización del software Easy Power.

Recomendaciones:

- Utilizar esta tesis como un instructivo metodológico, para la capacitación de los alumnos del ISMMM de nuestro territorio.



Referencia Bibliográfica:

1. **FITZGERALD A.E, KINGSLEY Jr. UMÁN.** *Máquinas Eléctricas.* s.l. : Mc Graw Hill Interamericana, 2005.
2. *Distribution System Protection and Apparatus Coodination.* **Tecnología, Asociación de Estudiantes de.** Canadá : s.n., 1962.
3. **Stevenson, Williian.** *Análisis de los sistemas eléctricos de potencia.* La Habana : Edición Revolucionaria, 1986.
4. **Peláez González, Alberto.** *Fallas Asimétricas en Sistemas de Energía Eléctrica.* La Habana : Edición Revolucionaria, 1986.
5. **Hill, Mc Graw.** *Electric and Electronic Eneginnering.* New York : s.n., 1955.
6. **Dumas, F.** *Cuadernos Técnicos Schneider # 158. Cálculo de corrientes de cortocircuitos.* 2000.
7. **Donald, Beeman.** *Industrial Power System.* La Habana : Instituto del Libro, 1969.
8. **D, STEVENSON Wiliam.** *Power System Análisis.* New York : s.n., 1955.
9. **Autores, Colectivos de.** *Protecciones eléctricas en sistemas industriales.*
10. **Alamos Hernández, Juan Alercio.** *Cálculo de corriente de cortocircuito.* La Habana : s.n., 2006.