

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

PROGRAMA INTERACTIVO PARA EL DISEÑO
Y OPERACION DE SISTEMAS RADIALES
AEREOS DE DISTRIBUCION. (PARTE I)

TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE
INGENIERO ELECTRICO CON LA ESPECIALIZACION
EN SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA

MARCO ANTONIO MEDINA DURAN

QUITO, MAYO DE 1992

Certifico que el presente trabajo
de Tesis ha sido realizado en
forma total por el Señor :

Marco Antonio Medina Durán


Ing. Carlos Riofrío Reyes

DIRECTOR DE TESIS

DEDICATORIA :

A mis queridos padres, hermanos y familiares.

AGRADECIMIENTO :

Expreso mi más sincero agradecimiento al Ing. Carlos Riofrío, por su valioso apoyo y acertada dirección durante el desarrollo de esta tesis.

Al Sr. Fernando Riofrío quien en forma desinteresada colaboró en este trabajo al compartir sus experiencias y algunas rutinas del Lenguaje C.

A todas las personas que me dieron ánimo para seguir adelante en los estudios.

RESUMEN : ALCANCE Y OBJETIVOS .

En el presente trabajo se elabora un programa interactivo que permite tanto en la docencia, como a nivel profesional, el manipular redes radiales aéreas de distribución de forma sistemática, tanto para la etapa de diseño como en la operativa y las interrelaciones entre estas dos etapas.

Para conseguir esto se diseña una base de datos que no sólo contiene la información necesaria, sino que permite reformarla, ampliarla y actualizarla con facilidad, y que además se adapta a los requerimientos de programas de aplicación que permiten realizar parte de los cálculos necesarios para la toma de decisiones en Sistemas de Distribución.

Se desarrollan programas de aplicación para el cálculo de flujos de carga y perfiles de tensión, reconfiguración de alimentadores primarios para analizar transferencias de carga temporales o permanentes entre los mismos, simulando así condiciones operativas. Además se puede incorporar reguladores de voltaje, transformadores de línea y capacitores. Se analizan las redes radiales aéreas en forma trifásica, para considerar los desbalances tanto en las cargas como en las impedancias de las líneas. También se incorpora un programa para calcular los parámetros de las redes de distribución utilizando componentes de fase.

Los programas son realizados en Lenguaje C, para permitir su transportabilidad entre computadores, y se incorpora una ayuda en línea para enrumbar al usuario en la utilización eficiente de los programas y para recordar aspectos teóricos relevantes.

CONTENIDO

PAGINA

CAPITULO I : GENERALIDADES

1.1	La distribución de energía eléctrica como un sistema.....	1
1.1.1	La aproximación al sistema.....	4
1.1.2	El concepto de base de datos.....	7
1.1.3	Sistema de cuadrículas.....	8
1.2	Componentes básicos de un sistema de distribución..	13
1.3	Definición, análisis y modelos de cargas.....	15
1.3.1	Impedancia constante.....	16
1.3.2	Corriente constante.....	18
1.3.3	Potencia constante.....	19
1.3.4	Modelo.....	20
1.4	Definición de condiciones aceptables de operación en estado estacionario.....	22
1.5	Método de análisis de las condiciones en estado estacionario para los sistemas trifásicos desequilibrados.....	27

CAPITULO II : FLUJOS DE CARGA Y PERFILES DE TENSION

2.1	Aplicación de las ecuaciones de Carson para la determinación de las impedancias de las líneas.....	29
2.1.1	Ecuaciones de Carson.....	30
2.1.2	Eliminación de conductores neutros puestos a tierra.....	34
2.1.3	Ecuaciones de caída de voltaje en las líneas.....	36
2.1.4	Cables subterráneos.....	40
2.2	Método iterativo para el análisis de una red radial.....	41
2.3	Modelos de reguladores de voltaje, transformadores de línea y capacitores.....	45
2.3.1	Reguladores de voltaje.....	45
2.3.1.1	Reguladores tipo paso.....	46
2.3.1.2	Aplicación.....	46
2.3.1.3	Calibración y control.....	47
2.3.1.4	Modelo.....	49
2.3.2	Transformadores de línea.....	51
2.3.3	Capacitores.....	53

CAPITULO III : RECONFIGURACION DE ALIMENTADORES

3.1	Criterios de reconfiguración.....	56
-----	-----------------------------------	----

3.2	Equipos de seccionamiento, modelos.....	57
3.2.1	Seccionadores.....	57
3.2.2	Reconectador.....	58
3.2.3	Seccionalizador.....	59
3.2.4	Modelo.....	60
3.3	Algoritmo.....	61

CAPITULO IV : PROCESO INTERACTIVO

4.1	Estructura general del proceso interactivo.....	66
4.1.1	Definición conceptual del proceso interactivo.....	70
4.1.1.1	Definición de funciones.....	71
4.1.1.2	Definición de datos.....	74
4.1.2	Esquema conceptual de la base de datos.....	82
4.2	Estructura y características de los módulos del proceso.....	84
4.2.1	Funciones de mantenimiento.....	86
4.2.1.1	Empresas.....	86
4.2.1.2	Subestaciones.....	87
4.2.1.3	Alimentadores.....	87
4.2.1.4	Nodos.....	88
4.2.1.5	Reguladores, transformadores y líneas.....	88
4.2.1.6	Conductores.....	89

4.2.2	Funciones de consulta.....	89
4.2.3	Funciones de operación.....	90
4.2.4	Funciones de reportes.....	91
4.2.5	Funciones específicas.....	92
4.2.5.1	Programa de flujo radial trifásico...	92
4.2.5.2	Programa de Carson.....	96
4.2.6	Funciones operacionales.....	96
4.2.7	Funciones de apoyo.....	96
4.2.8	Esquema lógico de la base de datos.....	97
4.3	Diseño de la base de datos.....	102
4.3.1	Esquema físico de la base de datos.....	102
4.3.2	Análisis físico de las funciones.....	112
4.3.3	Análisis físico de los archivos de la base de datos.....	113
4.4	Descripción del programa.....	116
4.5	Aplicaciones.....	121
4.5.1	Ejemplo 1.....	121
4.5.1.1	Caso 1.....	123
4.5.1.2	Caso 2.....	125
4.5.1.3	Caso 3.....	129
4.5.1.4	Caso 4.....	131
4.5.1.5	Caso 5.....	132
4.5.1.6	Caso 6.....	135
4.5.2	Ejemplo 2.....	139
4.5.2.1	Caso actual.....	140

4.5.2.2 Caso final.....	142
-------------------------	-----

CAPITULO V : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.....	145
-----------------------	-----

5.2 Recomendaciones.....	150
--------------------------	-----

CAPITULO VI : ANEXOS

6.1 Manual de uso del programa.....	152
-------------------------------------	-----

6.2 Guía del programador.....	152
-------------------------------	-----

6.3 Listado del programa.....	152
-------------------------------	-----

APENDICE : DATOS Y RESULTADOS

Alimentador de la Referencia [1]

Diagrama lineal.....	153
----------------------	-----

Datos del caso 1.....	154
-----------------------	-----

Resultados del caso 1.....	158
----------------------------	-----

Datos del caso 2.....	160
-----------------------	-----

Resultados del caso 2.....	163
----------------------------	-----

Datos del caso 3.....	165
-----------------------	-----

Resultados del caso 3..... 168
Datos del caso 4..... 170
Resultados del caso 4..... 173
Datos del caso 5..... 175
Resultados del caso 5..... 178
Datos del caso 6..... 180
Resultados del caso 6..... 183

Alimentador de la Referencia [14]

Diagrama lineal..... 185
Datos del caso actual..... 186
Resultados del caso actual..... 190
Datos del caso final..... 193
Resultados del caso final..... 197

BIBLIOGRAFIA..... 200

CAPITULO I .GENERALIDADES .1.1 LA DISTRIBUCION DE ENERGIA ELECTRICA COMO UN SISTEMA .

La sistematización tanto para la parte de planificación, como para la operación de un Sistema de Distribución, se hace cada vez más necesaria, o por qué no decirlo, la única manera posible de manejar con racionalidad un sistema bastante complejo por la interrelación de un número muy grande de variables.

Las organizaciones encargadas de la distribución de energía eléctrica como son las Empresas Eléctricas o INECEL, de alguna manera han sistematizado procedimientos para la operación y planificación de los S/D, pero han desacoplado al S/D en varios subsistemas, perdiéndose el concepto de Sistema y de sus variables de interrelación.

Por otro lado al ser grupos humanos diferentes los que manejan estos subsistemas, los datos que son utilizados difieren substancialmente unos de otros, produciendo en algunos casos hasta conflictos en las decisiones finales.

De aquí que se torna imprescindible el sistematizar la consecución y almacenamiento de los datos necesarios para simular el comportamiento del sistema para algunas

condiciones de trabajo al que está expuesto.

El proceso de planificación consiste básicamente de dos actividades : la predicción de la carga y el diseño de la configuración del Sistema de Distribución.

El diseño de la configuración empieza a nivel del usuario. El tipo de demanda, factor de carga y otras características de carga del usuario determinan el tipo de sistema de distribución que se requiere. Una vez que se determinan las cargas del usuario, se las agrupa para el servicio a través de líneas secundarias conectadas a los transformadores de distribución, los cuales reducen el voltaje primario al voltaje de utilización. Los transformadores se combinan entonces para determinar la demanda en el sistema primario de distribución. Las cargas de los primarios son asignadas entonces a subestaciones que reducen el voltaje de transmisión al voltaje primario. Las cargas del sistema de distribución, a su vez determinan el tamaño y localización de las subestaciones así como también las rutas y capacidades de las líneas de transmisión asociadas. "Es claro que cada paso en el proceso de planificación provee la entrada para el paso que le sigue".¹

¹ Gönen, T. , "Electric Power Distribution System Engineering", Mc Graw-Hill, 1986, pg. 10 .

Dentro del proceso de planificación intervienen entre otros los siguientes factores :

- Proyección de la demanda
- Expansión de subestaciones
- Ubicación de nuevas subestaciones
- Estado y capacidad de las instalaciones existentes
- Selección de la ruta de los alimentadores
- Tiempos de estudio, diseño, licitación y construcción.
- Costos de materiales, construcción, operación, mantenimiento y pérdidas.
- Estandarización de niveles de tensión, tamaño y capacidad de los equipos, conductores, procedimientos.
- Factores económicos como la inflación y el costo de capital.
- Factores demográficos como crecimiento poblacional y efectos migratorios.
- Avances tecnológicos.

En la planificación de sistemas es esencial asegurar que el crecimiento de la demanda de electricidad sea satisfecha por adiciones en los sistemas de distribución, las mismas que deben ser técnicamente adecuadas y económicamente razonables. Por lo tanto se necesita de una herramienta de planificación que permita evaluar las consecuencias de las diferentes alternativas propuestas y su impacto en el resto del sistema, para proveer de energía eléctrica a los usuarios en una forma económica, confiable y segura. Ref. [3]

Para la planificación de S/D se ha usado por muchos años programas de computadoras como por ejemplo los de flujo de carga, cálculo de cortocircuitos, regulación de voltaje, etc. para ejecutar los tediosos cálculos necesarios para el análisis de los mismos. De esta manera el ingeniero puede usar su tiempo analizando los resultados de los cálculos, en vez de hacerlos. Pero sólo en los últimos años la tecnología ha provisto los medios a los planificadores para que en verdad tengan una aproximación al sistema para el diseño y análisis total.

1.1.1 LA APROXIMACION AL SISTEMA.

La complejidad del manejo de una red de distribución requiere la sistematización de procedimientos y el uso de herramientas apropiadas al manejo de grandes cantidades de datos.

En la actualidad, el uso de los computadores facilita esta tarea, por lo que se convierte en una herramienta indispensable en el manejo y ayuda en la organización, planificación, diseño y operación de los Sistemas de Distribución.

Una colección de programas de computadora para resolver los problemas de diseño y análisis de un sistema constituye una solución eficiente, siempre y cuando la

salida de uno pueda ser usada como la entrada de otro. La aproximación al sistema como una herramienta útil para el ingeniero empieza por el examen de los tipos de información requerida y sus fuentes. La lectura de esta información a su vez genera decisiones e información adicional las cuales pasan de una etapa a otra en el proceso de diseño. Finalmente los resultados deben ser mostrados para su uso y almacenados para referencias posteriores.

La información debe ser clara y ajustada a la realidad, por lo tanto se debe concientizar a todos los niveles de personal involucrado en el Sistema de Distribución, de la necesidad de realizar un esfuerzo permanente, para mantener el conjunto de datos lo más actualizado y veraz posible, a través de una labor continua de recopilación de información y validación de la misma.
Ref. [4]

"Con esta concepción del proceso de planificación, la aproximación al sistema busca automatizar al proceso tanto como sea posible, asegurando en el proceso que las varias transformaciones de información sean hechas lo más eficientemente posible." ¹

En la figura No. 1.1.1 se tiene una representación del Sistema de procesamiento de datos en Redes de Distribución.

¹ Gönen, T. , "Electric Power Distribution System Engineering", Mc Graw-Hill, 1986, pg.17 .

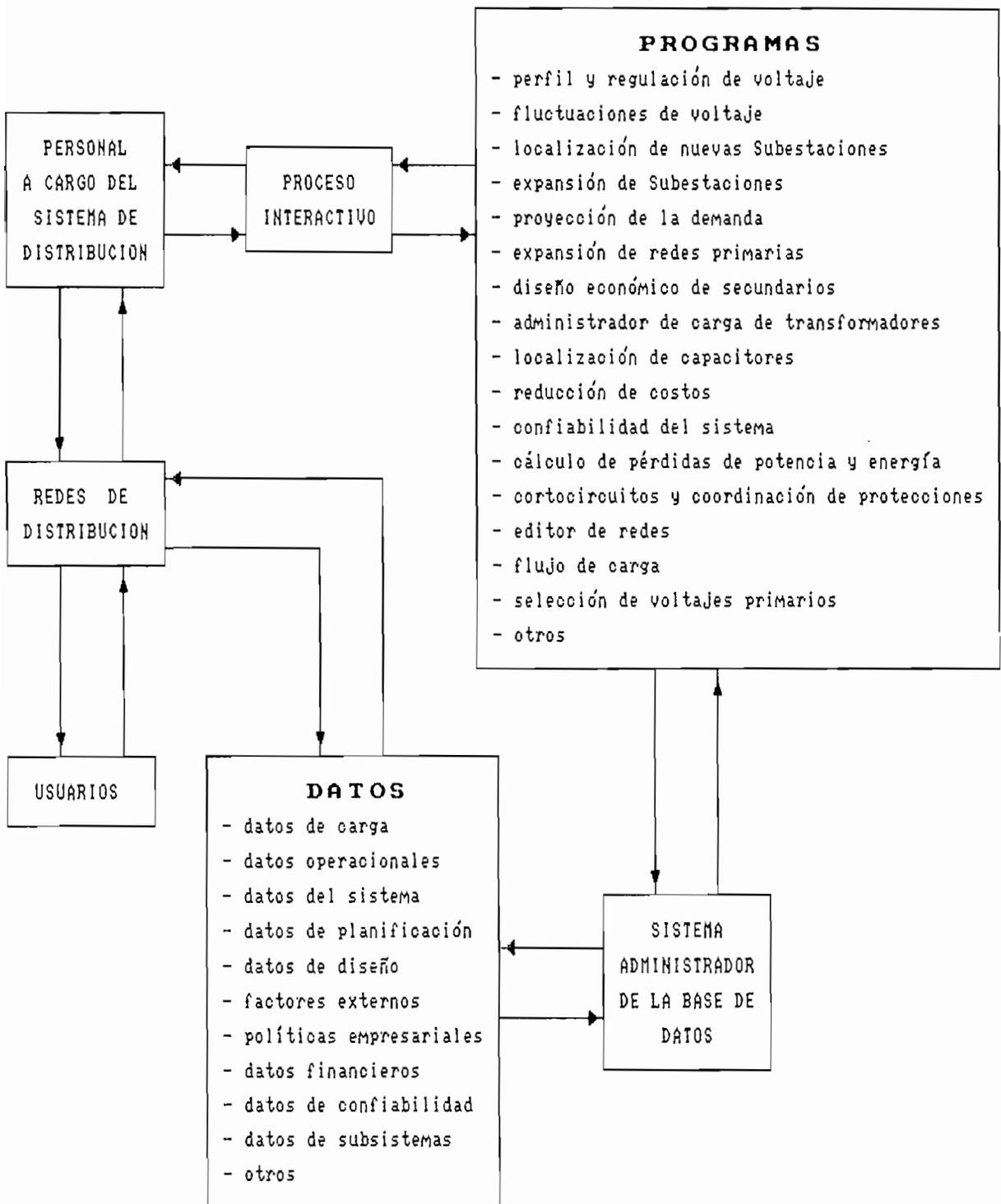


Figura No. 1.1.1 SISTEMA DE PROCESAMIENTO DE DATOS EN REDES DE DISTRIBUCION

El proceso interactivo representa la interfase entre el ingeniero y el sistema. Los programas de análisis que forman parte del sistema son manejados por un administrador de base de datos el cual almacena, recupera y modifica varios datos de las Redes de Distribución.

1.1.2 EL CONCEPTO DE BASE DE DATOS.

Se entiende como Base de Datos de un Sistema de Distribución el conjunto ordenado de datos que permitan simular el comportamiento tanto para operación presente, así como proyectarlo hacia el futuro. La tecnología actual permite almacenar grandes cantidades de datos, y tener acceso a los mismos en tiempos muy pequeños.

Como se puede observar en la figura No. 1.1.1, la base de datos juega un papel central en la operación como tal de un sistema. La idea fundamental estriba en la utilización conjunta de los mismos datos por el mayor número de aplicaciones posibles.

El sistema administrador de base de datos (DBMS) controla y coordina la estructura de la información, y provee la interfase necesaria entre los procesos que requieren acceder a los datos y los datos por sí mismos. Las operaciones en la base de datos son ejecutadas por el DBMS.

1.1.3 SISTEMA DE CUADRICULAS.

Para poder ubicar los elementos de las Redes de Distribución es necesario conocer la localización geográfica de los mismos en los mapas.

El Instituto Geográfico Militar dispone de la Carta Básica Nacional, que consiste en Hojas Topográficas a escalas 1:25.000 , 1:50.000 y 1:100.000 , las cuales están cuadrículadas con respecto a las coordenadas U.T.M. (Universal Transversa Mercator) para 10 km y 1 km. En la figura No. 1.1.2 se puede observar un esquema general de las hojas topográficas.

En la presente tesis se utiliza un Sistema de Cuadrículas de 10 km y 1 km que permite en una manera sencilla codificar y localizar cada punto de una red de distribución en los mapas del I.G.M. a partir de un punto de referencia que es el extremo inferior izquierdo del Sistema.

El Sistema tiene una área de 260 km x 260 km, por lo que puede contener la información de cualquier Empresa Eléctrica del país. No se puede tomar en cuenta los puntos que están fuera de los límites del Sistema, razón por la cual al empezar a cuadricular es conveniente hacer que la región servida por la Empresa, esté dentro de los límites del Sistema.

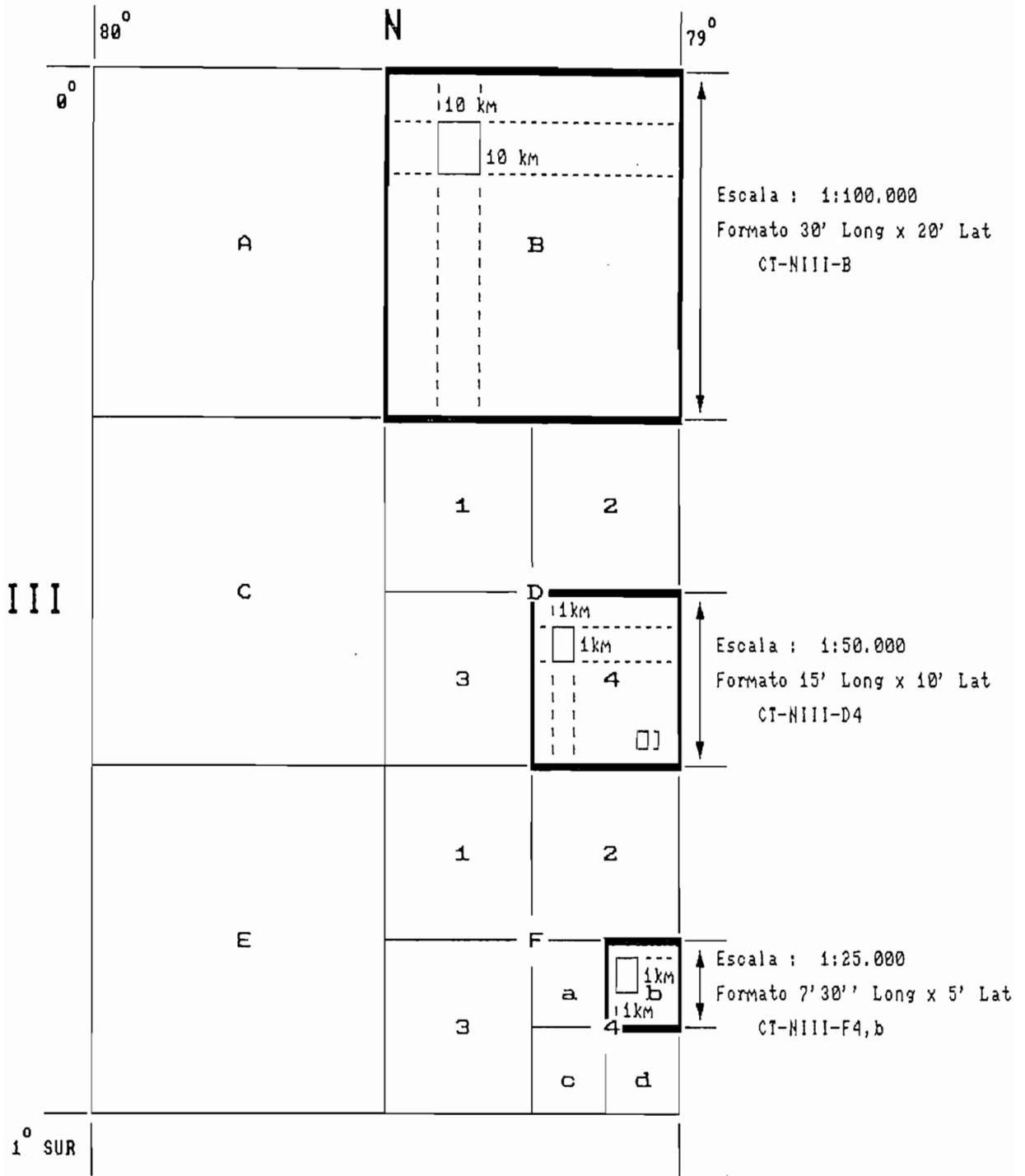


Figura No. 1.1.2 HOJA TOPOGRAFICA CT-NIII

Cada Empresa tiene su propio Sistema de Cuadrículas. Si se quiere analizar dos o más Empresas a la vez, entonces todos los datos de las mismas, deben estar en una Empresa común.

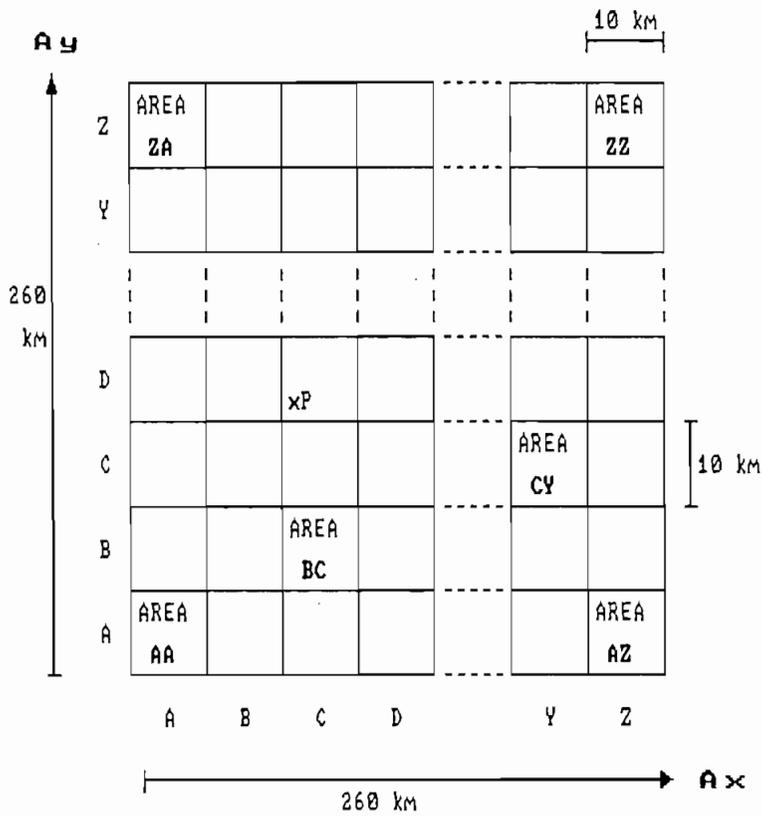
Si es necesario incluir puntos que estén fuera del Sistema (por ejemplo cuando no se ubicó correctamente a la Empresa dentro del Sistema), con un programa sencillo se podría cambiar el punto de referencia, pero teniendo el cuidado de no sobrepasar los límites del Sistema.

Para el código del punto (en este caso un Nodo) se tiene una expresión de 11 caracteres alfanuméricos, los cuales pueden ser sacados de los mapas de acuerdo a la siguiente nomenclatura :

Ay Ax	Sy Sx	-	Y3 Y2 Y1	X3 X2 X1
Area	Sector	separador	posición en	posición en
		(signo menos)	el eje Y en m.	el eje X en m.

En la figura No. 1.1.3 se puede observar el Sistema de Cuadrículas, el mismo que se divide en 676 Areas. Una Area es una superficie de 10 km x 10 km, y está especificada por Ay Ax que es un par de letras (A a la Z) que se pueden ver en el mapa general del Sistema. Ay es la letra del eje Y, y Ax es la letra del eje X del Area en que está el Nodo.

SISTEMA



AREA

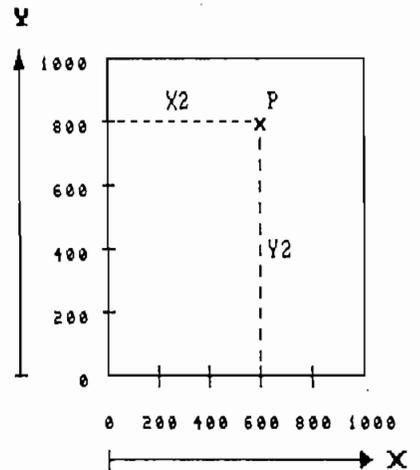
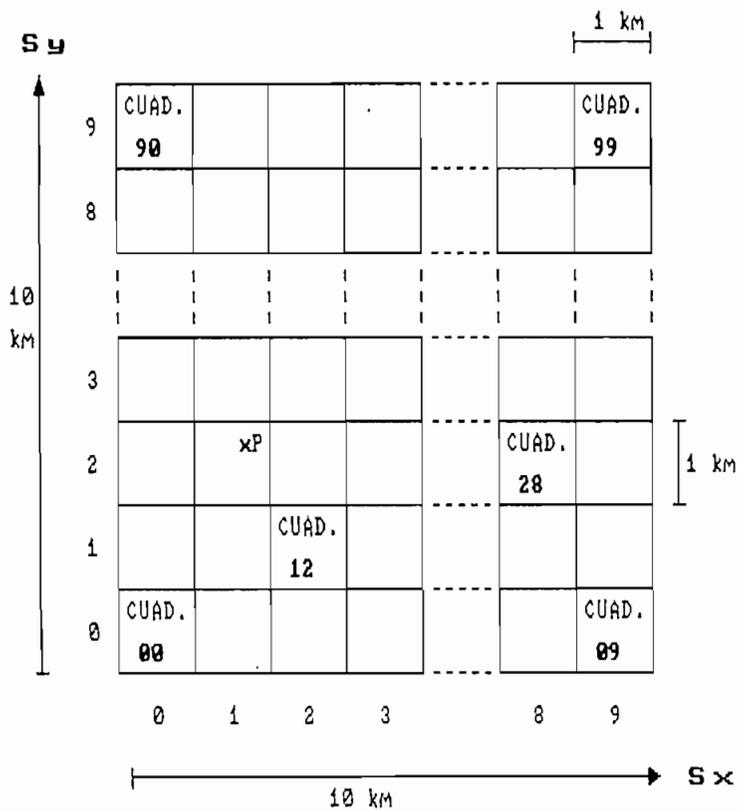


Figura No. 1.1.3 SISTEMA DE CUADRICULAS

Por ejemplo el Nodo P está ubicado en la Area DC ,
pues $Ay = D$ y $Ax = C$.

Cada Area a su vez se divide en 100 Sectores, que son superficies de 1 km x 1 km, y que se representan por $Sy Sx$ que es un par de números (0 al 9) . Sy es el número del eje Y, y Sx es el número del eje X del Sector.

El Nodo P está ubicado en el Sector 21 de la Area DC ,
ya que $Sy = 2$ y $Sx = 1$.

El mapa de un Sector generalmente tiene una escala de 1:5.000 , en la cual se pueden medir directamente en metros las posiciones en el eje Y y el eje X de cualquier punto, con respecto al extremo inferior izquierdo del mapa.

$Y3 Y2 Y1$ es la posición del nodo P en el eje Y : 800 m.

$X3 X2 X1$ es la posición del nodo P en el eje X : 600 m.

Entonces el código del Nodo P es : DC21-800600

Es decir el Nodo P está a 800 m en el eje Y, y 600 m en el eje X del Sector 21 de la Area DC.

El hallar estos códigos para cada uno de los Nodos de una Empresa Eléctrica puede resultar un trabajo tedioso. Sin embargo, se puede desarrollar programas de aplicación que realicen la entrada de datos y salida de resultados en

forma gráfica a través de digitalizadores, siendo esta la razón principal para utilizar el Sistema de Cuadrículas en el presente trabajo.

1.2 COMPONENTES BASICOS DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCION .

A un Sistema de Distribución se le puede dividir en varios subsistemas :

- Subsistema de equipo humano : el componente más importante del sistema de distribución es sin duda el personal que está a cargo del mismo, ya que los criterios y decisiones que ellos adopten, determinarán si el sistema opera en buenas condiciones técnicas y económicas.
- Subsistema de información y procesamiento de la misma: es el encargado de recolectar, validar, actualizar y almacenar los datos en el sistema administrador de la base de datos, para utilizarlos en la organización, planificación, diseño y operación del Sistema de Distribución.
- Subsistema de equipos físicos : "es la parte del Sistema de Potencia, comprendida entre las barras de alta tensión de las subestaciones de distribución y

los puntos de suministro de energía a los consumidores; en cuanto a los parámetros básicos y a la disposición de los elementos que determinan su configuración general para propósitos de operación en condiciones normales y emergentes." ¹

Los componentes básicos que tiene el subsistema de equipos físicos son :

- Subestaciones de distribución : lugar donde se transforma del voltaje de subtransmisión al de distribución primaria, incluye la recepción de las líneas de transmisión y subtransmisión, salida de las líneas primarias, transformador y los equipos asociados de protección, control y seccionamiento.

- Red de distribución : es el conjunto de elementos componentes del sistema de distribución y son los conductores, aisladores, estructuras de soporte, canalizaciones y equipos.

- Sistema primario de distribución : es el conjunto de líneas troncales, ramales, seccionamiento y protecciones que enlaza la subestación de distribución con los transformadores de distribución .

¹ E.E.Q.S.A., "Normas para Sistemas de Distribución", PARTE A, Quito, 1979, pg. A-02.02

- Transformador de distribución : transformador que reduce el nivel de voltaje primario al nivel de voltaje de utilización.

- Red secundaria : líneas a nivel de voltaje de utilización que unen al transformador de distribución con las acometidas de los abonados.

- Acometida : circuito que enlaza un punto de la red de distribución con la instalación individual del abonado.

1.3 DEFINICION, ANALISIS Y MODELOS DE CARGAS .

Carga es la potencia eléctrica activa, o aparente consumida o absorbida por una máquina o una red. Las cargas de los usuarios se reflejan a la red de distribución de diferente manera de acuerdo con los equipos instalados.

Las cargas pueden ser modeladas de distinta forma por su relación con la tensión de alimentación, de las cuales se analizan los siguientes modelos básicos : Impedancia constante, Corriente constante y Potencia constante. Para el análisis de los modelos se considera el circuito de la figura No. 1.3.1 .

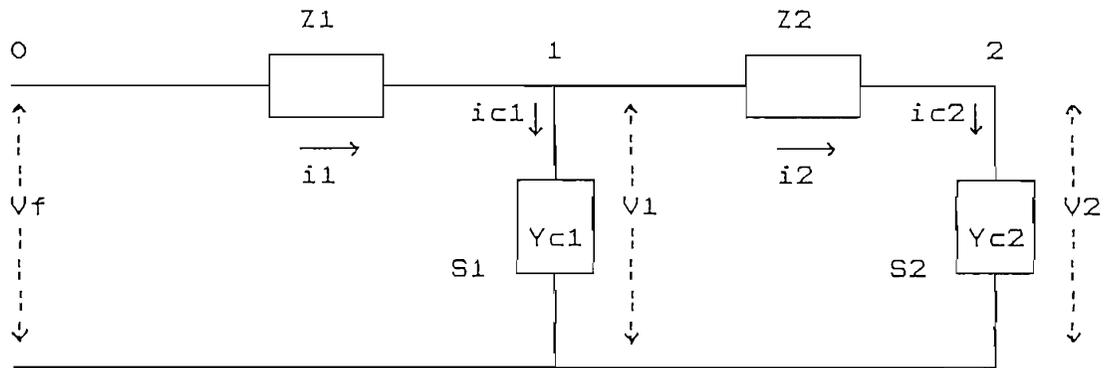


Figura No. 1.3.1

donde :

$$V_1 = V_f - i_1 \cdot Z_1$$

$$V_2 = V_1 - i_2 \cdot Z_2$$

$$i_1 = i_{c1} + i_{c2}$$

$$i_2 = i_{c2}$$

$$V_1 = V_f - (i_{c1} + i_{c2}) \cdot Z_1 \quad (1.3.1)$$

$$V_2 = V_1 - i_{c2} \cdot Z_2 \quad (1.3.2)$$

$$S_1 = P_1 + jQ_1 = \text{Potencia de carga 1}$$

$$S_2 = P_2 + jQ_2 = \text{Potencia de carga 2}$$

1.3.1 IMPEDANCIA CONSTANTE.

Se modela a la carga como un valor de impedancia constante, la misma que es calculada con la potencia y voltaje nominales. Al variar el voltaje de alimentación de la carga, varían también la corriente y la potencia absorbida por la misma.

V_{n1} = voltaje nominal de la carga 1

$$i_{c1} = \left[\frac{S_1}{V_{n1}} \right]^*$$

$$Y_{c1} = \frac{i_{c1}}{V_{n1}} = \frac{S_1^*}{V_{n1} \cdot V_{n1}^*}$$

$$Y_{c1} = \frac{1}{Z_{c1}} = \frac{S_1^*}{|V_{n1}|^2}$$

$$Y_{c2} = \frac{1}{Z_{c2}} = \frac{S_2^*}{|V_{n2}|^2}$$

$$i_{c1} = Y_{c1} \cdot V_1$$

$$i_{c2} = Y_{c2} \cdot V_2$$

Reemplazando en las ecuaciones (1.3.1) y (1.3.2) se tiene :

$$(1) \quad V_1 = V_f - (Y_{c2} \cdot V_2 + Y_{c1} \cdot V_1) \cdot Z_1$$

$$(2) \quad V_2 = V_1 - Y_{c2} \cdot V_2 \cdot Z_2$$

Al considerar la carga como impedancia constante se tiene un sistema de ecuaciones lineales en V_1 y V_2 , el que se puede resolver con un proceso de cálculo de una iteración, y la multiplicación por un factor de corrección.

1.3.2 CORRIENTE CONSTANTE.

Este modelo considera a la carga como un valor de corriente que permanece constante con las variaciones de voltaje. Para calcular la corriente se toman en cuenta la potencia y voltaje nominales de la carga.

$$ic1 = \left[\frac{S1}{Vn1} \right] *$$

$$ic2 = \left[\frac{S2}{Vn2} \right] *$$

Reemplazando en las ecuaciones (1.3.1) y (1.3.2) se tiene :

$$(1) \quad V1 = Vf - (ic1 + ic2) \cdot Z1$$

$$(2) \quad V2 = V1 - ic2 \cdot Z2$$

Al considerar la carga como corriente constante se puede calcular en forma directa $V1$ y $V2$.

Este modelo de carga es el más utilizado para el diseño y análisis de las redes de distribución residenciales y comerciales, ya que el conjunto de cargas de los mismos, tienden a un comportamiento de este tipo.

1.3.3 POTENCIA CONSTANTE.

Este modelo asume que la carga es un valor de potencia constante para cualquier variación de voltaje, no así la corriente que absorbe la misma.

$$i_{c1} = \left[\frac{S_1}{V_1} \right]^* = \left[\frac{P_1 - jQ_1}{V_1^*} \right]$$

$$i_{c2} = \left[\frac{S_2}{V_2} \right]^* = \left[\frac{P_2 - jQ_2}{V_2^*} \right]$$

Reemplazando en las ecuaciones (1.3.1) y (1.3.2) se tiene :

$$V_1 = V_f - \left[\frac{(P_1 - jQ_1)}{V_1^*} + \frac{(P_2 - jQ_2)}{V_2^*} \right] \cdot Z_1$$

$$V_2 = V_1 - \left[\frac{(P_2 - jQ_2)}{V_2^*} \right] \cdot Z_2$$

Al considerar la carga como potencia constante se tiene un sistema no lineal en V_1 y V_2 , por lo que se requiere de un proceso iterativo para la solución, la misma que será más precisa según el criterio de convergencia utilizado en el proceso.

Este modelo es el que se usa generalmente en el cálculo de flujos de potencia en Sistemas Eléctricos.

En la figura No. 1.3.2 se puede observar para los tres modelos de carga descritos anteriormente, la variación de la potencia respecto de la variación de tensión.

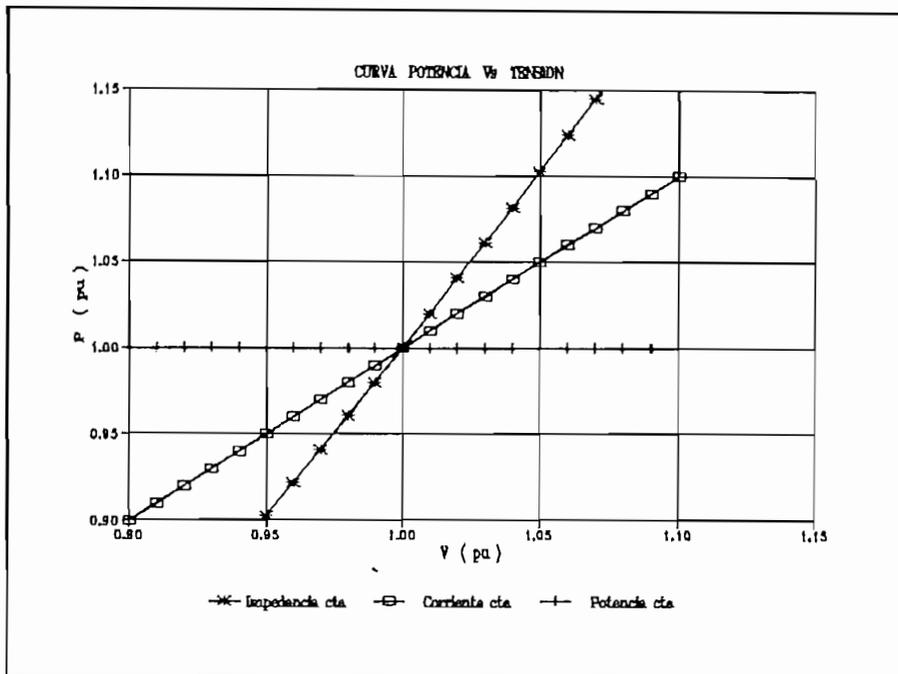


Figura No. 1.3.2

1.3.4 MODELO.

En los Sistemas de Distribución la mayor parte de las cargas corresponde a las de los motores de inducción, debido sobre todo al predominio del sector industrial sobre los sectores residencial y comercial, y ya que los motores tratan de mantener la potencia constante cuando se tiene variaciones de tensión, de allí que se utilice en el presente trabajo el modelo de potencia constante.

Con una futura incorporación de un programa para la administración de carga, se podrá considerar los diferentes tipos de carga, o modelos alternativos.

Se asume que todas las cargas son potencias complejas fijas ($S = P + jQ$) por fase. Se asume también que todas las cargas trifásicas están conectadas en Y con puesta a tierra y que todas las cargas bifásicas y monofásicas están conectadas con la línea a un neutro con puesta a tierra.

El modelo de carga trifásica utilizado en los programas es el de la figura No. 1.3.3 .

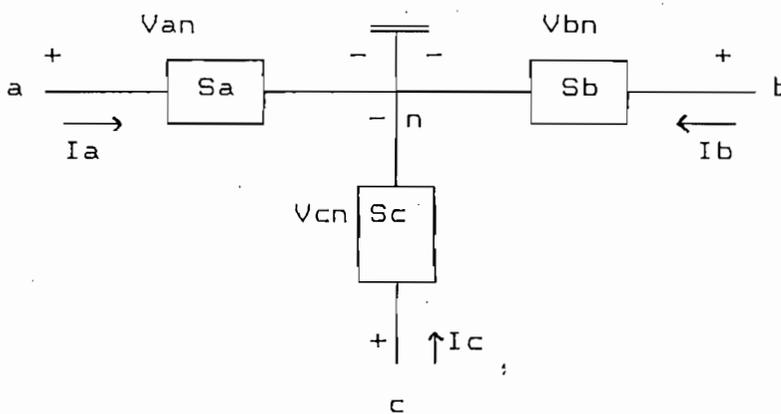


Figura No. 1.3.3

donde :

S_a , S_b y S_c son las potencias de las fases a, b y c.

I_a , I_b y I_c son las corrientes de carga.

V_{an} , V_{bn} y V_{cn} son los voltajes línea a neutro.

La modelación de cargas desequilibradas es cuando S_a , S_b y S_c tienen valores diferentes e incluso cero, que indica la ausencia de la fase respectiva, siendo esta la

forma como se modelan las cargas bifásicas y monofásicas. Por tanto el modelo de la figura No. 1.3.3 es el modelo de carga general.

Se asume también que las potencias de cada fase son conocidas y constantes, y que los voltajes de línea a neutro han sido especificados. Con estos datos las corrientes de carga se calculan así :

$$\begin{aligned} I_a &= (S_a / V_{an}) * \\ I_b &= (S_b / V_{bn}) * \\ I_c &= (S_c / V_{cn}) * \end{aligned} \quad (1.3.1)$$

1.4 DEFINICION DE CONDICIONES ACEPTABLES DE OPERACION EN ESTADO ESTACIONARIO .

Las condiciones normales de operación corresponden a la configuración regular del alimentador primario, sin tomar ni restarse carga con otros primarios del sistema, la misma que permite la continuidad de servicio y el suministro de voltaje a los usuarios dentro de los límites especificados en las normas.

Algunos criterios para la operación utilizados por la División Operativa de Distribución de la Empresa Eléctrica Quito S. A. son :

En condiciones normales :

- La demanda máxima permitida es hasta el 80% del límite térmico de cables y conductores del alimentador.
- Los transformadores de distribución deberían operar lo más cerca posible de su potencia nominal. Se debe cambiar el transformador si se tiene una sobrecarga mayor al 20% de su potencia nominal. Se puede tener hasta un 40% de sobrecarga en las horas pico como límite extremo.

En condiciones de emergencia :

- Si se ha producido la desconexión total o parcial de un alimentador primario ya sea por tener sobrecargas, cortocircuitos o porque se realiza mantenimiento, se trata de mantener el servicio mediante transferencias de carga, para lo cual hay que tomar en cuenta la carga que maneja el primario que recibe la transferencia, aceptándose hasta el 100% del límite térmico de sus líneas.

Debido a limitaciones en su mayor parte económicas es imposible proporcionar a cada usuario de un voltaje constante exactamente igual al voltaje de placa de sus aparatos ya que hay caídas de voltaje causadas por el flujo de corriente eléctrica a través de las impedancias de los

transformadores, conductores, cables, etc.

Por lo tanto para cualquier nivel de voltaje específico existen rangos de voltaje de operación que se consideran satisfactorios para la operación de los sistemas de distribución. Según la comisión mixta EEI-NEMA se divide el rango de variación en tres zonas de operación : favorable, tolerable y extrema. Ref. [5]

Zona Favorable : esta zona cubre un rango que incluye la tensión nominal de funcionamiento de la red, y se la acepta normalmente para el buen funcionamiento de los equipos. Los sistemas deben ser diseñados de modo que la mayoría de los voltajes de operación estén dentro de esta zona. Si se toma el voltaje nominal de 120 voltios, entonces el rango está comprendido entre 110 y 125 voltios.

El diseño de los alimentadores primarios debe ser tal que el primer abonado tenga un máximo voltaje permisible de 125 voltios durante condiciones de máxima carga y que el último abonado tenga el mínimo voltaje permisible de 110 voltios.

Zona Tolerable : incluye voltajes de operación ligeramente mayores o menores que la zona favorable, por lo que los equipos trabajan todavía satisfactoriamente. La operación en esta zona debe ser limitada tanto en tiempo como en número de abonados.

Zona Extrema : normalmente se la considera como un 2% a 3% por sobre o por debajo de la zona tolerable. La operación en esta zona debe ser temporal, por lo que se la hace únicamente en periodos de emergencia como es el caso de fallas, o en mantenimientos programados donde es necesario realizar transferencia de cargas para no suspender el servicio.

A esta clasificación hay que añadir una "zona prohibida" que está comprendida sobre y bajo la zona extrema, en la cual no debe funcionar jamás el sistema de distribución ya que se corre el riesgo del deterioro completo o parcial de los equipos conectados a él.

Ref. [5]

En el siguiente cuadro se tiene las diferentes zonas de voltaje de operación :

Voltaje nominal (voltios)	Zona Favorable	Zona Tolerable	Zona Extrema
120	110-125	107-127	103-131
120/240	110/220-125/250	107/214-127/254	103/209-131/260
120/208	114/197-125/217	111/193-127/220	107/190-131/225
240	210-240	200-250	190-260

Para estar dentro de la zona favorable, si se considera que la caída de voltaje promedio en el alambrado de distribución interior es de 3 voltios, entonces es necesario tener un voltaje igual o mayor a 113 voltios en los terminales de la acometida y medidor del último abonado, por lo tanto se tiene un rango de doce voltios (125-113 = 12) para la caída de tensión en los diferentes componentes del sistema de distribución primario y secundario. Ref. [5]

Para redes de distribución de tipo residencial según la E.E.Q.S.A. la caída máxima de tensión admisible en el punto más alejado de la fuente de alimentación, expresada en porcentaje del valor de la tensión nominal fase-tierra del sistema, no deberá superar los siguientes límites :

USUARIO	CAIDA ADMISIBLE	
	Alimentador	Circuito
TIPO	Primario	Secundario
A	2.0 %	3.0 %
B	3.5 %	3.5 %
C	3.5 %	3.5 %
D	3.5 %	3.5 %
E	6.0 %	4.0 %

1.5 METODO DE ANALISIS DE LAS CONDICIONES EN ESTADO
ESTACIONARIO PARA LOS SISTEMAS TRIFASICOS
DESEQUILIBRADOS.

El método más importante para el análisis de las condiciones en estado estacionario para un sistema trifásico desequilibrado es el estudio de flujos de potencia o flujos de carga trifásicos, ya que es posible considerar el desbalance tanto en las cargas como en las impedancias de las líneas, y además permite conocer :

- Voltajes, ángulos y desbalance de las fases A, B y C para cada uno de los puntos del sistema.
- Flujo de potencia activa y reactiva en los componentes del sistema. En este caso se presenta el flujo como corriente y ángulo en cada una de las fases, por ser de mayor interés para el estudio de los sistemas de distribución.
- Pérdidas en el sistema.
- Localización de líneas, reguladores y transformadores que permitan mejorar las condiciones de operación del sistema.
- Efecto que se produce en el sistema al cambiar los voltajes y localización de la barra de alimentación.

- Efecto de contingencias en los componentes del sistema.

- Efecto producido por el uso de condensadores y reguladores de voltaje.

- Efecto producido por el cambio o crecimiento de las cargas del sistema.

- Efecto producido por las transferencias de carga.

Para la modelación de los elementos del Sistema de Distribución, la formulación del problema del flujo de carga y la solución, se utiliza las componentes de fase (A,B,C), ya que permite realizar los cálculos de una manera directa y sencilla en las redes radiales de distribución.

CAPITULO II

FLUJOS DE CARGA Y PERFILES DE TENSION .

2.1 APLICACION DE LAS ECUACIONES DE CARSON PARA LA DETERMINACION DE LAS IMPEDANCIAS DE LAS LINEAS .

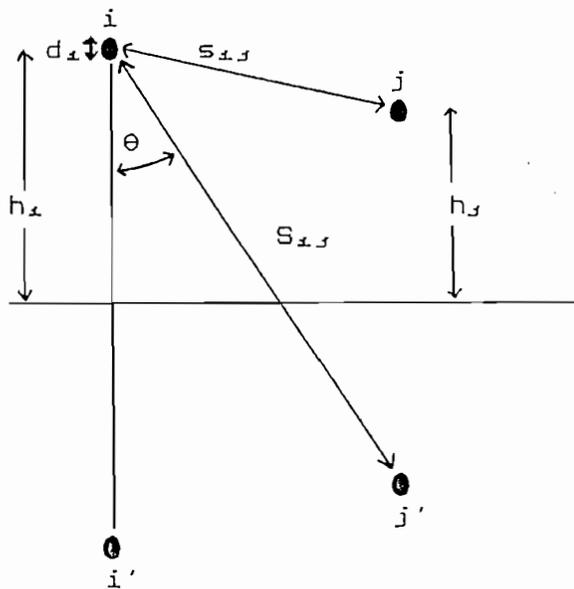
En un Sistema de Distribución no se tiene las corrientes trifásicas equilibradas debido a que existe un gran porcentaje de cargas monofásicas y en menor parte cargas bifásicas, que hacen que el sistema no sea balanceado. A esto hay que añadir que las líneas de distribución no son transpuestas, ni tampoco se puede suponer que la disposición de los conductores sea un triángulo equilátero.

Debido a las razones anteriores, para calcular las impedancias de las líneas se utiliza las ecuaciones de Carson por ser un método más preciso y sofisticado. Estas ecuaciones permiten calcular la impedancia propia de un conductor con retorno por tierra y la impedancia mutua entre dos conductores con retorno común por tierra para lo cual suponen una uniforme conductividad de la tierra, que sea semi-infinita en su extensión y esté considerada como un plano paralelo a los conductores.

2.1.1 ECUACIONES DE CARSON.

La imagen de un conductor es una línea paralela al conductor aéreo, cuya distancia bajo la superficie de la tierra es igual a la distancia que el conductor está sobre la superficie.

En la figura No. 2.1.1 se indica algunas de las variables utilizadas para las ecuaciones de Carson, en donde i' y j' son las imágenes de los conductores i y j respectivamente.



4

Figura No. 2.1.1

$$Z_{ii} = z_i + j2W \ln \frac{4h_i}{d_i} + J_{ii} \quad (2.1.1)$$

$$Z_{ij} = j2W \ln \frac{S_{ij}}{s_{ij}} + J_{ij} \quad (2.1.2)$$

donde :

S_{ij} = distancia del conductor i a la imagen del conductor j en cm

s_{ij} = distancia del conductor i al conductor j en cm

d_i = diámetro del conductor i en cm

$h_i = h - \frac{2}{3} \cdot \text{flecha}$ = altura efectiva sobre la tierra del conductor i en cm

h = altura del conductor i en cm

flecha = valor de la flecha en cm para un vano determinado

Z_{ii} = impedancia propia del conductor i en abohmios/cm

Z_{ij} = impedancia mutua entre los conductores i y j en abohmios/cm

$z_i = r_i + j X_i$ = impedancia interna del conductor en abohmios/cm

r_i = resistencia interna en abohmios/cm

X_i = reactancia interna en abohmios/cm

$$X_i = 28.93409203 \cdot f \cdot \log_{10} \frac{r}{r_{mg}}$$

r = radio del conductor

r_{mg} = radio medio geométrico del conductor

f = frecuencia del sistema en Hz

$W = 2 \cdot \pi \cdot f =$ velocidad angular en rad/seg

$J = 4 \cdot W \cdot (P + j Q) =$ impedancia que toma en cuenta la conductividad finita de la tierra

$J = 0$ para una perfecta conductividad de la tierra

1 abohmio = $1e^{-9}$ ohmio

Expandiendo las ecuaciones se tiene :

$$Z_{ii} = (r_i + 4W P) + j(x_i + 2W \ln \frac{4h_i}{d_i} + 4W Q) \quad (2.1.3)$$

$$Z_{ij} = 4W P + j(2W \ln \frac{S_{ij}}{s_{ij}} + 4W Q) \quad (2.1.4)$$

La determinación de P y Q requiere la evaluación de una serie infinita en función de K y del ángulo theta siendo :

$$K = 4\pi h_i \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-11} f}{\rho}} \quad \text{Para la impedancia propia} \quad (2.1.5)$$

$$\theta = 0 \quad (2.1.6)$$

$$K = 2\pi S_{ij} \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-11} f}{\rho}} \quad \text{Para la impedancia mutua} \quad (2.1.7)$$

$$\theta = \arccos\left(\frac{h_i + h_j}{S_{ij}}\right) \quad (2.1.8)$$

donde :

ρ = resistividad de la tierra en ohmiosXm

θ = ángulo formado entre la línea de un conductor a su propia imagen y la línea del conductor a la imagen del segundo conductor

Los valores de P y Q son :

$$P = \frac{\Pi}{8} - \frac{K \cos\theta}{3\sqrt{2}} + \frac{K^2}{16} \cos 2\theta (0.6728 + \ln \frac{2}{K}) + \frac{K^2}{16} \theta \sin 2\theta + \frac{K^3 \cos 3\theta}{45\sqrt{2}} - \frac{\Pi K^4 \cos 4\theta}{1536} \quad (2.1.9)$$

$$Q = -0.0386 + \frac{1}{2} \ln \frac{2}{K} + \frac{1}{3\sqrt{2}} K \cos\theta - \frac{\Pi K^2 \cos 2\theta}{64} + \frac{K^3 \cos 3\theta}{45\sqrt{2}} + \frac{K^4 \theta \sin 4\theta}{384} - \frac{K^4 \cos 4\theta}{384} (\ln \frac{2}{K} + 1.0895) \quad (2.1.10)$$

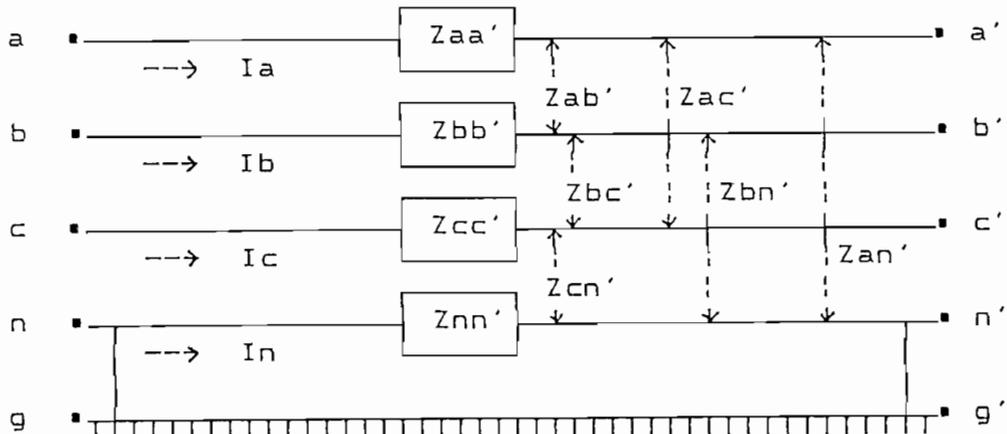


Figura No. 2.1.2 Modelo Lineal Trifásico de cuatro hilos

Para un sistema trifásico de cuatro hilos, con puesta a tierra tipo Y, cuyo modelo es el de la figura No. 2.1.2 , las ecuaciones de Carson llevarán a desarrollar una matriz de impedancia de 4x4, que se caracteriza por ser compleja y simétrica. Esta matriz permite calcular las caídas de voltaje en los conductores en la forma indicada en la ecuación (2.1.11) .

$$\begin{array}{|c|} \hline V_{ag} - V_{a'g} \\ \hline V_{bg} - V_{b'g} \\ \hline V_{cg} - V_{c'g} \\ \hline V_{ng} - V_{n'g} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline Z_{aa'} & Z_{ab'} & Z_{ac'} & Z_{an'} \\ \hline Z_{ba'} & Z_{bb'} & Z_{bc'} & Z_{bn'} \\ \hline Z_{ca'} & Z_{cb'} & Z_{cc'} & Z_{cn'} \\ \hline Z_{na'} & Z_{nb'} & Z_{nc'} & Z_{nn'} \\ \hline \end{array} \begin{array}{|c|} \hline I_a \\ \hline I_b \\ \hline I_c \\ \hline I_n \\ \hline \end{array} \quad (2.1.11)$$

2.1.2 ELIMINACION DE CONDUCTORES NEUTROS PUESTOS A TIERRA.

La matriz de impedancias para un simple circuito trifásico (a,b,c) con dos conductores neutros puestos a tierra (w,v) se puede expresar en forma particionada así :

$$\begin{array}{|c|} \hline V_{abc} \\ \hline V_{wv} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|c|} \hline Z_A & Z_B \\ \hline Z_C & Z_D \\ \hline \end{array} \begin{array}{|c|} \hline I_{abc} \\ \hline I_{wv} \\ \hline \end{array} \quad (2.1.12)$$

Expandiendo (2.1.12) y conociendo que los voltajes en los conductores neutros son cero se tiene :

$$V_{abc} = Z_A \cdot I_{abc} + Z_B \cdot I_{wv} \quad (2.1.13)$$

$$0 = Z_C \cdot I_{abc} + Z_D \cdot I_{wv} \quad (2.1.14)$$

despejando I_{wv} de (2.1.14) :

$$I_{wv} = - Z_D^{-1} \cdot Z_C \cdot I_{abc} \quad (2.1.15)$$

sustituyendo (2.1.15) en (2.1.13) :

$$V_{abc} = (Z_A - Z_B \cdot Z_D^{-1} \cdot Z_C) \cdot I_{abc} \quad (2.1.16)$$

Si :

$$Z_{abc} = Z_A - Z_B \cdot Z_D^{-1} \cdot Z_C \quad (2.1.17)$$

Se llega a la ecuación:

$$V_{abc} = Z_{abc} \cdot I_{abc} \quad (2.1.18)$$

La configuración de cinco conductores ha sido reducida a un circuito equivalente de tres conductores por la reducción de impedancia de la ecuación (2.1.17). Esta técnica se aplica a cualquier número de circuitos con cualquier número de conductores neutros puestos a tierra.

2.1.3 ECUACIONES DE CAIDA DE VOLTAJE EN LAS LINEAS.

Para el circuito de la figura No. 2.1.2, con un conductor neutro con puesta a tierra, se tiene :

$$V_{ng} - V_{n'g} = 0 \quad (2.1.19)$$

Reemplazando en la ecuación (2.1.17) los valores de las impedancias se llega a obtener :

$$Z_{ij} = Z_{ij}' - (Z_{in}' \cdot Z_{nj}') / Z_{nn}' \quad (2.1.20)$$

para $i = a, b, c$

para $j = a, b, c$

donde Z_{ij} es un elemento de la matriz Z_{abc} .

Reemplazando (2.1.20) en (2.1.18) se llega a la siguiente ecuación :

$$\begin{array}{|c|} \hline V_{aa'} \\ \hline V_{bb'} \\ \hline V_{cc'} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline V_{ag} - V_{a'g} \\ \hline V_{bg} - V_{b'g} \\ \hline V_{cg} - V_{c'g} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|c|c|} \hline Z_{aa} & Z_{ab} & Z_{ac} \\ \hline Z_{ba} & Z_{bb} & Z_{bc} \\ \hline Z_{ca} & Z_{cb} & Z_{cc} \\ \hline \end{array} \begin{array}{|c|} \hline I_a \\ \hline I_b \\ \hline I_c \\ \hline \end{array} \quad (2.1.21)$$

La figura No. 2.1.3 representa el modelo final para una línea trifásica de cuatro hilos con puesta a tierra tipo Y :

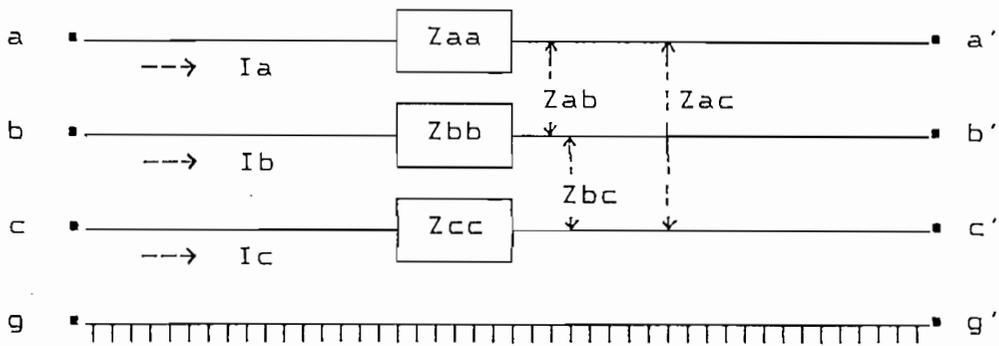


Figura No. 2.1.3 Modelo Lineal Trifásico resultante

La misma metodología se aplica para líneas bifásicas y monofásicas. En el caso de una línea bifásica que tiene las fases a y b, las ecuaciones de Carson determinan una matriz 3x3 (a,b,n), la que se reduce a una matriz 2x2 (a,b) con la aplicación de la ecuación (2.1.20).

En vista de que se trabaja con matrices 3x3, la matriz 2x2 se expande a una matriz 3x3 colocando ceros en la fila y columna de la fase que no existe, b en este ejemplo, dando la siguiente ecuación matricial para el cálculo de la caída de voltaje en la línea :

$$\begin{bmatrix} V_{aa'} \\ V_{bb'} \\ V_{cc'} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_{ag} - V_{a'g} \\ V_{bg} - V_{b'g} \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{aa} & Z_{ab} & 0 \\ Z_{ba} & Z_{bb} & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ 0 \end{bmatrix} \quad (2.1.22)$$

Para el caso de la línea monofásica de la figura No. 2.1.4, las ecuaciones de Carson producen una matriz 2x2, la misma que reducida con la ecuación (2.1.20) consta de un sólo término. Sin embargo en una línea monofásica la corriente de fase retorna por el conductor neutro, por esta razón para reducir la matriz 2x2 se hace el siguiente procedimiento :

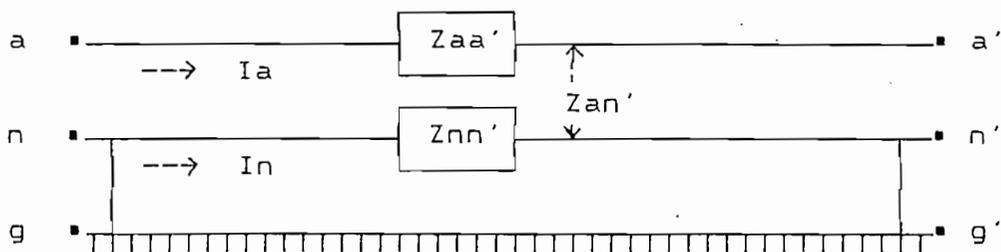


Figura No. 2.1.4 Línea Monofásica

La ecuación de caída de voltaje en la fase a es :

$$V_{aa'} = V_{an} - V_{a'n} \quad (2.1.23)$$

$$V_{aa'} = Z_{aa'} \cdot I_a + Z_{an'} \cdot I_n - Z_{nn'} \cdot I_n - Z_{na'} \cdot I_a \quad (2.1.24)$$

Como toda la corriente de fase retorna por el paralelo del neutro y tierra : Ref. [1]

$$I_n = - I_a \quad (2.1.25)$$

Sustituyendo (2.1.25) en (2.1.24) :

$$V_{aa'} = (Z_{aa'} + Z_{nn'} - Z_{an'} - Z_{na'}) \cdot I_a \quad (2.1.26)$$

Entonces la impedancia monofásica se define así :

$$Z_{1\phi} = Z_{aa'} + Z_{nn'} - Z_{an'} - Z_{na'} \quad (2.1.27)$$

Expandiendo a una matriz 3x3, se colocan ceros en las filas y columnas de las fases que no existen, en este caso las fases b y c, dando la siguiente ecuación matricial :

$$\begin{array}{|c|} \hline V_{aa'} \\ \hline V_{bb'} \\ \hline V_{cc'} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline V_{an} - V_{a'n} \\ \hline 0 \\ \hline 0 \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|c|c|} \hline Z_{1\phi} & 0 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline \end{array} \begin{array}{|c|} \hline I_a \\ \hline I_b \\ \hline 0 \\ \hline \end{array}$$

(2.1.28)

Todos los tipos de líneas pueden usar la figura No. 2.1.3 como modelo, y utilizar la ecuación (2.1.21) para calcular la caída de voltaje en las mismas. En el caso de líneas bifásicas y monofásicas, se coloca ceros en las filas y columnas de las fases que no existen.

2.1.4 CABLES SUBTERRANEOS.

Las impedancias mutua y propia de un cable con retorno por tierra, se pueden calcular con las ecuaciones de Carson con la altura igual a cero, pero no las capacitancias, ya que varían con el tipo de cable, y se obtienen por medio de transformaciones propias.

En el caso de los Sistemas de Distribución las pérdidas en el forro metálico o conductor neutro concéntrico de los cables tripolares se pueden despreciar debido a que su contribución es muy insignificante para cables de corta longitud. Por lo tanto los parámetros de cables tripolares se pueden calcular de manera similar al caso aéreo sin neutro.

Para el cálculo de la impedancia propia Z_{ii} , ya que la constante K vale cero, en vez de la ecuación (2.1.3) se utiliza la siguiente :

$$Z_{ii} = (r_i + 4 W P) + j(x_i + X_{ii-g})$$

siendo :

$$P = \frac{\Pi}{8}$$

$$X_{ii-g} = 2W \left(\ln \left(\frac{2}{\Pi d_i} \sqrt{\frac{\rho}{2 \cdot 10^{-11} f}} \right) - 0.0772 \right)$$

2.2. METODO ITERATIVO PARA EL ANALISIS DE UNA RED RADIAL .

Una red es radial cuando sólo tiene un paso simultáneo para la alimentación a la carga.

Puesto que el modelo de carga asumido es el de potencias complejas constantes, como se puede observar en la figura No. 2.2.1 , la red radial es no lineal y necesita de un proceso iterativo para calcular los voltajes y corrientes.

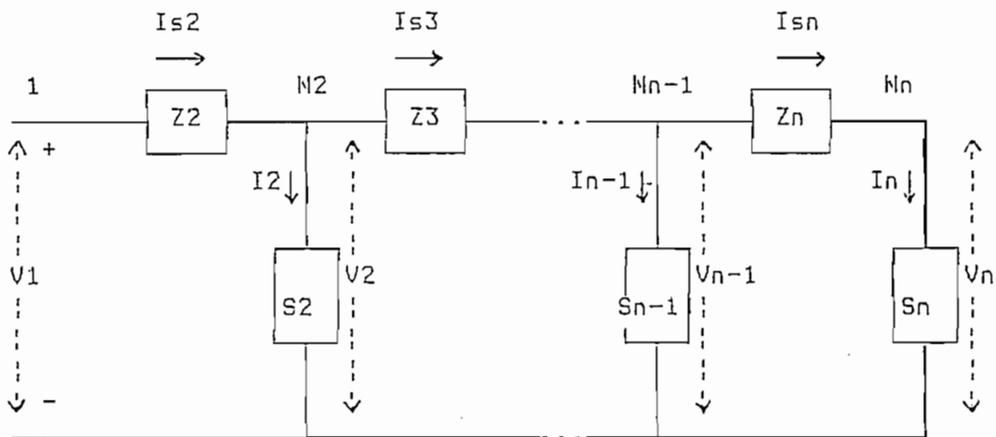


Figura No. 2.2.1 Red Radial No Lineal

El proceso iterativo consiste primero en asumir un voltaje inicial, generalmente 1.0 pu, en cada uno de los nodos excepto para el nodo de la Subestación cuyo voltaje V_1 es un valor que se supone conocido.

En base a una condición monofásica, para cada nodo (N_k) de la red se calcula la corriente de carga (I_k) con la siguiente ecuación :

$$I_k = (S_k / V_k) * \quad (2.2.1)$$

para $k = 2, 3, \dots, n$

donde :

I_k = Corriente de carga del nodo \underline{k}

S_k = Potencia de carga del nodo \underline{k}

V_k = Voltaje inicial del nodo \underline{k}

Luego se calcula la caída de voltaje (DV_k) en cada una de las secciones de impedancia (Z_k) con la ecuación :

$$DV_k = I_{sk} \cdot Z_k \quad (2.2.2)$$

donde :

DV_k = Caída de voltaje en la sección \underline{k}

I_{sk} = Corriente que circula por la sección \underline{k}

Z_k = Impedancia de la sección \underline{k}

La corriente que circula por la sección \underline{k} (I_{sk}) es la suma de la corriente de carga del nodo de recepción

(I_k) más la corriente de la sección $k+1$ conectada al nodo (I_{k+1}).

$$I_{sk} = I_k + I_{k+1} \quad (2.2.3)$$

Por ejemplo :

$$\text{para la sección } \underline{n} : I_{sn} = I_n$$

$$\text{para la sección } \underline{2} : I_{s2} = I_2 + I_{s3}$$

Como se conoce las caídas de voltaje en cada una de las secciones, ahora se parte desde el nodo más cercano a la Subestación (N_2) hasta el nodo más alejado (N_n), para calcular los nuevos voltajes de los nodos con la ecuación :

$$V_k = V_{k-1} - DV_k \quad (2.2.4)$$

Por ejemplo :

$$\text{para el nodo } N_2 : V_2 = V_1 - DV_2$$

$$\text{para el nodo } N_n : V_n = V_{n-1} - DV_n$$

Con los nuevos valores de voltaje se repite el proceso anterior hasta que la diferencia de los voltajes entre dos iteraciones inmediatas, sea menor que el criterio de convergencia utilizado.

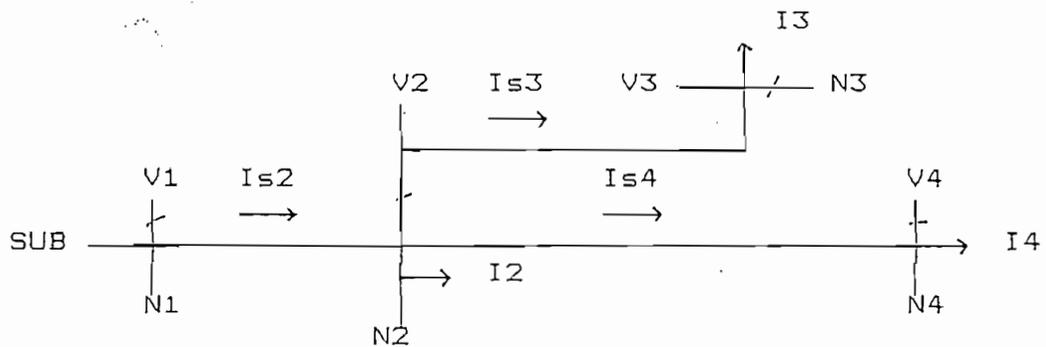


Figura No. 2.2.2 Troncal Alimentadora con Derivación.

En un sistema de distribución típico, como el de la figura No. 2.2.2, que tiene derivaciones laterales desde la troncal alimentadora, y estas a su vez tienen sublaterales, la corriente para la sección 2 (I_{s2}), entre los nodos N1 y N2, será :

$$I_{s2} = I_2 + I_{s3} + I_{s4}$$

Este proceso se amplía para el caso trifásico utilizando la ecuación (1.3.1) para calcular las corrientes en cada una de las fases, y la ecuación (2.1.21) para calcular las caídas de voltaje en las secciones trifásicas, de esta manera se incluye el desequilibrio tanto en las líneas como en las cargas.

2.3 MODELOS DE REGULADORES DE VOLTAJE, TRANSFORMADORES DE LINEA Y CAPACITORES .

2.3.1 REGULADORES DE VOLTAJE.

Un regulador de voltaje es un autotransformador regulable automáticamente, que posee dos bobinados, y de acuerdo con la tensión deseada excitará un control electrónico, el mismo que regula el nivel de voltaje a través del segundo bobinado.

Un concepto importante que hay que tomar en cuenta en el uso de los reguladores es el rango de regulación, que es el porcentaje de variación del voltaje de entrada al regulador con respecto al de salida. Se lo calcula con la siguiente fórmula :

$$\%R = \frac{|V2| - |V1|}{|V1|} \cdot 100$$

donde :

V1 = tensión de entrada al regulador

V2 = tensión de salida del regulador

Hay dos tipos de reguladores : de paso y de inducción, siendo el de paso el más utilizado por su menor costo.

2.3.1.1 Reguladores tipo Paso.

El regulador tipo paso es un autotransformador que tiene conectado en paralelo el bobinado primario de excitación, y el otro bobinado conectado en serie con la línea. Los taps del bobinado serie están conectados a un mecanismo que cambia los taps en forma automática.

El número de pasos que puede tener el regulador tipo paso es de 8, 16 ó 32. El rango de regulación estándar es de -10% a +10% .

Hay dos tipos básicos: los tipo estación que están instalados generalmente en las barras de las subestaciones; y los tipo distribución que se los usa en alimentadores de distribución.

2.3.1.2 Aplicación.

Los reguladores de voltaje se hallan en la subestación como transformadores con cambiador de tomas bajo carga (LTC) y en casos especiales como reguladores tipo estación; o en unidades trifásicas o monofásicas en cualquier parte del alimentador.

Cuando están en un alimentador, por la capacidad térmica de los conductores y la economía de las pérdidas en las líneas se limita el número de reguladores en serie,

usualmente su número es dos, a veces tres. Se usan en los sitios en que la caída de voltaje sale de los límites permisibles.

2.3.1.3 Calibración y Control.

Los componentes de mayor importancia para el control y calibración del regulador (ver figura No. 2.3.1) son :

a) El relé de control de voltaje (RCV) que recibe la señal de voltaje del circuito, y si está fuera de los límites aceptables, hace que el regulador opere elevando o disminuyendo el voltaje en los terminales de salida.

El -incremento o caída de voltaje en el alimentador está limitado por el ancho de banda (A.B.) , que "es el rango de voltaje dentro del cual el regulador no responde a las variaciones de voltaje".⁴

El ancho de banda debe calibrarse de una manera que permita que el primero y último consumidor reciban un voltaje que esté dentro de la zona favorable. El ancho de banda mínimo es 1.5 veces la variación de un paso del regulador. Generalmente se utiliza un A.B. de 2.0 voltios, o un valor mayor a 2.0 veces la variación de un paso del regulador. Ref. [5]

⁴ Orejuela, V. , "Distribución II", Facultad de Ingeniería Eléctrica, E.P.N., Quito, 1987, pg. 15 .

Al reducirse el ancho de banda, la longitud y carga del alimentador a ser regulado puede ser incrementada, pero se incrementa el número de operaciones. El ancho de banda no debe ser menor a la variación de un paso para evitar que el regulador entre en un proceso de oscilación al tratar de subir y bajar el voltaje constantemente. Ref. [5]

b) El relé de retardo de tiempo que hace que el regulador controle el voltaje sólo cuando hay una variación de voltaje que dure determinado tiempo, para evitar un excesivo número de operaciones. Se puede calibrar entre 10 y 130 segundos; cuando se tiene dos o más reguladores en serie en el alimentador, el que está más cercano a la subestación debe operar primero, para lo cual debe tener el menor retardo de tiempo.

c) El compensador de caída de voltaje en la línea (LDC) que se utiliza cuando se desea regular en un punto alejado al regulador. Consiste de una resistencia (RLDC) y una reactancia inductiva (XLDC) en la que se simula las caídas de tensión ocurridas en el alimentador, desde el sitio de instalación del regulador hasta el punto de regulación (PR).

Una mayor información acerca del uso de reguladores de voltaje en alimentadores de distribución se encuentra en la Referencia [10].

2.3.1.4 Modelo.

En la figura No. 2.3.1 se tiene un simple esquema del circuito de control y del compensador de caída de voltaje en la línea, de un regulador de voltaje monofásico :

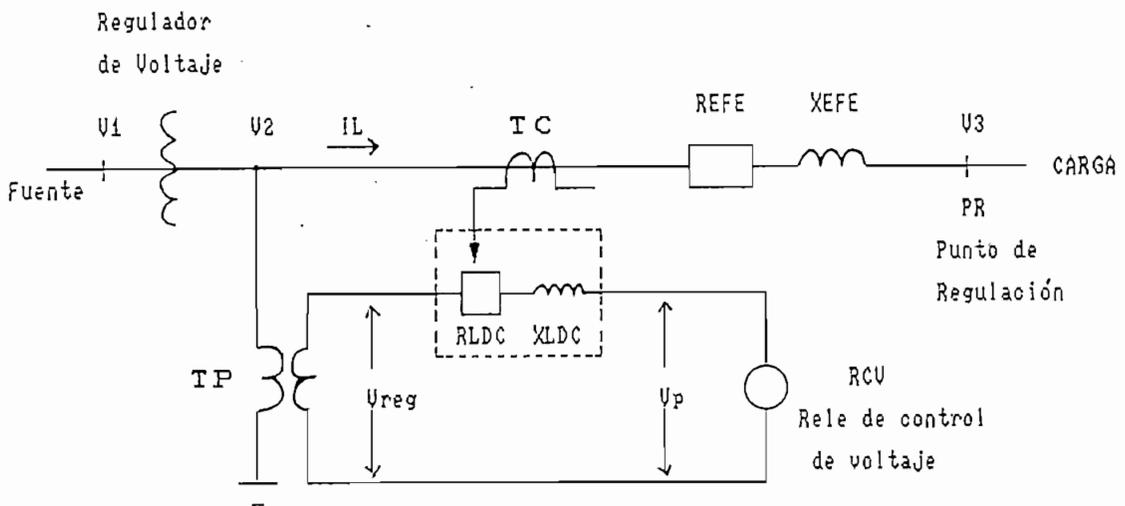


Figura No. 2.3.1

Los valores del compensador de caída de voltaje son :

$$RLDC = 120 \cdot \frac{TC}{TP} \cdot REFE \quad [V]$$

$$XLDC = 120 \cdot \frac{TC}{TP} \cdot XEFE \quad [V]$$

donde :

TC = primario del transformador de corriente en amperios

TP = primario del transformador de potencial en voltios (se asume que el voltaje del secundario es 120 V)

REFE y XEFE son la resistencia y reactancia equivalentes del alimentador desde el sitio de instalación del regulador hasta el punto de regulación, y los valores se calculan así :

$$ZEFE = REFE + jXEFE = \frac{V2 - V3}{IL}$$

donde :

V2 = voltaje en la salida del regulador

V3 = voltaje en el punto de regulación

IL = corriente de carga en la salida del regulador

El programa permite modelar 7 arreglos de reguladores tipo paso, todos con el neutro conectado a tierra. Los arreglos corresponden a las diferentes fases que se pueden tener, esto es :

ABC, AB, AC, BC, A, B, C

Los reguladores pueden estar en serie a lo largo del alimentador principal y/o en los laterales.

Se tiene dos opciones :

1.- El voltaje en el punto de regulación se mantiene constante, por lo que se ajustan los taps y se calculan los valores de RLDC y XLDC requeridos para el compensador.

2.- Los valores de RLDC y XLDC se especifican, por lo que se ajustan los taps y se calcula el voltaje resultante en el punto de regulación.

2.3.2 TRANSFORMADORES DE LINEA.

Este transformador sirve para cambiar el nivel de tensión nominal desde algún punto del alimentador en adelante, con el objeto de que se puedan interconectar ramales del sistema con diferentes tensiones nominales (como en el caso de la Empresa Eléctrica Quito S.A. en donde se está operando con los niveles de 6.3 , 13.2 y 23.0 kV) .

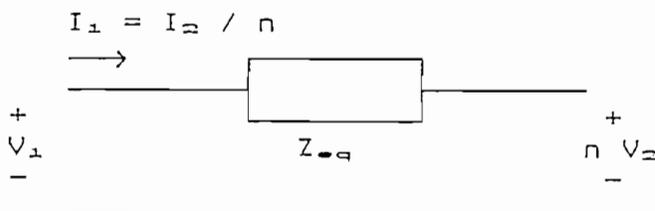


Figura No. 2.3.2 Modelo del Transformador por fase

El modelo que se utiliza para cada fase, es el de la figura No. 2.3.2 , que corresponde al circuito equivalente simplificado de un transformador monofásico de dos bobinados, en el cual se asume que la corriente de excitación es despreciable frente a la corriente de carga, siendo :

I_1 = corriente del primario

I_2 = corriente del secundario

$n = n_1 / n_2$ = relación de vueltas

Z_{eq} = impedancia equivalente del transformador
referida al primario

$$\begin{aligned} Z_{eq} &= Z_1 + n^2 \cdot Z_2 \\ &= R_{eq} + j X_{eq} \end{aligned}$$

donde :

$$Z_1 = R_1 + j X_{l1}$$

$$Z_2 = R_2 + j X_{l2}$$

Por tanto la resistencia y reactancia equivalentes referidas al primario son :

$$R_{eq} = R_1 + n^2 R_2$$

$$X_{eq} = X_{l1} + n^2 X_{l2}$$

Se puede utilizar 7 arreglos de transformadores de línea en el programa, todos con el neutro conectado a tierra. Los arreglos corresponden a las diferentes fases que se pueden tener, esto es :

ABC, AB, AC, BC, A, B, C

2.3.3 CAPACITORES.

Los capacitores se usan para suplir la demanda de reactivos en los sistemas de distribución. Si se tiene un alto consumo de reactivos los transformadores de la subestación pueden funcionar sobrecargados o en el límite de su capacidad térmica; se puede tener bajos factores de potencia, lo que aumenta las pérdidas del sistema; y tener caídas excesivas de tensión en las líneas de distribución.

La compensación de reactivos se hace por medio de los condensadores estáticos (los más usados debido a su bajo costo) que pueden estar conectados en serie o en paralelo, y por condensadores sincrónicos. Pueden estar localizados en las subestaciones o en cualquier parte de los alimentadores.

Se conectan en paralelo o derivación cuando se quiere reducir las pérdidas de potencia y energía; incrementar los

niveles de tensión y capacidad del sistema y para mejorar el factor de potencia. Si hay una demanda variable de potencia reactiva en el sistema se utilizan bancos de capacitores que pueden entrar en operación en forma manual o automática, para evitar que en mínima demanda se tenga tensiones mayores a la nominal.

Los capacitores se usan en el lado de alta o baja tensión de la subestación cuando :

- La subestación alimenta directamente una carga importante.
- No se pueden instalar más capacitores en paralelo fijos en las líneas, por tener en mínima demanda altos niveles de tensión.
- Se desea tener un control de operación más directo del uso de los capacitores.

Se usan en alimentadores para localizarlos más cerca de los centros de carga. Se los ubica generalmente en los primarios ya que el costo por kVAR instalado aumenta conforme se acerca más a la carga.

Los principales beneficios de usar capacitores son :

- a) Hay reducción o eliminación de inversiones en las líneas para satisfacer el incremento de las cargas.
- b) Se reducen los costos de operación ya que se aumenta el factor de potencia, y por tanto hay una reducción de pérdidas de potencia y energía.
- c) Se aumenta el rendimiento pues los ingresos por concepto de los kW-h consumidos por las cargas son más elevados al aumentar el nivel de tensión.

Un estudio detallado y completo del uso de capacitores se lo puede encontrar en la Referencia [10].

En el programa sólo se considera los capacitores en derivación por ser los de mayor uso y el modelo utilizado es el de potencia reactiva fija; por lo tanto se deben ingresar los kVAR de los condensadores en las fases respectivas de los nodos en que se hallan localizados. Además se permite simular la conexión o desconexión manual de los capacitores en cada nodo, con el dato de estado de conexión.

CAPITULO III .

RECONFIGURACION DE ALIMENTADORES .

3.1 CRITERIOS DE RECONFIGURACION .

Los criterios principales para la reconfiguración de los alimentadores son :

- 1) Procurar la continuidad de servicio cuando se haya producido la desconexión de un alimentador primario o parte de él debido a un mantenimiento, trabajo programado, sobrecarga, condiciones de emergencia, fallas u otras condiciones anómalas, para lo cual se hace transferencias de carga entre primarios con el fin de mantener el servicio. El primario que recibe la transferencia debe ser capaz de soportar la carga transferida.
- 2) Encontrar un mejor nivel de operación para el sistema en condiciones normales.
- 3) Las características dinámicas del sistema, que hacen necesaria la reorganización de las redes para definir áreas de influencia que estén acordes a la situación y capacidad de las subestaciones.
- 4) La importancia relativa de la carga y del

mantenimiento del suministro para encontrar la mejor ubicación de las transferencias de carga.

- 5) La planificación del sistema que hace cambios o adiciones en las redes con el fin de abastecer el crecimiento de la demanda.

Para hacer la reconfiguración de alimentadores, es indispensable que la red de distribución tenga equipos de seccionamiento y protección, los mismos que facilitan la operación y mantenimiento de la red, y ayudan a tener un índice razonable de confiabilidad en el servicio.

3.2 EQUIPOS DE SECCIONAMIENTO, MODELOS

Los equipos que se usan en redes aéreas son :

3.2.1 SECCIONADORES.

Los seccionadores pueden ser :

- 1) Seccionador tripolar operado en grupo : es un equipo de seccionamiento manual que puede operar con carga.
- 2) Seccionador-fusible unipolar : es un equipo de seccionamiento manual que opera sin carga, y que permite una protección de sobrecorriente a través de

un elemento fusible incorporado. Puede interrumpir algunas corrientes de valor limitado como por ejemplo las corrientes de magnetización de transformadores de distribución.

3) Seccionador-fusible unipolar para operación con carga: es un equipo que sirve para protección contra sobrecargas y cortocircuitos, que permite también interrumpir la corriente de carga.

4) Seccionador unipolar : es un equipo de seccionamiento manual que opera sin carga. Puede interrumpir corrientes de valor limitado como las de magnetización de transformadores de distribución.

3.2.2 RECONNECTADOR.

Es un equipo de control automático diseñado para interrumpir corrientes de falla y sobrecarga. Los mecanismos de operación permiten varias reconexiones para detectar si la falla es temporal o permanente, luego de repetir la secuencia de apertura y cierre. Además permite el corte de corrientes de carga mediante el accionamiento manual.

Hay dos tipos de reconectores, que dependen del control utilizado y son :

- 1) Control hidráulico : utilizan como medio de interrupción y aislamiento el aceite, que junto con mecanismos hidráulicos contenidos dentro del dispositivo como son las bombas y válvulas, forman el control hidráulico. Está asociado con bobinas de disparo serie las cuales sensan la sobrecorriente.

En los reconectadores monofásicos y trifásicos de baja capacidad el aceite sirve como medio de interrupción de la corriente de falla, para aislamiento y para los mecanismos de temporización al corte y operaciones de recierre. Los reconectadores trifásicos de gran capacidad, utilizan además del aceite, un fluido especial para el mecanismo de temporización de las operaciones retardadas. Ref. [9]

- 2) Control electrónico : tiene bobinas de disparo en paralelo para sensar la falla.

3.2.3 SECCIONALIZADOR.

Los seccionalizadores no disponen de las curvas tiempo-corriente, por ello son utilizados en conjunto con un reconectador automático que está localizado hacia el lado de alimentación y que actúa como elemento de respaldo.

No interrumpe corrientes de falla, por eso está provisto de un mecanismo que registra las operaciones del reconectador y que efectúa la apertura permanente del circuito durante el intervalo en que tiene lugar la desconexión del reconectador anterior a la última de su ciclo. Puede interrumpir corrientes de carga mediante accionamiento manual.

Los seccionalizadores se clasifican según su aislamiento, medio de interrupción (aceite, aire, vacío) o por su control que puede ser una bobina serie en el caso de los hidráulicos, y bobina shunt para los electrónicos.

3.2.4 MODELO.

Cada uno de los equipos de seccionamiento puede estar localizado en cualquier sección, regulador o transformador del alimentador, y se lo puede representar a través del estado de conexión del elemento serie.

Un estado de conexión 0 indica que está desconectado el elemento serie, o sea que el equipo de seccionamiento está abierto, y un estado de conexión 1 indica que está conectado el elemento serie, es decir que el equipo de seccionamiento está cerrado.

3.3 ALGORITMO .

La reconfiguración de alimentadores se la puede hacer por el cambio del nodo de la subestación (nodo desde el cual empieza el alimentador), y/o cambiando el estado de conexión de los elementos serie de cualquier alimentador.

A partir del nodo de la subestación, se busca todas las secciones, reguladores y transformadores de la Empresa activa que forman parte de la nueva configuración del alimentador, para lo cual se descarta los elementos serie que tienen un estado de conexión 0 (desconectados) y los que no permiten una consistencia en las fases y magnitud de voltaje de los nodos añadidos al alimentador.

La transferencia de carga entre dos o más alimentadores de una misma subestación o de diferentes, se la hace con la conexión de los respectivos elementos serie que sirven como switch de transferencia entre los alimentadores.

Las variables utilizadas en el algoritmo son :

BSUB = nodo de la subestación

ter = variable para determinar si un nodo es terminal

i = puntero a los vectores NR , T

j = puntero a los vectores NR , NE , R

k = puntero a los vectores NDE , NDR , EC , AY

NDE = vector que contiene el nodo de envío de los elementos

NDR = vector que contiene el nodo de recepción de los
elementos

EC = vector que contiene el estado de conexión del elemento
(1 es conectado , 0 es desconectado)

AY = vector para no tomar en cuenta dos veces al mismo
elemento cuando se hace la búsqueda por el nodo de
recepción (1 si se ha tomado en cuenta , 0 no)

NR = vector que contiene el nodo de recepción de los
elementos que forman la topología del alimentador

NE = vector que contiene el puntero al nodo de envío de los
elementos del alimentador, en el vector NR

T = vector que indica si los nodos del vector NR son
terminales (1 terminal , 0 si no)

R = vector que indica si se intercambia el nodo de envío

por el nodo de recepción en un elemento (1 si hay cambio , 0 si no)

El algoritmo para formar la configuración de un alimentador es el siguiente :

Asignar $i = 0$, $j = 0$, $NR_i = \text{BSUB}$

Mientras $i \leq j$.

Asignar $ter = j$

Para cada k tal que ($NDE_k = NR_i$ y $EC_k = 1$ y $AY_k = 0$) , hacer :

$j = j + 1$, $NR_j = NDR_k$, $NE_j = i$, $AY_k = 1$

Para cada k tal que ($NDR_k = NR_i$ y $EC_k = 1$ y $AY_k = 0$) , hacer :

$j = j + 1$, $NR_j = NDE_k$, $NE_j = i$, $AY_k = 1$, $R_j = 1$

Si $j = ter$, entonces hacer : $T_i = 1$

Asignar $i = i + 1$

En la figura No. 3.3.1 se puede observar el esquema de dos subestaciones con su respectivo alimentador. En condiciones normales se tiene desconectada la línea entre los nodos B2 y B4 .

Se desea reconfigurar el alimentador de la S/E 1 , para lo cual se conecta la línea entre los nodos B2 y B4 , y se desconecta la línea entre los nodos B7 y B9 .

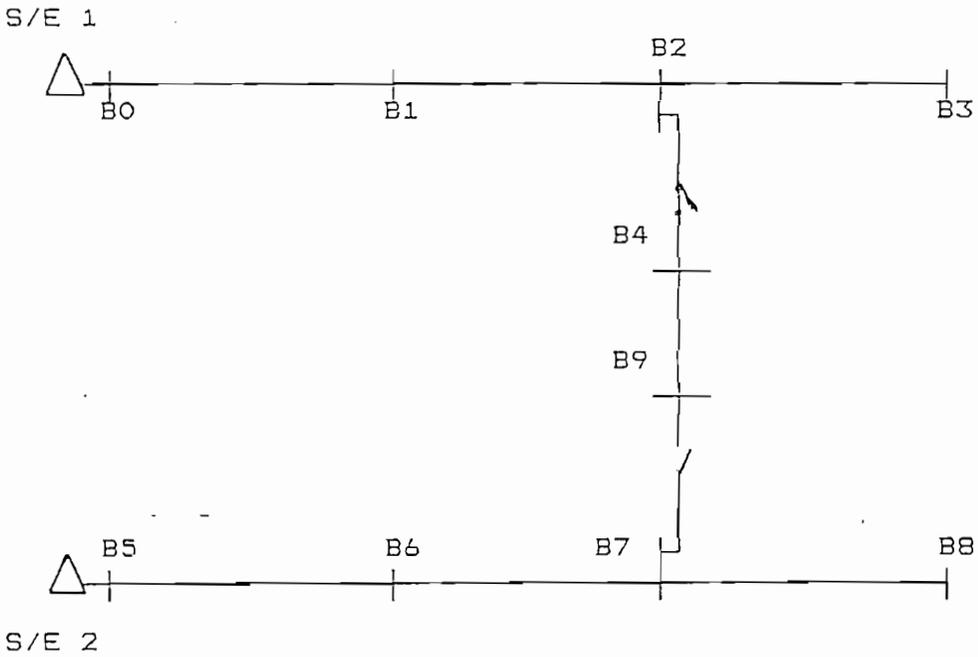


Figura No. 3.3.1

k	NDE	NDR	EC	AY
0	B0	B1	1	1
1	B1	B2	1	1
2	B2	B3	1	1
3	B2	B4	1	1
4	B5	B6	1	0
5	B6	B7	1	0
6	B7	B9	0	0
7	B7	B8	1	0
8	B9	B4	1	1

Los datos de los nodos de envío y de recepción, así como el estado de conexión de los elementos se tienen en los vectores NDE , NDR y EC .

Al aplicar el algoritmo de reconfiguración suponiendo a B0 como el nodo de la subestación se tiene :

$$\text{BSUB} = \text{B0}$$

<u>i</u>	<u>NR</u>	<u>NE</u>	<u>T</u>	<u>R</u>
0	B0	0	0	0
1	B1	0	0	0
2	B2	1	0	0
3	B3	2	1	0
4	B4	2	1	0
5	B9	4	1	1

La topología del alimentador de la S/E 1 está representada por los vectores NE y NR , en el orden dado por i .

En el vector AY se indica con 1 los elementos que forman parte del alimentador. Hay que indicar que a la línea entre los nodos B9 y B4 se intercambian los nodos de envío y de recepción.

CAPITULO IV .

PROCESO INTERACTIVO .

4.1 ESTRUCTURA GENERAL DEL PROCESO INTERACTIVO .

Para la formulación y diseño del proceso interactivo se diseña una Base de Datos, la misma que es la encargada de administrar toda la información existente de los Sistemas de Distribución.

Una Base de Datos es un conjunto de datos relacionados entre sí que se encuentran almacenados en una única colección sin redundancias innecesarias, y que cumplen las siguientes condiciones :

a) Los datos están almacenados en diversos soportes de información de tal forma que son independientes de los programas que los manejan.

b) Su utilización no está restringida a una única aplicación, siendo posible su acceso por varias aplicaciones, incluso simultáneamente.

c) Para gestionar la información contenida en la Base de Datos, es decir, para incluir nuevos datos, borrar datos ya existentes, o modificarlos, se emplean procedimientos especialmente diseñados para optimizar el funcionamiento

del sistema. Estos procedimientos no sólo se encargan de la actualización, sino que también permiten la obtención de datos para su utilización mediante programas.

Algunos conceptos importantes sobre Base de Datos, y los objetivos que deben cumplir la organización de la misma, se encuentran en los apéndices #2 y #3 de la Referencia [8].

Una Base de Datos está compuesta por entidades que son lugares donde se almacena información. Una entidad puede ser un suceso, una persona, un alimentador, un nodo, etc.

Toda entidad dispone de atributos que son propiedades que se registran para la misma. Por ejemplo para la entidad persona los atributos pueden ser : nombre, número de cédula, dirección, teléfono.

Un atributo de una entidad puede ser de los siguientes tipos :

a) Elemental : cuando no puede ser descompuesto en otros atributos que sean significativos para el sistema de información. Por ejemplo para la entidad persona, los atributos nombre, número de cédula.

b) Compuesto : se lo puede descomponer en dos o más atributos. Por ejemplo el atributo dirección puede

descomponerse en los atributos ciudad, parroquia, calle.

- c) Simple : cuando se le asigna un sólo valor para definirlo. Por ejemplo el número de cédula.
- d) Repetitivo : se le puede asignar varios valores. Por ejemplo el número telefónico.
- e) Obligatorio : cuando es necesario especificarlo. Por ejemplo los atributos nombre, número de cédula.
- f) Facultativo : el ingreso puede o no ser realizado. Por ejemplo el número de teléfono.
- g) Identificador : cuando no se repite en las ocurrencias de la entidad. Por ejemplo el número de cédula, ya que cada persona tiene número diferente.
- h) No identificador : cuando se repite en la entidad. Por ejemplo el atributo número de teléfono pues dos personas pueden tener el mismo número telefónico.

Los atributos de una entidad se almacenan en los campos de un registro. Un campo es el grupo de datos nominado más pequeño, que puede tener cualquier número de bits o de bytes.

Un registro es un conjunto de datos que se procesan en forma inseparable. El conjunto de registros de una misma entidad se llama archivo.

Para desarrollar el proceso interactivo es necesario seguir tres pasos :

1) Análisis Conceptual : se elabora una descripción completa y detallada de lo que se quiere desarrollar, que en este caso es un programa interactivo de Distribución, y se determina las condiciones que debe cumplir el programa. De este análisis se llega a una solución conceptual que es el Esquema Conceptual de la Base de Datos, y se plantea las características generales de las funciones de mantenimiento, consulta, operación, reportes, específicas, operacionales y apoyo.

2) Análisis Lógico : a partir de la solución conceptual, y al tener las ideas y la información acerca del problema planteado se llega a una solución realizable, la que es correcta, eficaz e independiente de una máquina real. Como resultado de este análisis se obtiene el Esquema Lógico de la Base de Datos, y los algoritmos de las funciones, que pueden implementarse en cualquier lenguaje de programación.

3) Análisis Físico: de aquí se obtiene una solución correcta, eficaz y ejecutable para una máquina real, al pasar los algoritmos de las funciones a programas de un determinado lenguaje de programación, dando lugar así a la solución física.

ESQUEMA

El esquema constituye la definición global de la Base de Datos, donde están definidas las entidades, los atributos de las mismas, y las relaciones entre las diferentes entidades que conforman los archivos de la Base de Datos. Un atributo puede convertirse en entidad si tiene una función muy importante.

Las relaciones son las conexiones existentes entre las entidades, atributos y sucesos que están representados en la Base de Datos.

4.1.1 DEFINICION CONCEPTUAL DEL PROCESO INTERACTIVO.

Con el Análisis Conceptual se elabora una descripción completa del proceso interactivo a desarrollar, el mismo que debe permitir un fácil manejo al usuario, con la utilización de menús que faciliten el ingreso y la corrección de datos; puede presentar información teórica,

ejecutar programas de aplicación, consultar y obtener reportes tanto de los datos y resultados de los programas, como de la Base de Datos propiamente.

Para el diseño del Modelo se utiliza las Bases de Datos Relacionales, en las cuales las entidades tienen campos en común para establecer las relaciones entre las mismas.

4.1.1.1 Definición de Funciones.

En el proceso interactivo se tiene las siguientes funciones :

a) Funciones de mantenimiento.

Son las rutinas que pueden aumentar (añadir nueva información en cada una de las entidades de la Base de Datos), borrar (eliminar información) o editar (modificar la información existente).

b) Funciones de Consulta.

Son las rutinas que permiten obtener la información de cada una de las entidades de la Base de Datos, así como de los datos y resultados de los programas de aplicación, pero que no tienen la opción de modificarla.

c) Funciones de Operación.

Son las rutinas que copian la información de algunos registros de la Base de Datos a un lugar donde se los puede modificar con facilidad, para evitar de esta manera la alteración o pérdida de los datos originales de la Base.

De una Empresa determinada se puede copiar los datos de Subestaciones, Alimentadores y sus elementos hacia una Empresa llamada "OPERACION", donde se puede realizar cambios con el fin de analizar diferentes condiciones de operación en los Alimentadores.

Además se tiene la opción de grabar y recuperar en archivos toda la información de la Empresa OPERACION, para permitir un trabajo continuo ya sea porque hay diferentes usuarios o porque se analiza diferentes Empresas a la vez.

d) Funciones de Reportes.

Son las rutinas que obtienen información de la Base de Datos, de los datos y resultados de los programas de aplicación, y la almacena en papel o archivos de texto ya sea para sacar un informe o tener un respaldo.

Se puede obtener reportes totales o parciales.

e) Funciones específicas.

Se tiene el Programa de Flujos que calcula el flujo radial trifásico de carga y el perfil de voltaje de un Alimentador, y el programa de Carson que calcula los valores de la matriz de impedancias de Carson y de la matriz de impedancias de Secuencia para una determinada configuración de conductor.

f) Funciones operacionales.

Son los menús y submenús que presentan una gran cantidad de opciones, las mismas que pueden ser escogidas de una manera sencilla; también son los mensajes y rutinas de ayuda que orientan al usuario a la utilización eficiente de los programas y recuerdan aspectos teóricos, haciendo que el proceso sea interactivo.

g) Funciones de apoyo.

Son las funciones que permiten consultar información acerca de la teoría utilizada en el desarrollo de los programas, y la manera de usar las diferentes opciones principales del proceso interactivo.

4.1.1.2 Definición de datos.

Los datos que se deben ingresar o modificar para cada una de las entidades son :

DATOS DE EMPRESAS

El Nombre para identificar a la Empresa, la Clave para tener un acceso restringido a los datos de la Empresa y de sus entidades asociadas, la Descripción que tiene una breve información acerca de la Empresa.

Para tener estadísticas acerca del crecimiento de los componentes de la Empresa se tendrá los valores de el número de subestaciones, alimentadores, nodos, reguladores, transformadores, y secciones, los mismos que no necesitan ser ingresados, ya que al editar a la Empresa se los actualizará de manera automática con la suma de los valores respectivos que se tienen en las subestaciones que posee la Empresa.

Para correr el programa de Flujos para un Alimentador de la Empresa se deberá ingresar la Potencia Base en MVA, el criterio de convergencia para saber si se ha alcanzado la solución, y el número máximo de iteraciones que se debe realizar para encontrar convergencia en el cálculo del Perfil de Voltaje.

DATOS DE SUBESTACIONES

El Nombre para identificar a la Subestación, la Descripción que tiene una breve información acerca de la Subestación.

Para tener estadísticas acerca del crecimiento de la Subestación se tendrá los valores de el número de alimentadores, nodos, reguladores, transformadores, y secciones los mismos que no necesitan ser ingresados, ya que al editar a la Subestación se los actualizará de manera automática con la suma de los valores respectivos que se tienen en las alimentadores que posee la Subestación.

Para el programa de Flujos se deberá ingresar el voltaje nominal fase neutro en kV de la Subestación, el voltaje máximo permitido en pu, el voltaje mínimo permitido en pu, el módulo en pu y ángulo en grados de los voltajes (en secuencia positiva) de las fases A, B y C. Estos valores se copian en los datos correspondientes de un Alimentador cuando se lo crea.

La impedancia de cortocircuito de la Subestación en pu ($R_{cc} + jX_{cc}$), la misma que se utilizará cuando se incorpore un programa de cálculo de cortocircuitos.

DATOS DE ALIMENTADORES

El Nombre para identificar al Alimentador, la Descripción que tiene una breve información acerca del Alimentador.

Para tener estadísticas acerca del crecimiento del Alimentador se tendrá los valores de el número de nodos, reguladores, transformadores, y secciones los mismos que no necesitan ser ingresados, ya que al editar al Alimentador se los actualizará de manera automática contando los elementos respectivos que posee el Alimentador.

Para el programa de Flujos se podrá modificar los datos del voltaje nominal fase neutro en kV del Alimentador, el voltaje máximo permitido en pu, el voltaje mínimo permitido en pu, el módulo en pu y ángulo en grados de los voltajes (en secuencia positiva) de las fases A, B y C. Al tener estos datos tanto en la Subestación como en el Alimentador, al cambiar estos valores se permite simular condiciones de operación para cada Alimentador, sin perder los valores originales que serían los contenidos en la Subestación.

La tasa de crecimiento del Alimentador en porcentaje, y el tiempo de estudio en años para simular el crecimiento de las cargas con el tiempo, y de esta manera hacer la planificación a largo plazo; el factor para demanda mínima

que permite simular condiciones de carga mínima; el código del nodo de la Subestación, es decir el nodo de partida del Alimentador.

DATOS DE NODOS

El Código para identificar y localizar al Nodo dentro de un sistema de coordenadas, la Descripción para poder relacionar al Nodo con los códigos utilizados por otros programas; las fases del Nodo (ABC) , el número de elementos conectados al Nodo, la potencia activa de carga (kW) y reactiva de carga (kVAR) de las fases A, B y C; la tasa de crecimiento de la demanda del Nodo (%) para poder simular el crecimiento de la demanda en una forma desagregada de acuerdo con el tipo y ubicación geográfica de las cargas, el estado de conexión de los condensadores, la potencia de condensadores (kVAR) de las fases A, B y C; la magnitud de voltaje nominal del Nodo en kV.

DATOS DE REGULADORES

El Nombre del Regulador, el tipo de Regulador, la opción deseada (1 / 2), el estado de conexión (0 / 1), los primarios del transformador de corriente y de potencial; el número de pasos del Regulador, la resistencia y reactancia de compensación en voltios; el voltaje en pu deseado en el

punto de regulación, el voltaje nominal del regulador en kV, el ancho de banda en voltios, la capacidad máxima a regular por fase en kVA, el porcentaje positivo y negativo de regulación.

DATOS DE TRANSFORMADORES

El Nombre del Transformador, el tipo de Transformador, el estado de conexión (0 / 1), el voltaje nominal fase neutro del primario y del secundario en kV; la capacidad nominal por fase del Transformador en MVA, la resistencia y reactancia de cortocircuito en pu que se utilizan para determinar la caída de tensión en el Transformador.

DATOS DE LINEAS O SECCIONES

El Nombre de la Línea o Sección, las fases de la sección (ABC) , la longitud de la sección en km, el estado de conexión (0 / 1).

DATOS DE CONDUCTORES

El Código de la configuración del Conductor, la configuración de fases (ABC) , la descripción del Conductor, la capacidad nominal del Conductor en amperios, los valores de las resistencias y reactancias de la matriz [3][3] de impedancias de Carson en Ω/km .

EMPRESAS
<ul style="list-style-type: none"> - Nombre de la Empresa - Descripción de la Empresa - Número de Subestaciones - Número de Alimentadores - Número de nodos - Número de reguladores - Número de transformadores - Número de líneas - Número de iteraciones - Potencia Base - Criterio de convergencia

ALIMENTADORES
<ul style="list-style-type: none"> - Nombre del Alimentador - Descripción del Alimentador - Número de nodos - Número de reguladores - Número de transformadores - Número de líneas - Voltaje nominal del Alimentador - Voltaje máximo permitido - Voltaje mínimo permitido - Módulo de voltaje de la fase A - Módulo de voltaje de la fase B - Módulo de voltaje de la fase C - Angulo de voltaje de la fase A - Angulo de voltaje de la fase B - Angulo de voltaje de la fase C - Tasa de crecimiento de la demanda - Tiempo de estudio en años - Factor para demanda mínima - Código del nodo de la Subestación

SUBESTACIONES
<ul style="list-style-type: none"> - Nombre de la Subestación - Descripción de la Subestación - Número de Alimentadores - Número de nodos - Número de reguladores - Número de transformadores - Número de líneas - Voltaje nominal de la Subestación - Voltaje máximo permitido - Voltaje mínimo permitido - Módulo de voltaje de la fase A - Módulo de voltaje de la fase B - Módulo de voltaje de la fase C - Angulo de voltaje de la fase A - Angulo de voltaje de la fase B - Angulo de voltaje de la fase C - Resistencia de cortocircuito - Reactancia de cortocircuito

Figura No. 4.1.1

ANALISIS CONCEPTUAL DE LA BASE DE DATOS

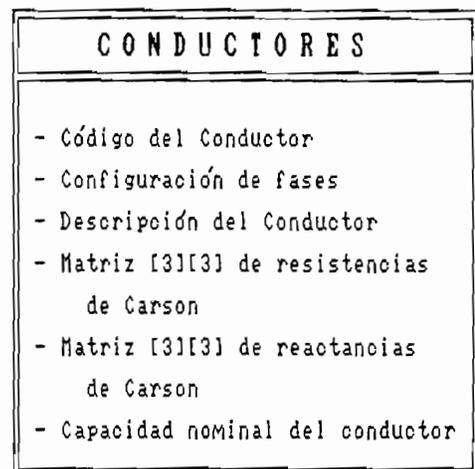
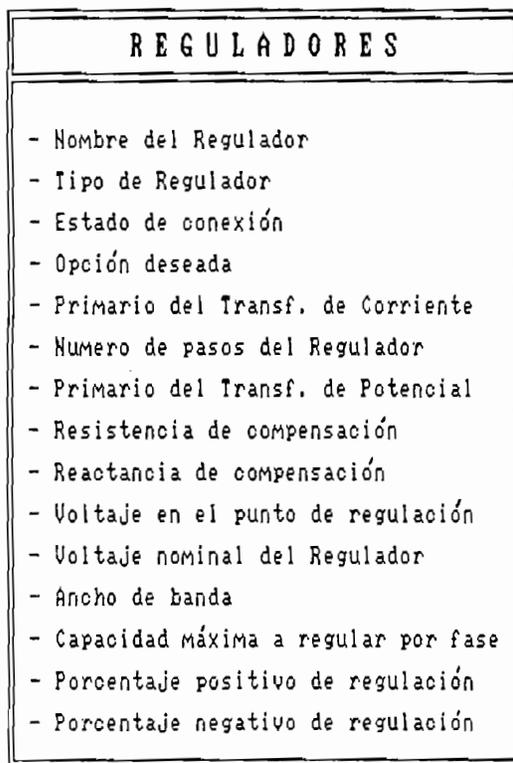
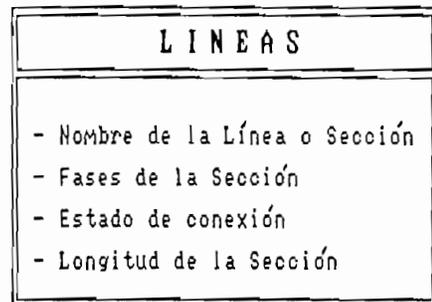
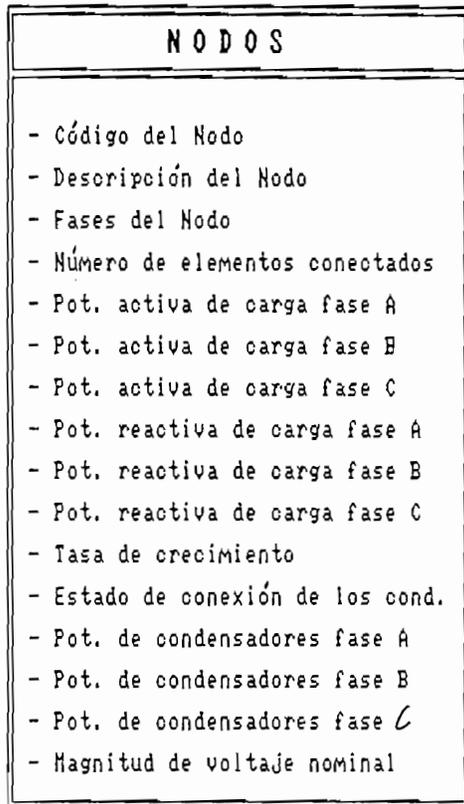
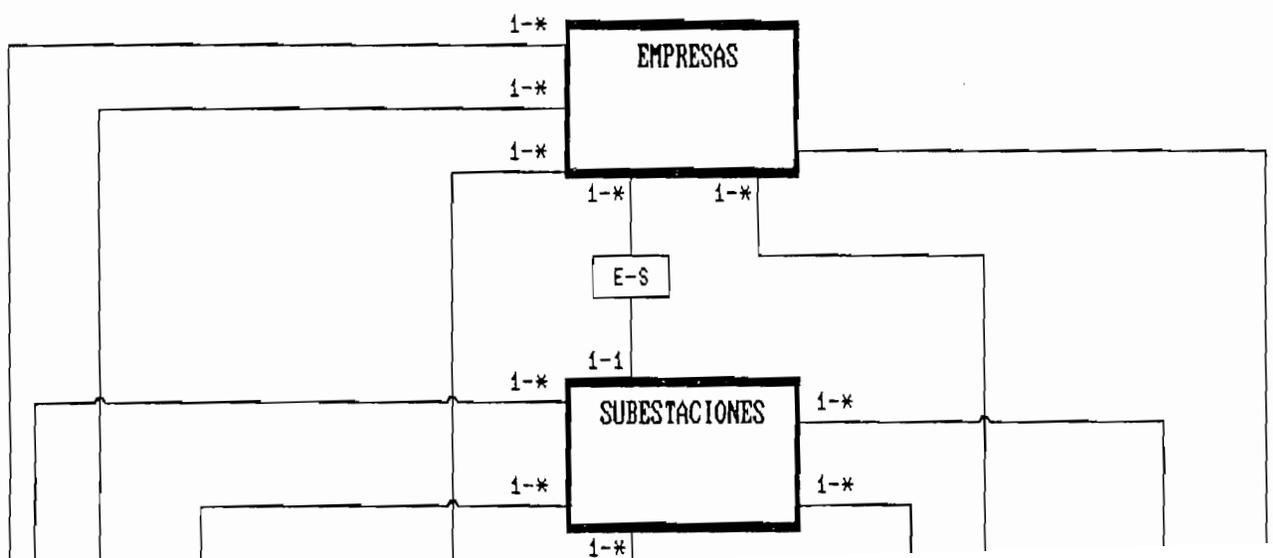


Figura No. 4.1.2



ESQUEMA CONCEPTUAL DE LA BASE DE DATOS

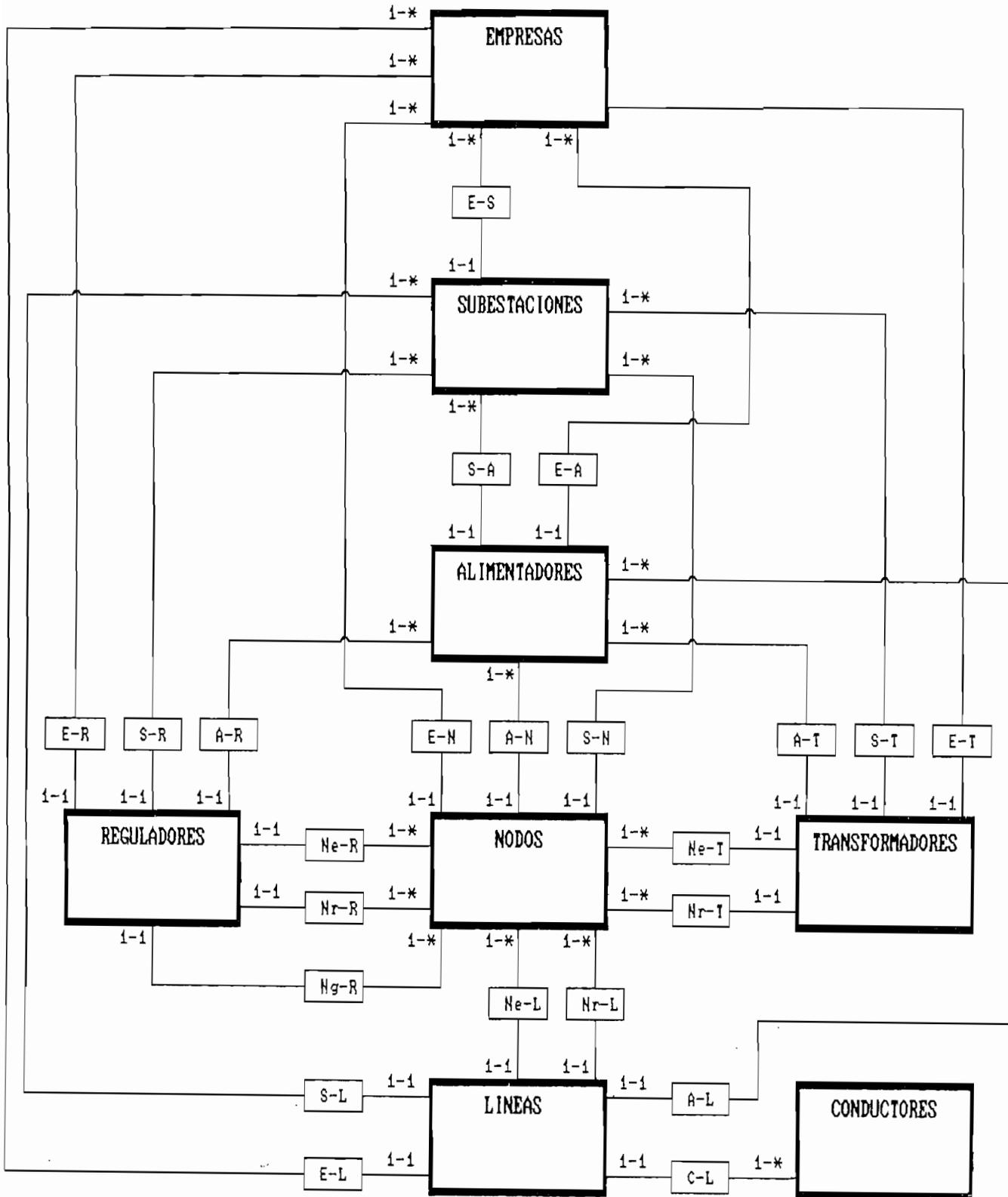


Figura No. 4.1.3

E-A	E-N	E-R	E-T	E-L
S-A	S-N	S-R	S-T	S-L
	A-N	A-R	A-T	A-L

La relación que existe entre Nodos son los Elementos Serie, entendiéndose por estos a los Reguladores, Transformadores y a las Secciones, pero por tener la relación atributos propios se la transforma en entidad. La relación entre Nodos y Elementos Serie es de membrecía, ya que los Elementos Serie son miembros de los Nodos.

Un Elemento Serie está conectado por el extremo de envío a un solo Nodo (1-1) . Mientras que el Nodo puede estar conectado a uno o más Elementos Serie (1-*) . Estas relaciones entre el Nodo y los Elementos Serie se las define como :

Ne-R	Ne-T	Ne-L
------	------	------

Un Elemento Serie está conectado por el extremo de recepción a un solo Nodo (1-1) . Mientras que el Nodo puede estar conectado a uno o más Elementos Serie (1-*) . Estas relaciones entre el Nodo y los Elementos Serie se las define como :

Nr-R	Nr-T	Nr-L
------	------	------

Un código de Conductor puede pertenecer a una o varias Líneas (1-*) , mientras que una Línea sólo tiene un código de Conductor (1-1) . La relación entre Conductores y Líneas se la define como C-L .

Un Nodo de regulación puede pertenecer a uno o varios Reguladores (1-*) , mientras que un Regulador sólo puede tener un Nodo o punto de regulación (1-1) . Esta relación entre Nodos y Reguladores se la define como Ng-R .

. La figura No. 4.1.3 contiene el Esquema Conceptual de la Base de Datos, en donde se representan las relaciones anteriormente mencionadas.

4.2 ESTRUCTURA Y CARACTERISTICAS DE LOS MODULOS DEL PROCESO .

Del D.O.S. se ingresa al menú principal que es controlado por las funciones operacionales, y a partir de este se puede realizar el mantenimiento, operación y consulta de la Base de Datos a través de las funciones respectivas. También se puede ejecutar los programas de Flujos y de Carson, y salir al sistema operativo; obtener reportes de la Base de Datos, de los datos y resultados de los programas. La secuencia de eventos del Programa interactivo se puede observar en la figura No. 4.2.1 .

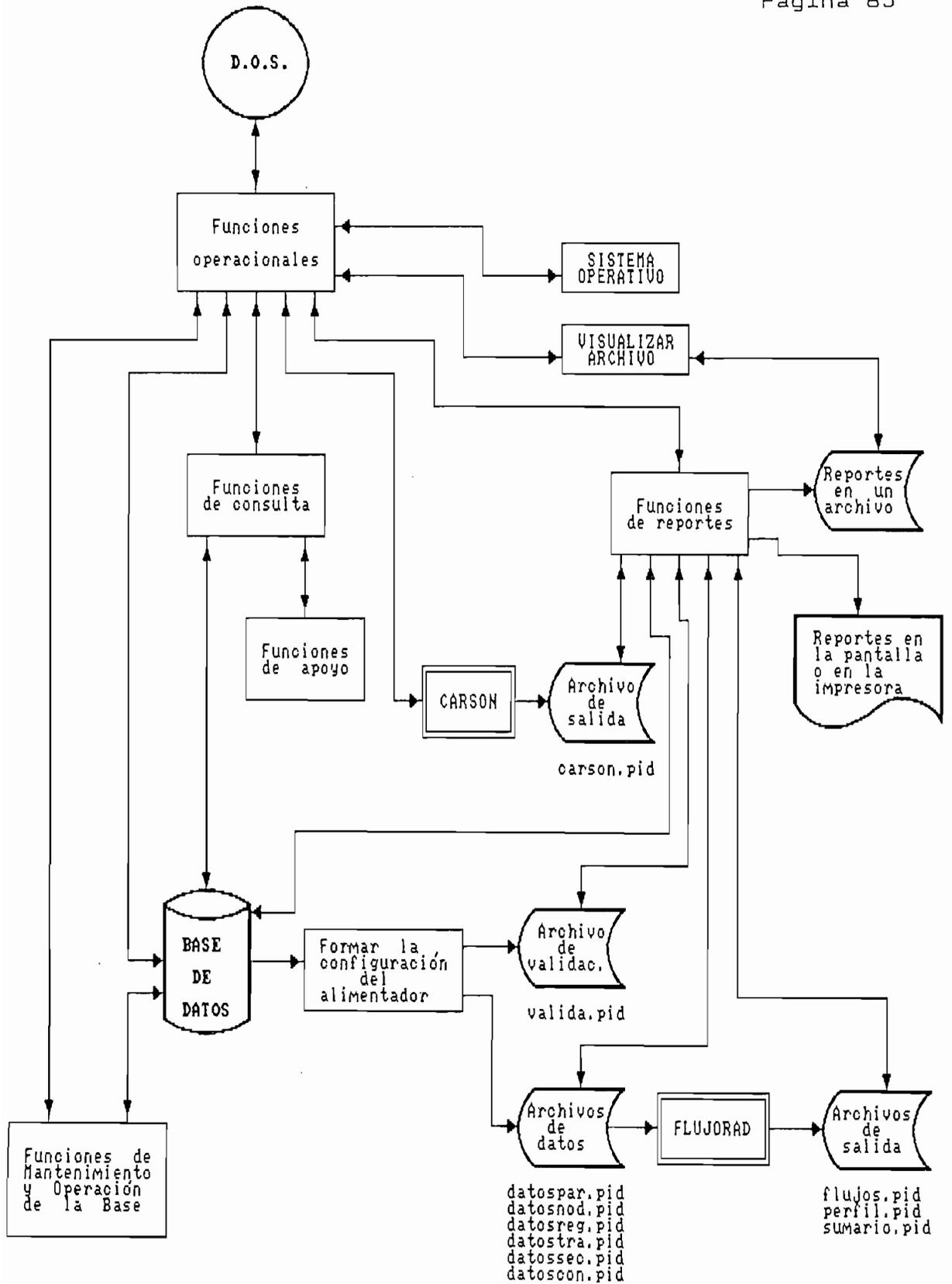


Figura No. 4.2.1 Secuencia de eventos del Programa Interactivo

A continuación se hace el Análisis Lógico de las funciones definidas anteriormente en el Análisis Conceptual, y se diseña el Esquema Lógico de la Base de Datos.

4.2.1 FUNCIONES DE MANTENIMIENTO.

En cada una de las funciones se tiene el chequeo de errores, así como funciones de ayuda que permiten escoger valores correctos de los datos, o que dan una explicación teórica acerca de los mismos.

Se puede hacer el mantenimiento de las siguientes entidades :

4.2.1.1 Empresas.

Para ingresar a la Base de Datos se debe elegir una Empresa, para lo cual hay que ingresar la clave de acceso de la misma. Si la clave es correcta se convierte la Empresa en el Sistema Activo, permitiendo de esta manera el acceso al mantenimiento de las demás entidades que pertenecen a la Empresa.

Al aumentar Empresas, se chequea que no exista otra con el mismo nombre, pues este es el atributo identificador y se pide una clave de acceso, la misma que debe ser recordada siempre, pues para acceder a una Empresa se

necesita ingresar la clave.

Al editar Empresas, no se puede cambiar el nombre ni la clave de acceso de la misma.

Para borrar Empresas se debe verificar que no existan Subestaciones en la misma, si las hay, se debe borrar primero las mismas.

4.2.1.2 Subestaciones.

Si se ha elegido una Empresa Activa se puede realizar mantenimiento en las Subestaciones de la misma. El atributo identificador es el nombre, por lo que no pueden existir dos Subestaciones con el mismo nombre. Una Subestación pertenece a una y solo una Empresa.

Al editar no se puede cambiar el nombre. Para borrar Subestaciones, se verifica que no existan Alimentadores en la misma.

4.2.1.3 Alimentadores.

Si se tiene una Subestación Activa, entonces se realiza el mantenimiento de los Alimentadores que posee. Al aumentar Alimentadores se comprueba que no exista otro con el mismo nombre, ya que este es el atributo identificador. Un Alimentador pertenece a una sola Subestación.

Al editar no se puede cambiar el nombre. Al borrar un Alimentador se eliminan también los datos de los Nodos, Reguladores, Transformadores y de Líneas que pertenecen al mismo.

4.2.1.4 Nodos.

Si se tiene un Alimentador Activo, se puede hacer el mantenimiento de los Nodos asociados a él. Un Nodo pertenece a un solo Alimentador.

Para aumentar un Nodo se verifica que no exista ya el código del mismo. Al editar un Nodo no se puede cambiar su código. Para borrar uno, se deben eliminar antes los elementos conectados al mismo.

4.2.1.5 Reguladores, Transformadores y Líneas.

Se los ha agrupado por tener un procedimiento similar, y si se ha elegido un Alimentador Activo, se puede hacer el mantenimiento de los elementos que posee, ya que un Elemento Serie pertenece a un sólo Alimentador.

Al aumentar un Elemento Serie hay que ingresar los códigos de los nodos de envío y de recepción, ya que estos determinan al elemento. Se chequea que existan los nodos, y que no existan otros elementos entre los mismos.

Al editar, se puede cambiar los Nodos de envío y de recepción. Siempre se comprueba que haya una consistencia de fases entre el tipo de elemento serie y las fases de los nodos a los que están conectados .

4.2.1.6 Conductores.

Si se ha elegido una Empresa Activa, y si se ingresa correctamente la clave, se puede hacer el mantenimiento de los datos de conductores. Estos datos son comunes a todas las Empresas. El código de configuración de conductor es el atributo identificador, el mismo que es ingresado por el usuario.

Al editar no se puede cambiar el código ni las fases de la configuración de conductor. Al aumentar se comprueba que no exista ya ese código.

Para borrar un conductor, se revisa que no exista ese código en los datos de Líneas, lo que puede tomar algún tiempo cuando se tiene una Base de Datos grande.

4.2.2 FUNCIONES DE CONSULTA.

Se puede consultar los datos de la Base, así como de los datos y resultados de los programas, pero sin la opción de modificarlos.

Para los datos de la Base se debe seguir el mismo acceso que para mantenimiento, con la excepción de que para escoger una Empresa Activa no se necesita ingresar la clave. Con esto se puede consultar los datos de todas las Empresas y de sus entidades asociadas, así como elegir un Alimentador para realizar la corrida del programa de Flujos.

En la opción de Reportes del Menú Principal se puede consultar los datos y resultados de la última corrida de los programas de Flujos y de Carson.

4.2.3 FUNCIONES DE OPERACION.

Es la única manera de editar los datos de una Empresa que no se conoce la clave de acceso, para esto al elegir una Empresa, Subestación y Alimentador para operar, se copia los datos de las mismas (con todos los elementos del Alimentador) hacia una Empresa denominada "OPERACION", en donde se puede editar los datos sin ingresar la clave.

Se pueden analizar diferentes Empresas o diferentes condiciones de operación, sin perder la información ya que se tiene la opción de grabar y recuperar los datos de la Empresa "OPERACION" en archivos. También se pueden borrar archivos que sean exclusivamente de datos de operaciones.

4.2.4 FUNCIONES DE REPORTES.

Se pueden obtener reportes en la impresora o en archivos, de los datos de la Base, así como de los datos y resultados de los programas. Si el archivo ya existe se pide confirmar para sobrescribirlo.

Para las Empresas se imprime todos los datos existentes, para Subestaciones se imprime sólo las que pertenecen a la Empresa Activa, para Alimentadores sólo los que son miembros de la Subestación Activa. Esto implica que debe tenerse una entidad activa para sacar un reporte de las entidades asociadas a ella.

Para Nodos, Reguladores, Transformadores y Líneas se imprimen sólo los datos que pertenecen al Alimentador Activo.

En los Conductores se pide una llave de búsqueda, entonces se imprime sólo los Conductores cuyo código empiece con esa llave.

Para los datos y resultados de los programas, antes de imprimirlos se tiene la posibilidad de visualizarlos en la pantalla .

4.2.5 FUNCIONES ESPECIFICAS.

4.2.5.1 Programa de Flujo Radial Trifásico.

Para ejecutar el Programa de Flujos se debe elegir un Alimentador Activo. El programa puede trabajar con cualquier número de Nodos, Reguladores, Transformadores y Líneas, y el límite depende sólo de la cantidad de memoria disponible en el computador. Sin embargo, en el programa principal PRINDIS se tiene un límite de 200 Nodos y 100 Conductores para formar la configuración del Alimentador y grabar sus datos. Se pueden aumentar estos valores cambiando las constantes MAX_NOD y MÁX_COND al compilar los archivos fuente.

Para ejecutar el programa de Flujos se necesita al menos de dos nodos y una Línea, y calcula el flujo radial trifásico de carga, el perfil de voltaje y el sumario en donde están las potencias totales de carga, salida de la Subestación, capacitores y de pérdidas. Si existen Reguladores, se tiene un reporte de ellos.

El programa puede leer los datos en forma binaria, en donde se tienen los datos de nodos, reguladores, líneas, transformadores, conductores y parámetros generales en archivos distintos, pero que permiten tener una gran cantidad de datos, así como también que su lectura y escritura sea rápida. Esta opción es utilizada por el

programa principal PRINDIS.

También se puede leer los datos en forma de texto, de un archivo llamado "DATOSFLU.PID", en el que están todos los datos, de acuerdo con un orden establecido en el manual de uso del programa. Esto se puede utilizar cuando no se tiene muchos datos, ya que el usuario debe crear el archivo, o para utilizarlo con otros programas de aplicación.

El programa de flujos tiene el siguiente algoritmo :

- 1) Se leen los datos generales del alimentador.
- 2) Se dimensionan las matrices de elementos, y se leen los datos de nodos, reguladores, transformadores, líneas y conductores.
- 3) Se dimensionan las matrices de voltaje, corriente, caída de voltaje, y configuración del alimentador.
- 4) Se busca los elementos que forman la configuración del alimentador. Si existen elementos que forman un circuito mallado no se los toma en cuenta.
- 5) Se inicializa el contador de iteraciones a cero.

- 6) Se inicializan los voltajes de los nodos del alimentador con voltajes balanceados de módulo 1.0 pu, a excepción del nodo de la subestación.
- 7) Se incrementa el contador de iteraciones.
- 8) Si el contador de iteraciones es mayor al número máximo de iteraciones permitidas entonces el proceso no converge, y se va al paso 14 .
- 9) Se calculan las corrientes en cada una de las secciones del alimentador, y en los transformadores y reguladores si existen.
- 10) Se calculan las caídas de voltaje en las secciones, y en los transformadores si existen.
- 11) A partir del nodo de la subestación se calculan los nuevos voltajes en los nodos, restando las caídas de voltaje.
- 12) Si hay reguladores, para la opción 1 se ajustan los taps si es necesario regular el voltaje en el punto de regulación. Para la opción 2, con los datos de la impedancia de compensación se calculan el voltaje resultante en la salida del regulador y las posiciones de los taps.

En ambos casos se modifica el voltaje de los nodos que están a continuación del regulador.

- 13) Si las diferencias entre los nuevos voltajes calculados y los voltajes anteriores son mayores al criterio de convergencia utilizado entonces se regresa al paso 7 . En caso contrario el proceso converge, y continúa al paso 14 .
- 14) Si hay reguladores con la opción 1, se procede a calcular los valores de la impedancia de compensación de los mismos.
- 15) Se calcula el flujo de carga en los elementos del alimentador, se determinan si tienen sobrecarga y se graban los resultados.
- 16) Se determina si hay sobre o bajo voltaje en los nodos del alimentador, y se graban los resultados del perfil de voltaje.
- 17) Se calculan las potencias totales de carga, pérdidas, en capacitores y la potencia de salida de la subestación. Se graban los resultados, indicando además si el proceso converge.
- 18) Si existen reguladores se graba el reporte de los mismos.

4.2.5.2 Programa de Carson.

Con este programa se puede calcular los valores de las impedancias de Carson y de las impedancias de Secuencia para una determinada configuración de conductor. Se debe ingresar los datos de calibre, resistencia y disposición geométrica de conductores, frecuencia, resistividad del suelo, flecha.

Los datos y resultados se pueden observar en pantalla, ya que quedan grabados en el archivo "CARSON.PID" en forma de texto.

4.2.6 FUNCIONES OPERACIONALES.

Son los menús, submenús, mensajes y rutinas de ayuda que orientan al usuario a la utilización eficiente de los programas y recuerdan aspectos teóricos relevantes.

Una explicación detallada de estas funciones, se halla en el Manual de Uso del programa.

4.2.7 FUNCIONES DE APOYO.

Las funciones son la información teórica relacionada con los Sistemas de Distribución y los programas; y la

consulta de cada una de las opciones principales del proceso que son Mantenimiento, Consulta, Operación, Programas y Reportes.

La información se mantiene en archivos de texto, y para su visualización en la pantalla, se utiliza la rutina Visualizar_Archivo, la misma que permite mostrar el documento a través de una ventana.

4.2.8 ESQUEMA LOGICO DE LA BASE DE DATOS.

Se accede a la Base de Datos a través de la entidad Empresas. Una vez que se elige como activa a una Empresa, se puede acceder a los datos de las Subestaciones pertenecientes a la misma, y también se permite ingresar a los datos de los Conductores.

Elegida una Subestación como activa se pasa a elegir uno de sus Alimentadores como Activo.

Al tener un Alimentador Activo se puede acceder a los datos de Nodos, Reguladores, Transformadores y Líneas que son parte del mismo.

Una Empresa puede tener muchas Subestaciones (1-n) y cada Subestación puede pertenecer sólo a una Empresa (n-1).

Una Subestación puede tener muchos Alimentadores (1-n) y cada Alimentador pertenece a una sola Subestación (n-1) .

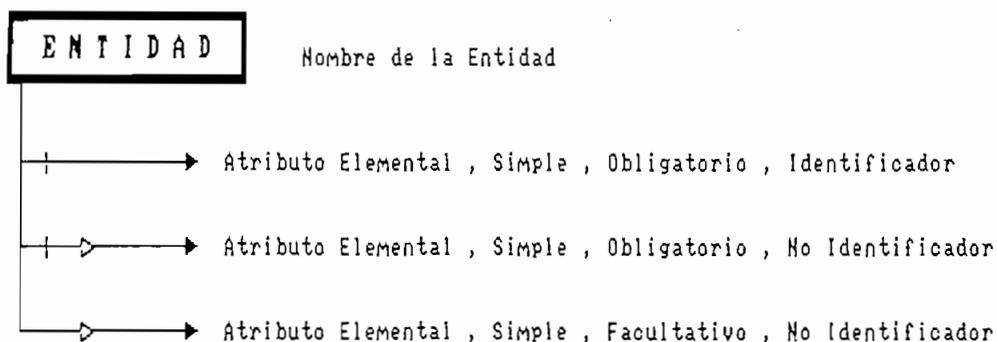
Un Alimentador puede tener muchos Nodos (1-n) y cada Nodo puede pertenecer a un solo Alimentador (n-1) .

Un Alimentador puede tener muchos Elementos Serie (1-n) y cada Elemento Serie puede pertenecer sólo a un Alimentador (n-1) .

Un Nodo puede estar conectado a muchos Elementos Serie (1-n) .

En las figuras No. 4.2.2 y No. 4.2.3 se presenta el Análisis Lógico de la Base de Datos, que contiene el desarrollo de los atributos de las entidades. En la figura No. 4.2.4 se tiene el Esquema Lógico de la Base.

Se utiliza la siguiente simbología :



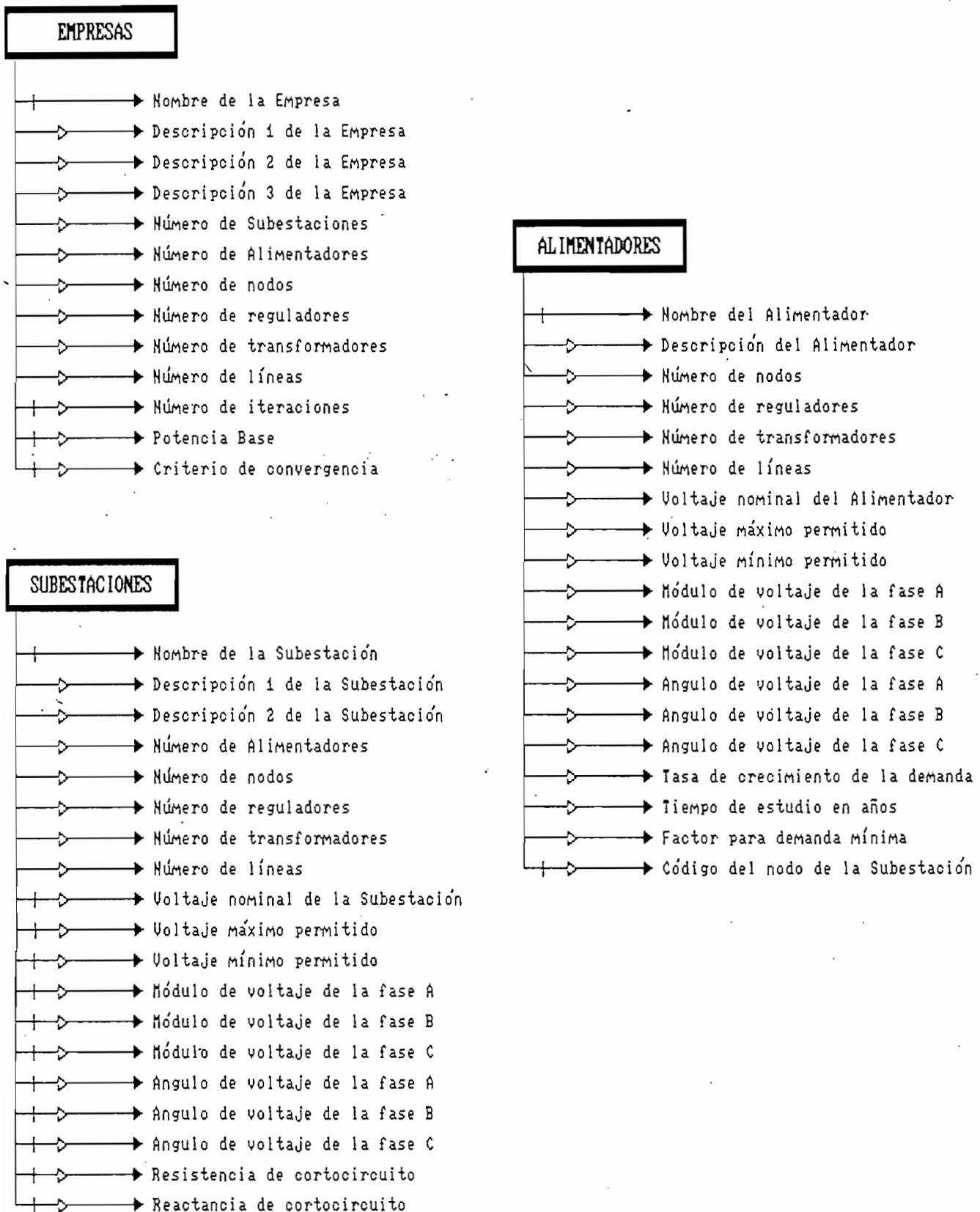


Figura No. 4.2.2



Figura No. 4.2.3

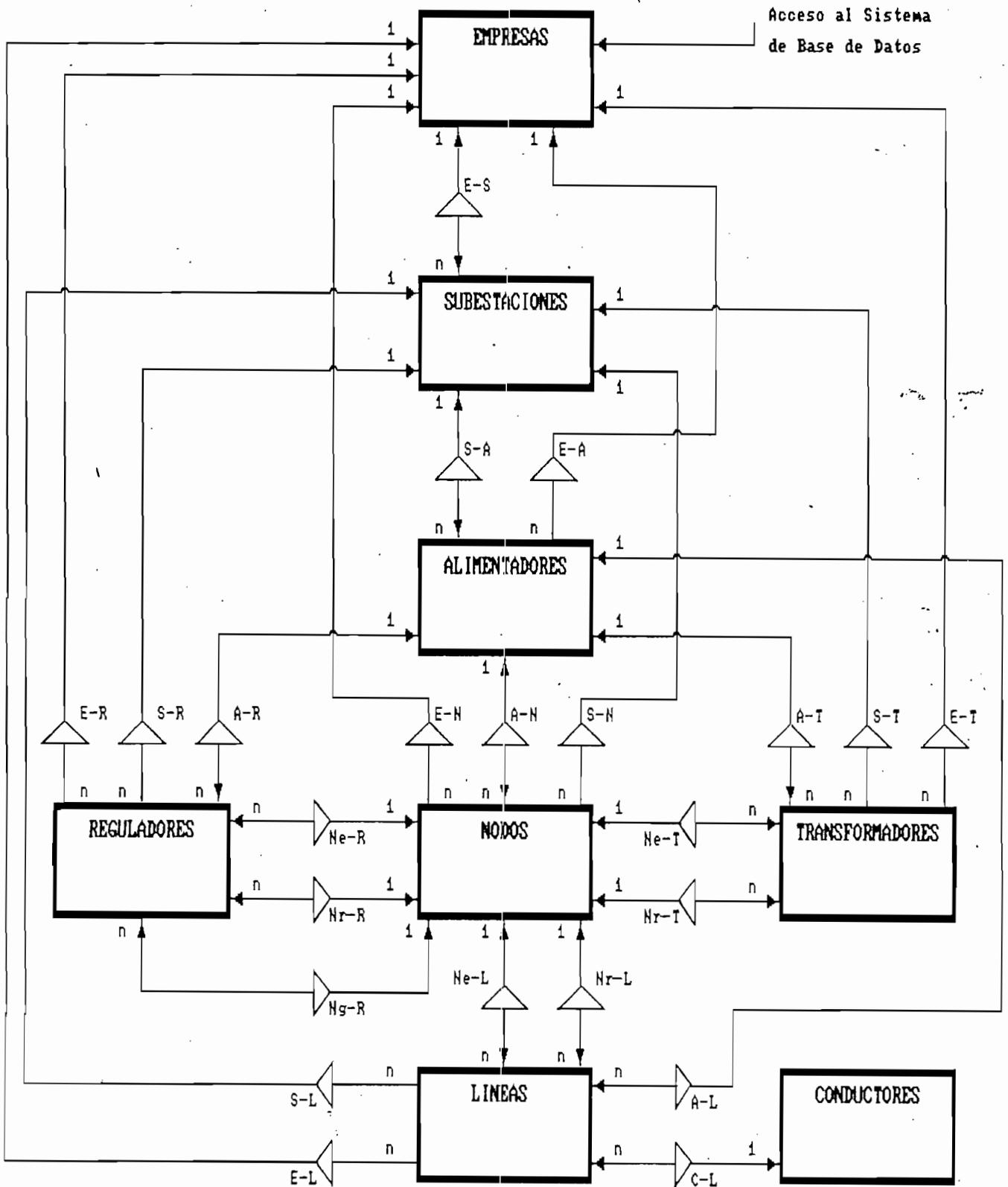


Figura No. 4.2.4

4.3 DISEÑO DE LA BASE DE DATOS .

Se hace el Análisis Físico de la Base de Datos, funciones y archivos.

4.3.1 ESQUEMA FISICO DE LA BASE DE DATOS.

Se suprimen las relaciones que existen entre las entidades, para lo cual a las entidades que tienen relación de membrecía con otras, se las incorpora como atributo el identificador de la entidad propietaria.

Por ejemplo la relación E-S existente entre Empresas y Subestaciones es el nombre de la Empresa, entonces el nombre de la Empresa pasa a ser un atributo de la entidad Subestaciones.

La simbología utilizada para las relaciones es :

E = Empresas A = Alimentadores S = Subestaciones
 N = Nodos R = Reguladores T = Transformadores
 L = Líneas C = Conductores

Se tiene las siguientes relaciones de membrecía :

E-A	E-N	E-R	E-T	E-L
S-A	S-N	S-R	S-T	S-L
	A-N	A-R	A-T	A-L

Para estas relaciones de membrecía se aplica el mismo criterio utilizado en la relación entre Empresas y Subestaciones.

La relación que existe entre la entidad Nodos y las entidades de Reguladores, Transformadores y Líneas son los códigos del nodo de envío y del nodo de recepción. Para sumprimir esta relación los códigos de los nodos de envío y de recepción se hacen atributos de las entidades de los Elementos Serie.

La relación entre las entidades de Líneas y los Conductores es el código de configuración de conductor; por tanto,este pasa a ser atributo de la entidad Líneas.

La relación entre las entidades de Nodos y Reguladores es el código del nodo de regulación; por tanto,este pasa a ser atributo de la entidad Reguladores.

En el programa se genera un código auxiliar (que es un caracter) para reemplazar a los nombres de las Empresas, Subestaciones y Alimentadores, en los atributos de las entidades. La ventaja de esto es que se ocupa menor espacio para la Base de Datos ya que la longitud de los registros es menor.

Cada entidad se la representa como una estructura, en la que cada campo de la misma representa un atributo de la entidad. Para especificar un campo se necesita el nombre y el tipo.

Los tipos de campo pueden ser :

char	un byte capaz de contener un caracter ASCII
short	un número entero de dos bytes
long	un número entero de cuatro bytes
float	un número en punto flotante de precisión normal, tiene cuatro bytes
double	un número en punto flotante de doble precisión, tiene ocho bytes

En las páginas siguientes se tiene la definición final de la Base de Datos :

EMPRESAS

```
struct SISTEMAS {  
    short reg_borrado ;    /* Variable para determinar 'si un  
                           registro está borrado */  
  
    char ind_sis ,        /* Código asociado a la Empresa */  
        nombre[11] ,    /* Nombre de la Empresa */  
        clave [11] ,    /* Clave de la Empresa */  
        descp0[41] ,    /* Descripción de la Empresa */  
        descp1[41] ,    /* Descripción de la Empresa */  
        descp2[41] ;    /* Descripción de la Empresa */  
  
    short num_se ,        /* Número de Subestaciones */  
        num_ap ;        /* Número de Alimentadores */  
  
    long num_nodos ,     /* Número de nodos */  
        num_reg ,        /* Número de reguladores */  
        num_trans ,     /* Número de transformadores */  
        num_sec ;        /* Número de secciones */  
  
    short num_iter ;     /* Número máximo de iteraciones */  
  
    float base ,         /* Potencia Base */  
        converf ;       /* Criterio de convergencia */  
};
```

SUBESTACIONES

```
struct SUBESTACIONES {  
    short reg_borrado ;  
  
    char ind_sis ,      /* Código asociado a la Empresa */  
        ind_se ,       /* Código asociado a la Subestación */  
        nombre[12] ,  /* Nombre de la Subestación */  
        descp0[41] ,  /* Descripción de la Subestación */  
        descp1[41] ; /* Descripción de la Subestación */  
  
    short num_ap ,     /* Número de alimentadores */  
        num_nodos ,  /* Número de nodos */  
        num_reg ,    /* Número de reguladores */  
        num_trans , /* Número de transformadores */  
        num_sec ;    /* Número de secciones */  
  
    float volt ,      /* Voltaje nominal fase neutro de la  
                        Subestación en kV */  
        voltmax ,    /* Voltaje máximo permitido en pu */  
        voltmin ,    /* Voltaje mínimo permitido en pu */  
        r[3] ,       /* Módulo de voltaje de las fases A, B  
                        y C en pu */  
        i[3] ,       /* Angulo de voltaje de las fases A, B  
                        y C en pu */  
        req ,        /* Resistencia de cortocircuito en pu */  
        xeq ;        /* Reactancia de cortocircuito en pu */  
};
```

ALIMENTADORES

```
struct ALIMPRI {  
    short reg_borrado ;  
    char ind_sis , /* Código asociado a la Empresa */  
        ind_se , /* Código asociado a la Subestación */  
        ind_ap , /* Código asociado al Alimentador */  
        nombre[2] , /* Nombre del Alimentador */  
        descrip[41] ; /* Descripción del Alimentador */  
  
    short num_nodos , /* Número de nodos */  
        num_reg , /* Número de reguladores */  
        num_trans , /* Número de transformadores */  
        num_sec , /* Número de secciones */  
        tiempo ; /* Tiempo de estudio en años */  
  
    float volt , /* Voltaje nominal fase neutro del  
                alimentador en kV */  
        voltmax , /* Voltaje máximo permitido en pu */  
        voltmin , /* Voltaje mínimo permitido en pu */  
        r[3] , /* Módulo de voltaje de las fases A, B y C  
              en pu */  
        i[3] , /* Angulo de voltaje de las fases A, B y C  
              en pu */  
        tasa , /* Tasa de crecimiento del Alimentador */  
        factor ; /* Factor para demanda mínima */  
    char nodosub[12] ; /* Código del nodo de la S/E */  
};
```

4.1.2 ESQUEMA CONCEPTUAL DE LA BASE DE DATOS.

El modelo interactivo tiene como entidades a las Empresas o Sistemas de Distribución, Subestaciones, Alimentadores, Nodos, Reguladores, Transformadores, Líneas o Secciones, y Conductores.

En las figuras No. 4.1.1 y No. 4.1.2 se puede observar el Análisis Conceptual de la Base de Datos, en donde se indica los atributos para cada una de las entidades.

La relación entre Empresas y Subestaciones es de membresía, en el sentido de que la Empresa es la propietaria y puede tener muchas Subestaciones, lo que se puede representar como (1-*) , mientras que cada Subestación pertenece a una sólo Empresa, esto es (1-1) . Entre la Empresa y la Subestación existe una relación que se la define como E-S .

La simbología utilizada para las relaciones es :

E = Empresas	A = Alimentadores	S = Subestaciones
N = Nodos	R = Reguladores	T = Transformadores
L = Líneas	C = Conductores	

Se tienen las siguientes relaciones de membresía :

NODOS

```
struct NODOS {  
    short reg_borrado ;  
  
    char ind_sis ,      /* Código asociado a la Empresa */  
        ind_se ,      /* Código asociado a la Subestación */  
        ind_ap ,      /* Código asociado al Alimentador */  
        nodo[12] ,    /* Código del Nodo */  
        descrip[12] , /* Descripción del Nodo */  
        fases[4] ;    /* Fases del Nodo */  
  
    short nder ; /* Número de elementos conectados al Nodo */  
  
    float pr[3] ,      /* Potencia activa de carga de las  
                        fases A, B y C en kW */  
        pi[3] ,      /* Potencia reactiva de carga de las  
                        fases A, B y C en KVAR */  
        tasa ,      /* Tasa de crecimiento de la demanda  
                        del nodo */  
        q[3] ,      /* Potencia de condensadores de las  
                        fases A, B y C en kVAR */  
        volt ;      /* Magnitud de voltaje nominal fase  
                        neutro en kV */  
  
    char interrup ; /* Estado de conexión de los  
                        condensadores */  
  
} ;
```

REGULADORES

```
struct REGULADOR {  
    short reg_borrado ;  
    char ind_sis , /* Código asociado a la Empresa */  
        ind_se , /* Código asociado a la Subestación */  
        ind_ap , /* Código asociado al Alimentador */  
        regul[12] , /* Nombre del Regulador */  
        nodop[12] , /* Código del nodo de envío */  
        nodoq[12] , /* Código del nodo de recepción */  
        codreg[7] , /* Tipo del Regulador */  
        ayuda , /* Variable auxiliar para no tomar en  
                cuenta dos veces al mismo Regulador */  
        interrup , /* Estado de conexión del Regulador */  
        nodor[12] , /* Código del nodo de regulación */  
        opcion ; /* Opción deseada */  
  
    short transfcorr , /* Primario del transformador de  
                       corriente */  
        pasos ; /* Número de pasos del Regulador */  
  
    float transfpot , /* Primario del transformador de  
                     potencial */  
        res_comp , /* Resistencia de compensación en  
                   voltios */  
        reac_comp , /* Reactancia de compensación en  
                    voltios */  
        voltreg , /* Voltaje en pu deseado en el punto de
```

```

regulación */
volt ,      /* Voltaje nominal fase neutro del
Regulador en kV */
banda ,     /* Ancho de banda en voltios */
capac ,     /* Capacidad máxima a regular por fase
en KVA */
reg1 ,     /* Porcentaje positivo de regulación */
reg2 ;     /* Porcentaje negativo de regulación */
} ;

```

LINEAS

```

struct SECCIONES {
short reg_borrado ;
char ind_sis , /* Código asociado a la Empresa */
ind_se , /* Código asociado a la Subestación */
ind_ap , /* Código asociado al Alimentador */
seccion[12] , /* Nombre de la Sección */
nodop[12] , /* Código del nodo de envío */
nodoq[12] , /* Código del nodo de recepción */
fases[4] , /* Configuración de fases */
tipsec[7] , /* Tipo de Sección */
ayuda , /* Variable auxiliar para no tomar en
cuenta dos veces a la misma Sección */
interrup ; /* Estado de conexión de la Sección */

float largo ; /* Longitud de la Sección */
} ;

```

TRANSFORMADORES

```
struct TRANSFORMADOR {
    short reg_borrado ;

    char ind_sis ,      /* Código asociado a la Empresa */
        ind_se ,      /* Código asociado a la Subestación */
        ind_ap ,      /* Código asociado al Alimentador */
        transfor[12] , /* Nombre del Transformador */
        nodop[12] ,   /* Código del nodo de envío */
        nodoq[12] ,  /* Código del nodo de recepción */
        codtrans[7] , /* Tipo de Transformador */
        ayuda , /* Variable auxiliar para no tomar en cuenta
                dos veces al mismo Transformador */
        interrup ; /* Estado de conexión */

    float voltpri , /* Voltaje nominal fase neutro del
                    primario en kV */
        voltsec , /* Voltaje nominal fase neutro del
                  secundario en kV */
        capac , /* Capacidad nominal del Transformador
                por fase en MVA */
        Rcc , /* Resistencia de cortocircuito en pu */
        Xcc ; /* Reactancia de cortocircuito en pu */
};
```

CONDUCTORES

```

struct CONDUCTOR {
    short reg_borrado ;

    char codcond[7] , /* Código de la configuración */
        fases[4] , /* Configuración de fases */
        descrip0[41] , /* Descripción del Conductor */
        descrip1[41] ; /* Descripción del Conductor */

    float R[3][3] , /* Matriz de resistencias de Carson en
                    pu */
        X[3][3] , /* Matriz de reactancias de Carson en
                    pu */
        capac ; /* Capacidad nominal del Conductor en
                    amperios */
} ;

```

4.3.2 ANALISIS FISICO DE LAS FUNCIONES.

Para diseñar las funciones se utiliza el lenguaje Microsoft C Versión 5.10 , y rutinas del manejador de archivos C-TREE Versión 4.3 .

Todas las rutinas que hacen mantenimiento, consultas, operación, programas y reportes utilizan funciones del Microsoft C y del C-TREE .

Los programas de Flujos y de Carson utilizan sólo las funciones del Microsoft C.

Todos los programas del proceso interactivo son independientes y ejecutables, por lo que para utilizarlos se necesita una computadora con una memoria RAM de 640 kB.

Se puede configurar para que trabajen con dos diskettes de 5 1/4 con capacidad de 360 kB; con un diskette de 3 1/2 de 720 kB, o en cualquier subdirectorío del disco duro.

En el Manual de Uso se puede ver en detalle lo que hace cada opción de menús y submenús del programa principal, así como la manera de ejecutar los programas de aplicación.

4.3.3 ANALISIS FISICO DE LOS ARCHIVOS DE LA BASE DE DATOS.

SISTEMA.DAT Archivo de datos de Empresas

SISTEMA.IDX Archivo índice de Empresas

El ingreso a la Base de Datos se hace por la entidad Empresas, razón por la cual se tiene indexado el archivo de Empresas por el nombre de las mismas.

SUBESTA.DAT Archivo de datos de Subestaciones

SUBESTA.IDX Archivo índice de Subestaciones

El archivo de Subestaciones tiene un índice con dos campos : el código auxiliar que representa a la Empresa que pertenece la Subestación, y el nombre de la misma.

ALIMPRI.DAT Archivo de datos de Alimentadores

ALIMPRI.IDX Archivo índice de Alimentadores

El archivo de Alimentadores tiene un índice con tres campos : los códigos auxiliares de la Empresa y Subestación a la que pertenece el Alimentador, más el nombre del Alimentador.

NODOS.DAT Archivo de datos de Nodos

NODOS.IDX Archivo de índices de Nodos

El archivo de Nodos tiene dos índices con los siguientes campos :

1.- El código auxiliar de la Empresa, más el código del Nodo.

2.- Los códigos auxiliares de la Empresa, Subestación y Alimentador al que pertenece el Nodo.

CONDUCT.DAT Archivo de datos de Conductores
CONDUCT.IDX Archivo índice de Conductores

El archivo de Conductores tiene un índice cuyo campo es el código de la configuración de conductor.

REGULAD.DAT Archivo de datos de Reguladores
REGULAD.IDX Archivo de índices de Reguladores

TRANSFO.DAT Archivo de datos de Transformadores
TRANSFO.IDX Archivo de índices de Transformadores

SECCION.DAT Archivo de datos de Líneas
SECCION.IDX Archivo de índices de Líneas

Los archivos de Reguladores, Transformadores y Líneas tienen tres índices con los siguientes campos :

- 1.- El código auxiliar de la Empresa, más el código del Nodo de envío.
- 2.- El código auxiliar de la Empresa, más el código del Nodo de recepción.
- 3.- Los códigos auxiliares de la Empresa, Subestación y Alimentador al que pertenecen los Elementos Serie.

4.4 DESCRIPCION DEL PROGRAMA .

El programa está escrito en Lenguaje C, y en forma estructurada, por lo que es fácil comprender su funcionamiento. El programa se divide en 14 módulos, los mismos que por lo general abarcan rutinas específicas a cada entidad de la Base de Datos; todas las rutinas relacionadas con alguna función de la Base; y un módulo principal que llama a cada una de las anteriores.

En la mayoría de los casos, los nombres de las rutinas corresponde de alguna manera a la función que realizan las mismas. Por ejemplo :

La función `Consultar_Empresas(int opción)` es la encargada de hacer consultas de los datos de todos los registros de la entidad Empresas.

Los módulos del programa son : PRINDIS.C , AYUDA.C , CONSULTA.C , MANSIS.C , MANSUB.C , MANALI.C , MAPALI.C , MANNOD.C , MANREG.C , MANTRA.C , MANSEC.C , MANCON.C , PROGRAM.C , REPORTE.C .

En la guía del programador se tiene la descripción de las rutinas más importantes de cada módulo.

A continuación se explica brevemente lo que realizan las rutinas de cada módulo.

PRINDIS.C

Este módulo es el principal, y tiene las rutinas para abrir los archivos de la Base de Datos, inicializar las variables globales a todos los módulos, determinar el tipo de monitor que se está utilizando, y controlar al menú principal y los submenús.

AYUDA.C

En este módulo están las rutinas que permiten desplegar a través de cuadros en la pantalla una breve información de los datos contenidos en los registros de cada una de las entidades de la Base de Datos, y seleccionar la función que se va a realizar en ellos.

CONSULTA.C

Tiene las rutinas para escoger la opción de consulta de los datos de cada uno de los registros de la Base de Datos, y la opción para realizar la Operación de Empresas, Subestaciones y Alimentadores. También están las rutinas para manejo de archivos que se utilizan en las opciones de Operación.

MANSIS.C

En este módulo se encuentran principalmente las

rutinas para realizar el Mantenimiento, Consulta y la Operación de Empresas. Para los datos más importantes que se ingresan para una Empresa se tienen funciones de ayuda, y funciones de error que chequean que los datos ingresados sean correctos.

También están las funciones que borran los registros de todas las entidades que pertenecen a la Empresa OPERACION.

MANSUB.C

En este módulo están las rutinas para realizar el mantenimiento, consulta y la operación de Subestaciones. Para los datos más importantes que se ingresan para una Subestación se tienen funciones de ayuda, y funciones de error.

También están las funciones que simulan una salida del programa al Sistema Operativo.

MANALI.C

Tiene las rutinas para realizar el mantenimiento, consulta y la operación de los Alimentadores. Se tienen funciones de ayuda, y funciones de error para los datos más importantes. Además están las rutinas que borran todos los elementos de un Alimentador, o que los copian en la

Empresa OPERACION.

MAPALI.C

Tiene las rutinas para hacer la reconfiguración de los alimentadores.

MANNOD.C

Tiene las rutinas para realizar el mantenimiento y consulta de los Nodos del Alimentador activo. Para algunos datos que se ingresan se tienen funciones de ayuda, y funciones de error.

MANREG.C

Tiene las rutinas para realizar el mantenimiento y consulta de los Reguladores del Alimentador activo. Para todos los datos que se ingresan se tienen funciones de ayuda, y funciones de error.

MANTRA.C

Tiene las rutinas para realizar el mantenimiento y consulta de los Transformadores del Alimentador activo. Para todos los datos que se ingresan se tienen funciones de ayuda, y funciones de error. También están las rutinas que permiten desplegar un archivo en la pantalla.

MANSEC.C

En este módulo están las rutinas para realizar el mantenimiento y consulta de las Líneas o Secciones del Alimentador activo. Para algunos datos que se ingresan se tienen funciones de ayuda, y funciones de error.

MANCON.C

Tiene las rutinas para realizar el mantenimiento y consulta de los Conductores. Para la mayoría de los datos que se ingresan se tienen funciones de ayuda, y funciones de error. Además está la rutina que permite cambiar los atributos o colores de los menús, cuadros, texto, etc.

PROGRAM.C

Tiene las rutinas que permiten correr los programas de Flujos y de Carson, y las que controlan las opciones de los Reportes.

REPORTES.C

Este módulo es el que contiene todas las rutinas para sacar reportes, ya sea en papel o en un archivo, de los datos de la Base y de los datos y resultados de los programas de Flujos y de Carson.

4.5 APLICACIONES.

El programa interactivo de distribución se puede aplicar tanto en la enseñanza como en el análisis de los Sistemas de Distribución. A continuación se muestra el estudio de diferentes alimentadores que están presentes en la Base de Datos .

4.5.1 EJEMPLO 1 .

Es un pequeño Sistema de Distribución a 4.16 kV , tomado de la Referencia [1], que se utiliza como sistema de prueba para demostrar algunas de las aplicaciones del programa, así como también para comparar los resultados que se tienen, con los del programa de la Ref. [1]. El diagrama lineal del sistema se lo puede observar en el Apéndice.

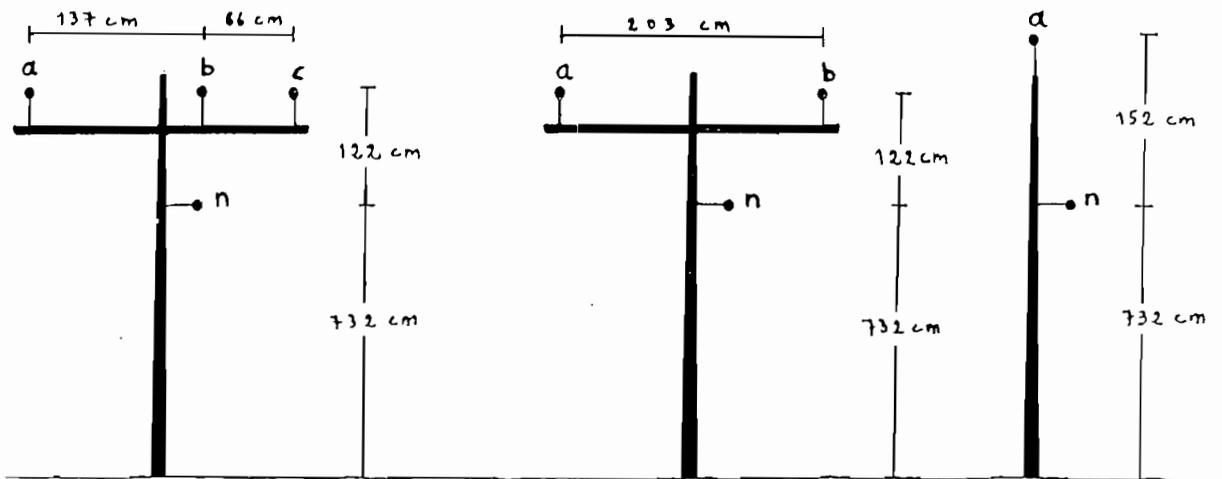
CONDICIONES GENERALES.

Los conductores principales primarios son de 336,400 26/7 ACSR y todos los laterales (trifásicos, bifásicos y monofásicos) son de 1/0 ACSR .

Para cada tamaño y configuración de conductor se asigna un código, el mismo que relaciona a la matriz de impedancia 3x3 calculada con el programa de Carson. Los códigos de configuración de conductores son :

Tamaño del Conductor	Fases	Código
336,400 ACSR	a, b, c, n	AC1
1/0 ACSR	a, b, c, n	AC2
1/0 ACSR	a, n	AC3
1/0 ACSR	b, n	AC4
1/0 ACSR	c, n	AC5
1/0 ACSR	a, c, n	AC6
1/0 ACSR	a, b, n	AC7
1/0 ACSR	b, c, n	AC8

La configuración de los conductores es la siguiente :



Trifásico

Bifásico

Monofásico

En el diagrama de línea se indica el código respectivo de cada línea.

Para el perfil de voltaje se considera aceptable que no haya más del 3% de caída de voltaje entre la subestación y el último Nodo. Se asume que el voltaje en la subestación es 1.0 pu , por lo que el voltaje mínimo permitido es de 0.97 pu .

Además se considera que el desequilibrio de voltaje no puede exceder del 2% . El desequilibrio de voltaje se define como la relación del voltaje de secuencia negativa entre el voltaje de secuencia positiva.

4.5.1.1 Caso 1 .

El caso 1 corresponde al caso básico de la Referencia [1], y los datos se pueden observar en el Apéndice.

Al ingresar los datos y ejecutar el programa de Flujos se obtienen los siguientes resultados :

1. Flujo de Carga Radial : se tiene el flujo de las líneas, transformadores y reguladores para cada una de las fases. en magnitud de la corriente en amperios, ángulo en grados y una indicación si hay sobrecarga. Además se tiene el mayor porcentaje de carga respecto de la corriente nominal del elemento serie.

2. Perfil de Voltaje : se tiene la magnitud de voltaje en por unidad y el ángulo en grados por fase para cada uno de los nodos; el voltaje nominal en kilovoltios y el desequilibrio del voltaje del Nodo.

3. Sumario : indica el número de iteraciones requeridas para la solución, los criterios de convergencia real e imaginario utilizados, la potencia de entrada total al sistema por fases, las potencias de carga y de pérdidas totales del sistema por fases, y si hay reguladores los datos más importantes de los mismos.

Los resultados se pueden observar en el Apéndice, y al analizar los mismos se tiene :

- El criterio de caída de voltaje no se satisface, pues desde el nodo AA12-696305 (cuya descripción es B20) en adelante, se tiene voltajes menores a 0.97 pu . El menor voltaje es 0.954599 pu en el nodo AA12-453396 (B50) .
- El criterio de desbalance de voltaje es aceptable, ya que el mayor desbalance es de 0.6434 % en el Nodo AA12-544457 (B180) .
- Las pérdidas totales son de 32.285 kW y 41.426 kVAR .

Los resultados que se tienen en la Ref. [1] son :

- El criterio de caída de voltaje no se satisface, ya que desde el nodo B20 se tiene voltajes menores a 0.97 pu . El menor voltaje es 0.954760 pu en el nodo B50 .
- Se tiene un desbalance de 0.5419 % en el nodo B180 , pero el mayor desbalance es de 0.6018 % en el nodo B210 , por lo que el criterio de desbalance de voltaje es aceptable.
- Las pérdidas totales son de 33.900 kW y 43.782 kVAR .

Hay pequeñas diferencias entre los resultados del programa y los que se tienen en la Ref. [1], los mismos que se deben a que no se conoce con exactitud algunos datos, como por ejemplo los valores de las impedancias de Carson.

En el programa se saca desbalance sólo para los nodos que son trifásicos, mientras que en la Ref. [1] se saca también para los bifásicos, para lo cual se utiliza el voltaje de la fase faltante del nodo trifásico más cercano, siendo esta la razón para que el nodo B210 tenga el mayor desbalance.

4.5.1.2 Caso 2 .

Para aminorar el problema de caída de voltaje se instala un banco de capacitores trifásicos en paralelo en el nodo AA12-696305 (B20) , ya que desde este nodo el

voltaje es menor a 0.97 pu . Un buen punto de partida para escoger el tamaño, es instalar bancos de capacitores de tal modo que el flujo total de potencia reactiva hacia el nodo sea suministrado por el banco. Ref. [1]

El flujo de potencia que llega al nodo B20 desde el nodo B130 , para la fase a es de 323.933 kW y 178.028 kVAR. Ya que los capacitores generalmente tienen incrementos de 25 kVAR , y más que todo para relacionar los resultados con los de la Ref. [1] (cuyo flujo es de 315.9 kW y 189.0 kVAR) se instala un banco de capacitores de 200 kVAR por fase en el nodo B20 .

De los resultados de la Ref. [1], se tiene que todos los voltajes quedan sobre 0.97 pu , excepto el voltaje de la fase a desde el nodo B180 hasta el nodo B50 . Por tanto se instala un banco de capacitores de 50 kVAR en la fase a del nodo B50 .

El sistema con los bancos de capacitores instalados en los nodos B20 y B50 , constituye el "caso básico final" de la Ref. [1], siendo este el que se analiza con el programa.

Los datos y resultados del caso 2 se pueden consultar en el Apéndice.

Al analizar los resultados del programa se tiene :

- El menor voltaje es 0.972387 pu en el nodo B50 , por lo que se satisface el criterio de caída de voltaje.

- El desbalance máximo es de 0.5827 % en el nodo B180 , siendo esto aceptable. Hay que recalcar que se reduce el desbalance, ya que en el caso 1 se tenía 0.6434 % .

Al usar los bancos de capacitores en paralelo a más de que se incrementa el voltaje, se reducen las pérdidas de potencia, se mejora el factor de potencia y se incrementa la capacidad del sistema. Esto se puede observar al comparar los resultados del caso 1 y del caso 2.

Comparación de potencias de pérdidas totales

	Caso 1	Caso 2	Reducción
Fase A	13.670 kW	10.632 kW	22.22 %
Fase B	9.029 kW	7.636 kW	15.43 %
Fase C	9.586 kW	8.233 kW	14.11 %
	—————	—————	—————
Total	32.285 kW	26.501 kW	17.92 %

Al incluir el banco de capacitores se reducen las pérdidas totales en 17.92 % respecto del caso 1 .

Comparación de potencias de salida de la subestación

	Caso 1	Caso 2	Reducción
Fase A	660.664 kVA	576.227 kVA	12.78 %
Fase B	577.757 kVA	508.041 kVA	12.07 %
Fase C	604.250 kVA	532.952 kVA	11.80 %
	-----	-----	-----
Total	1842.671 kVA	1617.220 kVA	12.24 %

Con el banco de capacitores se reduce en 12.24 % la potencia de salida de la subestación para la misma carga, por lo tanto se incrementa la capacidad del sistema ya que se puede servir más carga con la misma potencia de salida de la subestación.

Comparación del factor de potencia en la subestación

	Caso 1	Caso 2	Aumento
Fase A	0.86999	0.99219	14.05 %
Fase B	0.86996	0.98660	13.41 %
Fase C	0.86981	0.98364	13.09 %

Los resultados que se tienen en la Ref. [1] son .:

- El menor voltaje es 0.971 pu en el nodo B50 .

Comparación de potencias de pérdidas totales

	Caso básico	Caso final	Reducción
Fase A	14.180 kW	11.010 kW	22.36 %
Fase B	8.870 kW	7.300 kW	17.70 %
Fase C	10.850 kW	8.960 kW	17.42 %
	-----	-----	-----
Total	33.900 kW	27.270 kW	19.56 %

Al incluir el banco de capacitores se reducen las pérdidas totales en 19.56 % respecto del caso básico.

4.5.1.3 Caso 3 .

Con el programa se puede hacer estudios de la operación en condiciones de emergencia, como por ejemplo cuando la subestación deja de funcionar, para lo cual es necesario alimentar al sistema por un punto de conexión con una troncal alimentadora adyacente. Para este caso se escoge como punto de conexión el nodo AA12-544305 (B400) .

Para simular esto, en los datos del alimentador se define como el nodo de la subestación al nodo B400 , para que al ~~correr~~ correr el programa de Flujos, se le tome como punto de partida para formar la configuración del alimentador.

Los datos y resultados del caso 3 se pueden observar en el Apéndice.

Al analizar los resultados del programa se tiene :

- Se tiene un voltaje menor a 0.97 pu sólo en las fase b de los nodos B150 y B120 . El menor voltaje es 0.966242 pu en el nodo B120 .
- El desbalance máximo es de 0.3453 % en el nodo B180 , siendo este un valor menor al de 0.5827 % que se tiene para el caso 2 .
- Las pérdidas totales del sistema son de 30.412 kW .
- En la fase a de la línea que sale de la subestación hay una pequeña sobrecarga de 4.15 % respecto de la capacidad nominal del conductor.

Esto puede ser una condición aceptable de operación para una situación de emergencia.

Los resultados que se tienen en la Ref. [1] son :

- El menor voltaje es 0.9815 pu en el nodo B120 .
- El desbalance máximo es 0.423 % en el nodo B210 .

- Las pérdidas totales del sistema son 33.61 kW .

4.5.1.4 Caso 4 .

El programa puede simular el crecimiento de las cargas con el tiempo, para lo cual se debe especificar una tasa de crecimiento anual que se aplica a todas las cargas del alimentador; y el tiempo de estudio en años.

Se asume que la tasa es del 5.0 % y el tiempo de estudio es 10 años. Al correr el programa de Flujos, se incrementan las cargas antes de realizar los cálculos.

Los datos y resultados del caso 4 se pueden observar en el Apéndice.

Al analizar los resultados del programa se tiene :

- El mínimo voltaje es 0.942419 pu en el nodo B50 .
- El desbalance máximo de voltaje es 0.9919 % en el nodo B180 .
- Las pérdidas totales son 74.352 kW .
- Se tiene una sobrecarga del 13.63 % en la fase a de la línea L10 .

Los resultados que se tienen en la Ref. [1] son :

- El mínimo voltaje es 0.942 pu en el nodo B50 .
- El desbalance máximo de voltaje es 0.942 % en el nodo B210 .
- Las pérdidas totales son 77.90 kW .
- No hay líneas sobrecargadas.

El estudio indica que el sistema puede soportar el incremento de las cargas, ya que los voltajes bajos pueden corregirse instalando un regulador de voltaje, o añadiendo bancos de capacitores en paralelo.

4.5.1.5 Caso 5 .

En el perfil de voltaje del caso 4, se puede observar que los voltajes bajos ocurren a continuación del nodo B130 hasta el final de los laterales. Para solucionar esto se instalan tres reguladores monofásicos tipo paso en el nodo B130, y para comparar los resultados con los de la Ref. [1] se define al nodo B70 como el nodo de regulación.

Se escoge la opción 1 del regulador, es decir que se trata de mantener constante el voltaje en el punto de

regulación, para lo cual se ajustan los taps y se calculan los valores de RLDC y XLDC. Se establece el nivel de voltaje en 1.0167 pu (122 voltios en la base del regulador) con un ancho de banda de 2 voltios.

Se tienen también voltajes menores a 0.97 pu en los nodos monofásicos B80 y B120 . Una solución sería colocar bancos de capacitores en estos nodos, pero no se lo hace, para mantener una relación con los datos de la Ref. [1] .

Los datos y resultados del caso 5 se pueden observar en el Apéndice.

Al analizar los resultados del programa se tiene :

- El voltaje de salida del regulador en la fase a es 1.031792 pu , mientras que el voltaje en el nodo de regulación es 1.016885 pu (122.02 V) .
- La fase α del nodo B160 tiene un voltaje de 1.035597 pu que es mayor al de 1.03 pu que se ha fijado como límite para un nodo con carga. Hay otros nodos con voltajes mayores a 1.03 pu , pero no tienen cargas conectadas.
- El desbalance máximo de voltaje es 1.1402 % en el nodo B180 .

- Persiste la sobrecarga en la fase a de la línea L10 , con un valor de 13.48 % .
- El valor de RLDC es 0.736 V y el de XLDC es 0.557 V . Estos valores son calculados sólo para la fase a .
- Los valores de los taps son 6.25 % , 5.00 % y 6.25 % para las fases a, b y c respectivamente.

Comparación de potencias de pérdidas totales

	Caso 4	Caso 5	Reducción
Fase A	30.432 kW	29.682 kW	2.46 %
Fase B	21.068 kW	20.791 kW	1.31 %
Fase C	22.852 kW	22.227 kW	2.73 %
	_____	_____	_____
Total	74.352 kW	72.700 kW	2.22 %

Al incluir el regulador de voltaje hay una disminución del 2.22 % en las pérdidas totales respecto del caso 4 . Esto se debe a que se utiliza para la carga el modelo de potencia constante, por lo que si se aumenta el nivel de voltaje; entonces se disminuye la corriente y por tanto las pérdidas:

Los resultados que se tienen en la Ref. [1] son :

- El voltaje de salida del regulador en la fase **a** es de 1.0315 pu , y el voltaje en el nodo de regulación es de 1.0155 pu , ó 121.87 voltios en la base del regulador.
- El valor de RLDC es 1.053 V y el de XLDC es 0.561 V .
- Los valores de los taps son 10 , 8 y 10 para las fases **a**, **b** y **c** respectivamente. Si se toma en cuenta que el tamaño de un paso es de 0.625 % (10.0 % / 16 pasos) entonces los taps se pueden expresar como 6.25 % , 5.00 % y 6.25 % que son los que se obtuvieron con el programa.

4.5.1.6 Caso 6 .

Un sistema de distribución con cargas extremadamente desequilibradas presenta algunas características inusuales de operación. Para esto se conecta la línea trifásica L22 , de 1.524 km de longitud y de calibre 1/0 ACSR , entre los nodos AA22-000761 (B100) y AA32-524761 (B111) en el sistema del caso 2 .

En el nodo B111 se conecta una carga severamente desequilibrada de 500 kVA en la fase **a** y 50 kVA en las fases **b** y **c** . El factor de potencia se asume como 0.9 en retraso.

Los datos y resultados del caso 6 se pueden observar en el Apéndice.

Voltajes en los extremos de la línea L22

	Nodo B100	Nodo B111	
Fase a	0.927713 / -2.9°	0.746902 / -7.0°	19.49 % caída
Fase b	1.007173 / -121.2°	1.045852 / -122.5°	3.84 % elevación
Fase c	0.986092 / 120.4°	0.976187 / 123.2°	1.00 % caída

Como se podía esperar, la fase a tiene una severa caída de voltaje, mientras que la fase c tiene una caída de voltaje normal. Lo inesperado resulta el aumento de voltaje en la fase b, el mismo que es correcto y se debe a la manera en que ocurre el acoplamiento entre las fases.

Flujo de potencia en la línea L22

	Sale de B100	Llega a B111	Pérdidas
Fase a	538.196 kW	450.000 kW	88.196 kW
Fase b	42.843 kW	45.000 kW	-2.157 kW
Fase c	46.456 kW	45.000 kW	1.456 kW

Total de pérdidas = 87.495 kW

En la fase a se tiene un gran porcentaje de pérdidas de 16.39 % , la fase c tiene pérdidas normales de 3.13 % , mientras que la fase b tiene pérdidas negativas de -5.03 %.

Nuevamente el modelo preciso del acoplamiento mutuo, permite observar una condición real e inusual : la transferencia de potencia de la fase a a la fase b sin tener una conexión física, en la misma manera que ocurre la transferencia de potencia a través de un transformador.

Ref. [1]

Aunque el desequilibrio usado para el ejemplo no es muy realista, permite conocer el incremento de voltaje y "pérdidas negativas de energía" que pueden presentarse en un sistema real de distribución. Ref. [1]

Los resultados que se tienen en la Ref. [1] son :

Voltajes en los extremos de la línea L22

	Nodo B100	Nodo B111	
Fase a	0.9404 / -2.5°	0.7797 / -5.6°	17.70 % caída
Fase b	0.9981 / -120.9°	1.0127 / -121.2°	1.50 % elevación
Fase c	0.9819 / 119.6°	0.9638 / 120.6°	1.80 % caída

Flujo de potencia en la línea L22

	Sale de B100	Llega a B111	Pérdidas
Fase a	527.760 kW	450.000 kW	77.760 kW
Fase b	44.236 kW	45.000 kW	-0.764 kW
Fase c	46.234 kW	45.000 kW	1.234 kW

Total de pérdidas = 78.231 kW

CONCLUSIONES

- Como se ha podido observar en los casos anteriores el programa es de gran utilidad para la enseñanza de la planificación, diseño y operación de Sistemas de Distribución.
- Al analizar las redes en forma trifásica se pueden considerar los desbalances de las cargas y de las impedancias de las líneas, y el efecto que producen en las redes.
- Para solucionar el problema de caída de voltaje en las líneas el programa permite usar capacitores y reguladores de voltaje, de esta manera el estudiante puede analizar diferentes alternativas para escoger la más conveniente en términos económicos y técnicos.

4.5.2 EJEMPLO 2 .

El programa también puede ser utilizado para analizar Sistemas de Distribución reales. Para esto se utiliza el alimentador a 4.16 kV, tomado de la Referencia [14], cuyo diagrama lineal se lo puede observar en el Apéndice.

CONDICIONES GENERALES.

Los códigos de configuración de conductores son :

Tamaño del Conductor	Fases	Código
2/0 ACSR	a, b, c, n	R20AC1
1/0 ACSR	a, b, c, n	R10AC1
2 ACSR	a, b, c, n	R2AC1
4 ACSR	a, b, c, n	R4AC1
2 ACSR	a, n	R2AC2
2 ACSR	b, n	R2AC3
4 ACSR	c, n	R4AC4
2 Cu	a, b, c, n	R2CU1
6 Cu	a, b, c, n	R6CU1

En el diagrama de línea se indica el código respectivo de cada línea.

La configuración de los conductores es la siguiente :

Los datos y resultados del caso actual se pueden observar en el Apéndice.

Al analizar los resultados del programa se tiene :

- El criterio de caída de voltaje no se satisface, ya que desde el nodo MM22-240980 (B756) en adelante, se tiene voltajes menores a 0.926538 pu . El menor voltaje es 0.903922 pu en la fase a del nodo MM23-970635 (B793) .
- El criterio de desbalance de voltaje es aceptable, ya que el mayor desbalance es de 0.2219 % en el Nodo MM23-770395 (B790) .
- Las pérdidas totales son de 28.791 kW y 15.902 kVAR .
- No hay líneas sobrecargadas.

Los resultados que se tienen en la Ref. [14] son :

- El criterio de caída de voltaje no se satisface, ya que desde el nodo 756 se tiene voltajes menores a 0.926538 pu . El menor voltaje es 0.908 pu en el nodo 793 .
- Las pérdidas totales son de 27.48 kW y 15.70 kVAR .
- No hay líneas sobrecargadas.

Del estudio se concluye que el sistema puede soportar el incremento de las cargas, para lo cual únicamente hay que resolver el problema de caída de voltaje .

4.5.2.2 Caso Final.

En la Referencia [14] se hace el estudio de diferentes alternativas para solucionar el problema de bajos voltajes, pero específicamente en la parte del alimentador que sirve a la ciudadela San Cayetano.

En este caso se presenta otra alternativa para solucionar la caída de voltaje, pero considerando a todo el alimentador.

En el flujo radial de carga del caso actual se observa que las líneas L754 y L756 que forman parte de la troncal, son las que tienen mayor porcentaje de carga (52.98% y 62.17% respectivamente), y puesto que sus conductores son pequeños (2 ACSR y 4 ACSR) se tienen caídas de voltaje relativamente grandes. Para solucionar esto se cambian en las dos líneas los conductores a 2/0 ACSR .

Luego de revisar los flujos de potencia reactiva por las líneas se instalan bancos de capacitores de 25 kVAR por fase en los nodos B757 y B760 para mejorar el nivel de tensión.

Al correr el programa con estos cambios se obtienen bajos voltajes a partir del nodo B784 , razón por la cual se conecta un banco de capacitores de 25 kVAR por fase en este nodo, constituyendo este el caso final.

Los datos y resultados del caso final se pueden observar en el Apéndice.

Al analizar los resultados se tiene :

- El menor voltaje es 0.927414 pu en la fase a del nodo B793 por lo que se cumple el criterio de caída de voltaje.
- Las pérdidas totales son 18.906 kW y 14.482 kVAR.

Comparación de potencias de pérdidas totales

	Caso actual	Caso Final	Reducción
Fase A	10.522 kW	7.053 kW	32.97 %
Fase B	10.051 kW	6.644 kW	33.90 %
Fase C	8.218 kW	5.209 kW	36.62 %
	_____	_____	_____
Total	28.791 kW	18.906 kW	34.33 %

Con los cambios realizados se reducen las pérdidas totales en un 34.33 % .

El caso final constituye una alternativa razonable para el alimentador en estudio, ya que el costo es pequeño, y se justifica por cuanto se mejora el servicio. Además se podría recuperar la inversión ya que al reducir las pérdidas también disminuye el costo de las mismas.

CAPITULO VI -

CONCLUSIONES -

- Manejar un Sistema de Distribución es bastante complejo debido a la interrelación de un número muy grande de variables, de ahí que se torne imprescindible el sistematizar la consecución y almacenamiento de los datos necesarios para simular el comportamiento del sistema para algunas condiciones de trabajo al que está expuesto.
- La Base de Datos juega un papel central en la operación como tal de un sistema, para lo cual debe procurar la utilización conjunta de los mismos datos por el mayor número de aplicaciones posibles.
- Es necesario mantener el conjunto de datos lo más actualizado y veraz posible, esto se puede lograr sólo con una labor continua de recopilación de información y validación de la misma.
- El programa permite manipular redes radiales aéreas de distribución de forma sistémica tanto para la etapa de diseño como en la operativa y las interrelaciones entre estas dos etapas.
- El programa interactivo da un nuevo enfoque a la enseñanza de Sistemas de Distribución, ya que el estudiante

no tiene que hacer largos y tediosos cálculos para la planificación, diseño y operación de las redes de distribución, por lo que dispone de mayor tiempo para preparar los datos, analizar los resultados y tomar decisiones.

- El programa puede ser aplicado a nivel profesional para la planificación, diseño y operación de Sistemas de Distribución reales.

- El programa al estar escrito en Lenguaje C permite que con pocos cambios o ninguno pueda ser utilizado en otros computadores que sean más rápidos, tengan mayor capacidad de almacenamiento, trabajen a nivel de multiusuario o incluso tengan un Sistema Operativo diferente.

- La Base de Datos es independiente de los programas de aplicación, por lo que permite que sus datos puedan ser utilizados por otros programas.

- Se garantiza que los datos del programa de flujos sean válidos pues se detectan los errores en los datos antes de ser ingresados a los archivos de la Base de Datos, y previamente al ejecutar el programa.

- El método iterativo usado para la solución del flujo de carga en redes radiales a más de ser sencillo y rápido, presenta buenas condiciones de convergencia.

- En un sistema de Distribución no se tiene las corrientes trifásicas equilibradas ello obedece a que existe un gran porcentaje de cargas bifásicas y en menor parte monofásicas, que hacen que el sistema no sea balanceado. Además las líneas de distribución no son transpuestas, ni tampoco se puede suponer que la disposición de los conductores sea un triángulo equilátero. Por esto es importante analizar las redes en forma trifásica ya que sólo así se pueden considerar los desbalances de las cargas y de las impedancias de las líneas y el efecto que producen en las redes.

- En redes con cargas extremadamente desequilibradas se pueden producir incrementos de voltaje y "pérdidas negativas de energía" .

- Las ecuaciones de Carson permiten calcular la impedancia propia de un conductor con retorno por tierra y la impedancia mutua entre dos conductores con retorno común por tierra, las mismas que dependen del tipo de conductor, frecuencia, resistividad de la tierra, diámetro del conductor, espaciamiento entre conductores y su altura sobre tierra.

- Para una determinada configuración de conductor la presencia del conductor neutro aumenta el valor de las resistencias y disminuye el valor de las reactancias, dando como resultado final la disminución del valor de las

impedancias de Carson.

- Al aumentar la altura de los conductores disminuye el valor de las resistencias y aumenta el de las reactivas, y viceversa. Sin embargo, para alturas cuyo rango de diferencia está en el orden de pocos metros, las variaciones que se tienen en los valores de las impedancias son mínimas y por tanto se las puede despreciar. Por esta razón cuando se tengan diferentes alturas para una configuración de conductor se debe utilizar el promedio de las mismas para calcular las impedancias.

- Con un regulador de voltaje se tiene un mejor control del nivel de voltaje en la red, pero su inconveniente es el costo. Al utilizar para la carga el modelo de potencia constante, con el regulador también disminuyen las pérdidas de potencia y energía.

- Al reducir el ancho de banda en un regulador, la longitud y carga del alimentador a ser regulado se incrementa, pero aumenta también el número de operaciones.

- El compensador de caída de voltaje (LDC) permite que el regulador trate de mantener constante el voltaje en un punto alejado del mismo.

- El transformador de línea es de gran importancia ya que permite interconectar ramales del sistema con diferentes

tensiones nominales cuando sea necesario mantener el servicio, en procesos de cambio en el nivel de voltaje.

- Al conectar en la red bancos de capacitores en paralelo se incrementan el nivel de voltaje y la capacidad del sistema, se reducen las pérdidas de potencia y energía, y se mejora el factor de potencia.

- Cuando hay una demanda variable de potencia reactiva en el sistema se utilizan bancos de capacitores que pueden entrar en operación en forma normal o automática, para evitar que en mínima demanda se tenga tensiones mayores a la nominal. Con el programa se puede simular la mínima demanda y la conexión o desconexión manual de los capacitores en cada nodo.

- La reconfiguración de alimentadores es importante para procurar la continuidad de servicio, dotar de un mejor nivel de operación en condiciones normales, definir áreas de influencia que estén acordes con la situación y capacidad de las subestaciones y encontrar la mejor ubicación de las transferencias de carga.

- Con el programa se puede reconfigurar los alimentadores con el objeto de encontrar un mejor nivel de operación para el Sistema de Distribución tanto en condiciones normales como de emergencia.

- El programa puede simular el crecimiento de las cargas con el tiempo, ya sea en forma global o en forma desagregada, de acuerdo con el tipo y ubicación geográfica de las cargas, lo que es de gran utilidad para los estudios de planificación.

- Para hacer el estudio de casos reales la dificultad más grande es la de conseguir información, ya que en algunos casos ésta no es actualizada, o no es correcta; es restringida o simplemente no existe.

RECOMENDACIONES -

- Se recomienda utilizar el programa tanto en la enseñanza como en las Empresas Eléctricas para la planificación, diseño y operación de Sistemas de Distribución.

- Se recomienda desarrollar otros programas de aplicación como el de administración de carga, localización de capacitores, cálculo de cortocircuitos, etc.

- Se recomienda añadir rutinas que permitan observar en la pantalla el perfil de voltaje y la configuración de los alimentadores.

- Se recomienda utilizar un modelo más completo para los reguladores y transformadores, así como también considerar

las capacitancias de los cables para hacer el estudio de redes subterráneas.

- Sobre la base del Sistema de Cuadrículas planteado en este trabajo se pueden desarrollar programas de aplicación que realicen la entrada de datos y salida de resultados en forma gráfica a través de digitalizadores y plotters, utilizando los mapas del Instituto Geográfico Militar.

- Se recomienda que el programa de Carson ingrese directamente los valores de la matriz de impedancias hacia el programa PRINDIS . Tomando en cuenta que la matriz es simétrica se sugiere además que los valores de las impedancias para el caso trifásico, bifásico y monofásico se guarden en un sólo registro del archivo de datos de conductores, ya que así se podrá tener mayor capacidad de información.

- En el programa también se da la posibilidad de tener redes malladas, por lo que sería conveniente desarrollar un programa que utilice el método de Newton para obtener los flujos en estas redes.

- Se recomienda a las Empresas Eléctricas el tratar de mantener en lo posible la información actualizada y validada ya que de nada servirán los resultados de cualquier programa si los datos que se ingresan no están acordes con la realidad.

CAPITULO VI .

ANEXOS .

6.1 MANUAL DE USO DEL PROGRAMA .

El manual de uso del programa se puede consultar en la carpeta adjunta a la tesis.

6.2 GUIA DEL PROGRAMADOR .

La guía del programador se puede consultar en la carpeta adjunta a la tesis.

6.3 LISTADO DEL PROGRAMA .

Los archivos fuentes de los programas están en dos diskettes, los mismos que están archivados en la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la E.P.N.

APENDICE

DATOS Y RESULTADOS

DE LOS EJEMPLOS DE

APLICACION

ALIMENTADOR DE LA REFERENCIA [1]

DATOS DEL CASO 1

Programa PRINDIS V_1.0 .EPN FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA SEP TESIS DE GRADO MARCO MEDINA DURAN
FECHA : 04/03/1992 HORA : 18:53:04

PROGRAMA DE FLUJO RADIAL

DATOS GENERALES

Nombre de la Empresa : TESIS

Descripción 1 : Empresa Electrica TESIS

Descripción 2 :

Descripción 3 :

Nombre de la Subestación : TESIS

Descripción 1 : Subestación a 2.4018 kV fn utilizada

Descripción 2 : para el ejemplo del paper.

Nombre del Alimentador : A

Descripción : Alimentador radial a 2.4018 kV TESIS

Potencia BASE (MVA) : 1.000

Voltaje BASE fase neutro (kV) : 2.4018

Número máximo de iteraciones : 10

Criterio de convergencia real : 0.000010

Criterio de convergencia imaginario : 0.000010

Código del nodo de la Subestación : AA22-000000

Tasa de crecimiento del Alimentador (%) : 0.000

Tiempo de estudio en años : 0

Factor de demanda : 1.0000

Voltaje máximo permitido en el Alimentador (pu) : 1.030000

Voltaje mínimo permitido en el Alimentador (pu) : 0.970000

Voltaje de la fase A módulo (pu) : 1.000000

ángulo (°) : 0.000

Voltaje de la fase B módulo (pu) : 1.000000

ángulo (°) : 240.000

Voltaje de la fase C módulo (pu) : 1.000000

ángulo (°) : 120.000

Número de nodos : 25

Número de reguladores : 0

Número de transformadores : 0

Número de secciones : 24

Número de tipos de conductores : 7

Programa PRINDIS V_1.0 EPN FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA SEP TESIS DE GRADO MARCO MEDINA DURAN
 Empresa : TESIS S/E : TESIS Alimentador : A FECHA : 04/03/1992 HORA : 18:53:06
 PROGRAMA DE FLUJO RADIAL DATOS DE NODOS

código del nodo	descripción del nodo	fases	ND	tasa (%)	V.nom. (kV)	E C	Potencias Fase A			Potencias Fase B			Potencias fase C		
							P (kW)	Q (kVAR)	C (kVAR)	P (kW)	Q (kVAR)	C (kVAR)	P (kW)	Q (kVAR)	C (kVAR)
AA22-000000	S500	ABC	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA22-000305	B350	ABC	3	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA22-000457	B110	ABC	3	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA12-848305	B130	ABC	3	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA22-000609	B220	ABC	3	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA22-152457	B140	ABC	3	0.0	2.402	0	43.9	24.0	0.0	43.7	24.3	0.0	43.8	24.2	0.0
AA12-848000	B160	ABC	1	0.0	2.402	0	42.1	23.2	0.0	42.1	23.4	0.0	42.0	23.3	0.0
AA12-696305	B20	ABC	4	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA22-000761	B100	ABC	2	0.0	2.402	0	43.9	24.0	0.0	43.7	24.3	0.0	43.8	24.2	0.0
AA12-878609	B170	ABC	2	0.0	2.402	0	65.8	36.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA22-304457	B90	ABC	2	0.0	2.402	0	43.9	24.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA22-152335	B40	C	2	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	43.8	24.2	0.0
AA12-696457	B200	ABC	2	0.0	2.402	0	65.8	36.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA12-696153	B70	ABC	3	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.6	36.3	0.0
AA12-544305	B400	ABC	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA12-756609	B150	BC	2	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	43.8	24.2	0.0
AA22-304579	B30	B	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	43.7	24.3	0.0	0.0	0.0	0.0
AA22-152213	B80	C	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	43.8	24.2	0.0
AA12-544457	B180	ABC	2	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	43.7	24.3	0.0	0.0	0.0	0.0
AA12-696062	B10	ABC	1	0.0	2.402	0	146.2	80.0	0.0	145.7	81.0	0.0	145.8	80.7	0.0
AA12-605153	B60	C	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	43.8	24.2	0.0
AA12-634609	B120	B	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	87.4	48.6	0.0	0.0	0.0	0.0
AA12-453457	B210	AB	3	0.0	2.402	0	43.9	24.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA12-453396	B50	A	1	0.0	2.402	0	65.8	36.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA12-392457	B190	B	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	43.7	24.3	0.0	0.0	0.0	0.0

Programa PRINDIS V_1.0 EPN FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA SEP TESIS DE GRADO MARCO MEDINA DURAN
 Empresa : TESIS S/E : TESIS Alimentador : A FECHA : 04/03/1992 HORA : 18:53:10
 PROGRAMA DE FLUJO RADIAL DATOS DE SECCIONES

Nombre de la sección	Nodo de envío	Nodo de recepción	fases	EC	tipo de sección	longitud (km)
LT1	AA22-000000	AA22-000305	ABC	1	AC1	0.3050
LT2	AA22-000305	AA22-000457	ABC	1	AC1	0.1520
L10	AA22-000305	AA12-848305	ABC	1	AC2	0.1520
LT3	AA22-000457	AA22-000609	ABC	1	AC1	0.1520
L5	AA22-000457	AA22-152457	ABC	1	AC2	0.1520
L13	AA12-848305	AA12-848000	ABC	1	AC2	0.3050
L11	AA12-848305	AA12-696305	ABC	1	AC2	0.1520
L1	AA22-000609	AA22-000761	ABC	1	AC2	0.1520
L2	AA22-000609	AA12-878609	ABC	1	AC2	0.1220
L6	AA22-152457	AA22-304457	ABC	1	AC2	0.1520
L8	AA22-152457	AA22-152335	C	1	AC5	0.1220
L17	AA12-696305	AA12-696457	ABC	1	AC2	0.1520
L14	AA12-696305	AA12-696153	ABC	1	AC2	0.1520
L12	AA12-696305	AA12-544305	ABC	1	AC2	0.1520
L3	AA12-878609	AA12-756609	BC	1	AC8	0.1220
L7	AA22-304457	AA22-304579	B	1	AC4	0.1220
L9	AA22-152335	AA22-152213	C	1	AC5	0.1220
L18	AA12-696457	AA12-544457	ABC	1	AC2	0.1520
L16	AA12-696153	AA12-696062	ABC	1	AC2	0.0910
L15	AA12-696153	AA12-605153	C	1	AC5	0.0910
L4	AA12-756609	AA12-634609	B	1	AC4	0.1220
L19	AA12-544457	AA12-453457	AB	1	AC7	0.0910
L21	AA12-453457	AA12-453396	A	1	AC3	0.0610
L20	AA12-453457	AA12-392457	B	1	AC4	0.0610

Programa PRINDIS V_1.0 EPH FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA SEP TESIS DE GRADO MARCO MEDINA DURAN
 Empresa : TESIS S/E : TESIS Alimentador : A FECHA : 04/03/1992 HORA : 18:53:12

PROGRAMA DE FLUJO RADIAL DATOS DE CONDUCTORES
 código fases capac(A) Descripción Matriz de Impedancias de Carson en ohmios/ka

AC1 ABC 530.00 fase : 336,400 , neutro : 4/0 ACSR rho = 100 , flecha = 0 , f = 60 Hz
 0.28240445 0.67221469 0.09656025 0.26589710 0.09530905 0.24039073
 0.09656025 0.26589710 0.29069072 0.64486951 0.09952035 0.31118357
 0.09530905 0.24039073 0.09952035 0.31118357 0.28799349 0.65368879

AC2 ABC 230.00 fase : 1/0 , neutro : 1/0 ACSR rho = 100 , flecha = 0 , f = 60 Hz
 0.75185025 0.80058926 0.12943022 0.30376893 0.12762710 0.27745247
 0.12943022 0.30376893 0.76372391 0.77855456 0.13364927 0.35093409
 0.12762710 0.27745247 0.13364927 0.35093409 0.75987315 0.78565687

AC5 C 230.00 fase : 1/0 , neutro : 1/0 ACSR rho = 100 , flecha = 0 , f = 60 Hz
 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000
 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000
 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000 1.25625312 0.99110371

AC8 BC 230.00 fase : 1/0 , neutro : 1/0 ACSR rho = 100 , flecha = 0 , f = 60 Hz
 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000
 0.00000000 0.00000000 0.75185025 0.80058926 0.12762710 0.27745247
 0.00000000 0.00000000 0.12762710 0.27745247 0.75987315 0.78565687

AC4 B 230.00 fase : 1/0 , neutro : 1/0 ACSR rho = 100 , flecha = 0 , f = 60 Hz
 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000
 0.00000000 0.00000000 1.25625312 0.99110371 0.00000000 0.00000000
 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000

AC7 AB 230.00 fase : 1/0 , neutro : 1/0 ACSR rho = 100 , flecha = 0 , f = 60 Hz
 0.75185025 0.80058926 0.12762710 0.27745247 0.00000000 0.00000000
 0.12762710 0.27745247 0.75987315 0.78565687 0.00000000 0.00000000
 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000

AC3 A 230.00 fase : 1/0 , neutro : 1/0 ACSR
 1.25625312 0.99110371 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000
 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000
 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000

Los datos de Conductores son iguales para todos los casos del Alimentador de la Referencia [1] .

RESULTADOS DEL CASO 1

Programa PRINDIS V_1.0		EPN	FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA		SEP	TESIS DE GRADO		MARCO MEDINA DURAN	
Empresa : TESIS		S/E : TESIS	Alimentador : A		FECHA : 04/03/1992		HORA : 18:53:36		
PROGRAMA DE FLUJO RADIAL			FLUJO RADIAL DE CARGA						
Nombre de la sección	Barra de Envío	Barra de Recepción	FASE A		FASE B		FASE C		CARGA [%]
			MOD. (A)	ANG. (°)	MOD. (A)	ANG. (°)	MOD. (A)	ANG. (°)	
L11	AA22-000000	AA22-000305	275.070	-29.543	240.552	-149.546	251.582	90.437	51.90
L12	AA22-000305	AA22-000457	95.481	-29.411	106.076	-149.574	105.820	90.423	20.01
L10	AA22-000305	AA12-848305	179.589	-29.613	134.476	-149.523	145.762	90.447	78.08
L13	AA22-000457	AA22-000609	53.052	-29.416	63.734	-149.621	42.203	90.428	12.03
L5	AA22-000457	AA22-152457	42.429	-29.406	42.342	-149.503	63.617	90.420	27.66
L13	AA12-848305	AA12-848000	20.555	-29.543	20.427	-149.470	20.385	90.500	8.94
L11	AA12-848305	AA12-696305	159.035	-29.622	114.049	-149.533	125.377	90.438	69.15
L1	AA22-000609	AA22-000761	21.216	-29.422	21.151	-149.570	21.102	90.444	9.22
L2	AA22-000609	AA12-878609	31.836	-29.411	42.583	-149.647	21.101	90.412	18.51
L6	AA22-152457	AA22-304457	21.231	-29.406	21.200	-149.528	0.000	0.000	9.23
L8	AA22-152457	AA22-152335					42.473	90.407	18.47
L17	AA12-696305	AA12-696457	86.955	-29.625	42.699	-149.676	0.000	0.000	37.81
L14	AA12-696305	AA12-696153	72.079	-29.618	71.350	-149.447	125.377	90.438	54.51
L12	AA12-696305	AA12-544305	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00
L3	AA12-878609	AA12-756609			42.583	-149.647	21.101	90.412	18.51
L7	AA22-304457	AA22-304579			21.200	-149.528			9.22
L9	AA22-152335	AA22-152213					21.255	90.398	9.24
L18	AA12-696457	AA12-544457	54.489	-29.645	42.699	-149.676	0.000	0.000	23.69
L16	AA12-696153	AA12-696062	72.079	-29.618	71.350	-149.447	71.690	90.431	31.34
L15	AA12-696153	AA12-605153					21.492	90.441	9.34
L4	AA12-756609	AA12-634609			42.583	-149.647			18.51
L19	AA12-544457	AA12-453457	54.489	-29.645	21.362	-149.695			23.69
L21	AA12-453457	AA12-453396	32.712	-29.651					14.22
L20	AA12-453457	AA12-392457			21.362	-149.695			9.29

Programa PRINDIS V_1.0		EPN	FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA		SEP	TESTIS DE GRADO		MARCO MEDINA DURAN	
Empresa : TESIS		S/E : TESIS	Alimentador : A			FECHA : 04/03/1992		HORA : 18:53:38	
PROGRAMA DE FLUJO RADIAL		PERFIL DE VOLTAJE							
MODO		FASE A		FASE B		FASE C		VOLTAJE	desbalance
código	descripción	MOD.(pu)	ANG.(°)	MOD.(pu)	ANG.(°)	MOD.(pu)	ANG.(°)	(KV)	(%)
AA22-000000	S500	1.000000	0.000000	1.000000	-120.000000	1.000000	120.000000	2.4018	0.0000
AA22-000305	R350	0.986020	-0.584202	0.989598	-120.340158	0.989866	119.556361	2.4018	0.2140
AA22-000457	R110	0.983825	-0.670501	0.986904	-120.412750	0.987896	119.441545	2.4018	0.2375
AA12-848305	R130	0.976325	-0.710829	0.983566	-120.376893	0.982850	119.523709	2.4018	0.3186
AA22-000609	P220	0.982335	-0.708139	0.983313	-120.480024	0.987494	119.402190	2.4018	0.2553
AA22-152457	P140	0.982023	-0.701475	0.984661	-120.393679	0.984541	119.394543	2.4018	0.2251
AA12-848000	P160	0.974202	-0.731505	0.981481	-120.386847	0.980973	119.502553	2.4018	0.3325
AA12-696305	R20	0.967694	-0.829480	0.978573	-120.409066	0.976770	119.501207	2.4018	0.4205
AA22-000761	R100	0.981246	-0.718829	0.984236	-120.485038	0.986525	119.391172	2.4018	0.2625
AA12-878609	R170	0.980848	-0.706696	0.983475	-120.507359	0.987082	119.394784	2.4018	0.2777
AA22-304457	R90	0.980558	-0.702626	0.983669	-120.427484	0.984969	119.408345	2.4018	0.2586
AA22-152335	R40					0.981134	119.362022	2.4018	
AA12-696457	R200	0.961821	-0.888126	0.977427	-120.497915	0.977544	119.578774	2.4018	0.5583
AA12-696153	R70	0.964938	-0.891076	0.974728	-120.352436	0.969919	119.400229	2.4018	0.3918
AA12-544305	R400	0.967694	-0.829480	0.978573	-120.409066	0.976770	119.501207	2.4018	0.4205
AA12-756609	R150			0.981176	-120.530438	0.986566	119.359476	2.4018	
AA22-304579	R30			0.981968	-120.443507			2.4018	
AA22-152213	R80					0.979429	119.345677	2.4018	
AA12-544457	R180	0.958093	-0.905448	0.975654	-120.571994	0.978385	119.619676	2.4018	0.6434
AA12-696062	R10	0.962718	-0.913482	0.972559	-120.362645	0.967944	119.377709	2.4018	0.4056
AA12-605153	R60					0.968633	119.387759	2.4018	
AA12-634609	R120			0.977759	-120.562707			2.4018	
AA12-453457	R210	0.955910	-0.932857	0.975384	-120.601974			2.4018	
AA12-453396	R50	0.954599	-0.946100					2.4018	
AA12-392457	R190			0.974527	-120.610115			2.4018	

Programa PRINDIS V_1.0 EPN FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA SEP TESTIS DE GRADO MARCO MEDINA DURAN
 FECHA : 04/03/1992 HORA : 18:53:40

PROGRAMA DE FLUJO RADIAL SUMARIO

Número de iteraciones requeridas para convergencia : 4
 Criterio de convergencia real : 0.000010
 Criterio de convergencia imaginario : 0.000010

	FASE A		FASE B		FASE C	
	P (KW)	Q (KVAR)	P (KW)	Q (KVAR)	P (KW)	Q (KVAR)
POTENCIA DE ENTRADA TOTAL :	574.769	325.757	502.628	284.901	525.585	298.125
POTENCIA DE CARGA TOTAL :	561.099	307.348	493.599	274.556	515.999	285.453
POTENCIA DE CAPACITORES TOTAL :		0.000		0.000		0.000
PERDIDAS TOTALES :	13.670	18.409	9.029	10.345	9.586	12.672

ALIMENTADOR DE LA REFERENCIA [1]

DATOS DEL CASO 2

Programa PRINDIS V_1.0 EPN FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA SEP TESIS DE GRADO MARCO MEDINA DURAN
 FECHA : 04/03/1992 HORA : 18:56:38

PROGRAMA DE FLUJO RADIAL DATOS GENERALES

Nombre de la Empresa : TESIS
 Descripción 1 : Empresa Electrica TESIS
 Descripción 2 :
 Descripción 3 :

Nombre de la Subestación : TESIS
 Descripción 1 : Subestación a 2.4018 kV fn utilizada
 Descripción 2 : para el ejemplo del paper.

Nombre del Alimentador : A
 Descripción : Alimentador radial a 2.4018 kV TESIS

Potencia BASE (MVA) : 1.000
 Voltaje BASE fase neutro (kV) : 2.4018

Número máximo de iteraciones : 10
 Criterio de convergencia real : 0.000010
 Criterio de convergencia imaginario : 0.000010

Código del nodo de la Subestación : AA22-000000
 Tasa de crecimiento del Alimentador (%) : 0.000
 Tiempo de estudio en años : 0
 Factor de demanda : 1.0000

Voltaje máximo permitido en el Alimentador (pu) : 1.030000
 Voltaje mínimo permitido en el Alimentador (pu) : 0.970000

Voltaje de la fase A módulo (pu) : 1.000000
 ángulo (°) : 0.000
 Voltaje de la fase B módulo (pu) : 1.000000
 ángulo (°) : 240.000
 Voltaje de la fase C módulo (pu) : 1.000000
 ángulo (°) : 120.000

Número de nodos : 25
 Número de reguladores : 0
 Número de transformadores : 0
 Número de secciones : 24
 Número de tipos de conductores : 7

Programa PRINDIS V_1.0 EPK FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA SEP TESIS DE GRADO MARCO MEDINA DURAN
 Expresa : TESIS S/E : TESIS Alimentador : A FECHA : 04/03/1992 HORA : 18:56:40

PROGRAMA DE FLUJO RADIAL

DATOS DE NODOS

código del nodo	descripción del nodo	fases	MD	fase	V.nom. (kV)	E C	Potencias Fase A			Potencias Fase B			Potencias fase C		
							P (kW)	Q (KVAR)	C (KVAR)	P (kW)	Q (KVAR)	C (KVAR)	P (kW)	Q (KVAR)	C (KVAR)
AA22-000000	S500	ABC	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA22-000305	R350	ARC	3	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA22-000457	R110	ABC	3	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA12-848305	R130	ABC	3	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA22-000609	R220	ARC	3	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA22-152457	R140	ARC	3	0.0	2.402	0	43.9	24.0	0.0	43.7	24.3	0.0	43.8	24.2	0.0
AA12-848900	R160	ARC	1	0.0	2.402	0	42.1	23.2	0.0	42.1	23.4	0.0	42.0	23.3	0.0
AA12-676305	R20	ABC	4	0.0	2.402	1	0.0	0.0	-200.0	0.0	0.0	-200.0	0.0	0.0	-200.0
AA22-000761	R100	ARC	2	0.0	2.402	0	43.9	24.0	0.0	43.7	24.3	0.0	43.8	24.2	0.0
AA12-978607	R170	ARC	2	0.0	2.402	0	65.8	36.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA22-304457	R90	ARC	2	0.0	2.402	0	43.9	24.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA22-152335	R40	C	2	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	43.8	24.2	0.0
AA12-696457	R200	ABC	2	0.0	2.402	0	65.8	36.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA12-676153	R70	ABC	3	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.6	36.3	0.0
AA12-544305	R400	ARC	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA12-756607	R150	RC	2	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	43.8	24.2	0.0
AA22-304579	R30	R	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	43.7	24.3	0.0	0.0	0.0	0.0
AA22-152213	R80	C	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	43.8	24.2	0.0
AA12-544457	R180	ARC	2	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	43.7	24.3	0.0	0.0	0.0	0.0
AA12-676062	R10	ABC	1	0.0	2.402	0	146.2	80.0	0.0	145.7	81.0	0.0	145.8	80.7	0.0
AA12-605153	R60	C	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	43.8	24.2	0.0
AA12-634607	R120	R	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	87.4	48.6	0.0	0.0	0.0	0.0
AA12-453457	R210	AB	3	0.0	2.402	0	43.9	24.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA12-453396	R50	A	1	0.0	2.402	1	65.8	36.0	-50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA12-392457	R190	R	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	43.7	24.3	0.0	0.0	0.0	0.0

Programa PRINDIS V_1.0		EPN	FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA		SEP	TESIS DE GRADO	MARCO MEDINA DURAN
Empresa : TESIS		S/E : TESIS	Alimentador : A			FECHA : 04/03/1992	HORA : 18:57:56
PROGRAMA DE FLUJO RADIAL			DATOS DE SECCIONES				
Nombre de la sección	Modo de envío	Modo de recepción	fases	EC	tipo de sección	longitud [km]	
L12	AA12-544305	AA12-676305	ARC	1	AC2	0.1520	
L17	AA12-696305	AA12-676457	ARC	1	AC2	0.1520	
L14	AA12-676305	AA12-676153	ARC	1	AC2	0.1520	
L11	AA12-676305	AA12-848305	ARC	1	AC2	0.1520	
L18	AA12-676457	AA12-544457	ABC	1	AC2	0.1520	
L16	AA12-676153	AA12-676062	APC	1	AC2	0.0910	
L15	AA12-676153	AA12-605153	C	1	AC5	0.0910	
L13	AA12-848305	AA12-848000	ARC	1	AC2	0.3050	
L10	AA12-848305	AA22-000305	ARC	1	AC2	0.1520	
L19	AA12-544457	AA12-453457	AB	1	AC7	0.0910	
L12	AA22-000305	AA22-000457	APC	1	AC1	0.1520	
L11	AA22-000305	AA22-000000	ARC	1	AC1	0.3050	
L21	AA12-453457	AA12-453396	A	1	AC3	0.0610	
L20	AA12-453457	AA12-392457	B	1	AC4	0.0610	
L13	AA22-000457	AA22-000609	ARC	1	AC1	0.1520	
L5	AA22-000457	AA22-152457	ARC	1	AC2	0.1520	
L1	AA22-000609	AA22-000761	ARC	1	AC2	0.1520	
L2	AA22-000609	AA12-878609	ARC	1	AC2	0.1220	
L6	AA22-152457	AA22-304457	ARC	1	AC2	0.1520	
L8	AA22-152457	AA22-152335	C	1	AC5	0.1220	
L3	AA12-878609	AA12-756609	BC	1	AC8	0.1220	
L7	AA22-304457	AA22-304579	B	1	AC4	0.1220	
L9	AA22-152335	AA22-152213	C	1	AC5	0.1220	
L4	AA12-756609	AA12-634609	B	1	AC4	0.1220	

RESULTADOS DEL CASO 2

Programa PRINDIS V_1.0	EPN	FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA	SEP	TESIS DE GRADO	MARCO MEDINA DURAN				
Empresa : TESIS	S/E : TESIS	Alimentador : A		FECHA : 04/03/1992	HORA : 18:56:15				
PROGRAMA DE FLUJO RADIAL	FLUJO RADIAL DE CARGA								
Nombre de la sección	Barra de Envío	Barra de Recepción	FASE A		FASE B		FASE C		CARGA (2)
			MOD. (A)	ANG. (°)	MOD. (A)	ANG. (°)	MOD. (A)	ANG. (°)	
L11	AA22-000000	AA22-000305	239.915	-7.162	211.525	-129.389	221.897	109.621	45.27
L12	AA22-000305	AA22-000457	94.861	-29.574	105.680	-149.669	105.436	90.321	19.94
L10	AA22-000305	AA12-848305	156.456	6.203	118.214	-111.338	127.251	125.515	68.02
L13	AA22-000457	AA22-000609	52.707	-29.578	63.496	-149.716	42.050	90.326	11.98
L5	AA22-000457	AA22-152457	42.154	-29.568	42.185	-149.599	63.385	90.318	27.56
L13	AA12-848305	AA12-848000	20.339	-29.961	20.303	-149.746	20.265	90.209	8.84
L11	AA12-848305	AA12-696305	140.549	11.101	103.080	-104.310	111.332	131.553	61.11
L1	AA22-000609	AA22-000761	21.078	-29.585	21.073	-149.665	21.026	90.342	9.16
L2	AA22-000609	AA12-878609	31.629	-29.574	42.423	-149.741	21.025	90.310	18.44
L6	AA22-152457	AA22-304457	21.092	-29.569	21.121	-149.624	0.000	0.000	9.18
L8	AA22-152457	AA22-152335					42.317	90.305	18.40
L17	AA12-696305	AA12-696457	77.518	-16.402	42.341	-150.073	0.000	0.000	33.70
L14	AA12-696305	AA12-696153	71.024	-30.291	70.739	-149.906	124.332	89.959	54.06
L12	AA12-696305	AA12-544305	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00
L3	AA12-878609	AA12-756609			42.423	-149.741	21.025	90.310	18.44
L7	AA22-304457	AA22-304579			21.121	-149.624			9.18
L9	AA22-152335	AA22-152213					21.177	90.297	9.21
L18	AA12-696457	AA12-544457	47.134	-7.013	42.341	-150.073	0.000	0.000	20.49
L16	AA12-696153	AA12-696062	71.024	-30.291	70.739	-149.906	71.092	89.952	30.91
L15	AA12-696153	AA12-605153					21.313	89.961	9.27
L4	AA12-756609	AA12-634609			42.423	-149.741			18.44
L19	AA12-544457	AA12-453457	47.134	-7.013	21.183	-150.085			20.49
L21	AA12-453457	AA12-453396	28.796	10.184					12.52
L20	AA12-453457	AA12-392457			21.183	-150.085			9.21

Programa PRINDIS V_1.0		EPH		FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA		SEP		TESIS DE GRADO		MARCO MEDINA DURAN	
Empresa : TESIS		S/E : TESIS		Alimentador : A		FECHA : 04/03/1992		HORA : 18:56:18			
PROGRAMA DE FLUJO RADIAL				PERFIL DE VOLTAJE							
MOD0		FASE A		FASE B		FASE C		VOLTAJE		desbalance	
código	descripción	MOD.(pu)	ANG.(°)	MOD.(pu)	ANG.(°)	MOD.(pu)	ANG.(°)	(kV)	(%)		
AA22-000000	S500	1.000000	0.000000	1.000000	-120.000000	1.000000	120.000000	2.4018	0.0000		
AA22-000305	B350	0.992403	-0.748574	0.993244	-120.436468	0.993427	119.453352	2.4018	0.1776		
AA22-000457	B110	0.990224	-0.833490	0.990555	-120.508531	0.991466	119.339142	2.4018	0.2000		
AA12-848305	B130	0.986617	-1.130182	0.989566	-120.653802	0.988658	119.232698	2.4018	0.2597		
AA22-003609	B220	0.982744	-0.870479	0.988967	-120.575312	0.991067	119.299948	2.4018	0.2233		
AA22-152457	P140	0.988436	-0.863944	0.988318	-120.489595	0.988124	119.292358	2.4018	0.1809		
AA12-848000	B160	0.984517	-1.150219	0.987490	-120.663654	0.986794	119.211608	2.4018	0.2726		
AA12-696305	P20	0.981921	-1.505850	0.986937	-120.867613	0.984833	119.020651	2.4018	0.3366		
AA22-000761	P100	0.987662	-0.880769	0.987893	-120.580287	0.990102	119.288948	2.4018	0.2299		
AA12-878609	P170	0.987266	-0.868953	0.987134	-120.602442	0.990657	119.292524	2.4018	0.2516		
AA22-304457	B90	0.986980	-0.865014	0.987328	-120.523151	0.988551	119.305999	2.4018	0.2197		
AA22-152335	B40					0.984730	119.260073	2.4018			
AA12-696457	B200	0.977220	-1.621471	0.985735	-120.929516	0.985270	119.082628	2.4018	0.4786		
AA12-696153	B70	0.979216	-1.565109	0.983116	-120.811989	0.978044	118.920893	2.4018	0.2792		
AA12-544305	B400	0.981921	-1.505850	0.986937	-120.867613	0.984833	119.020651	2.4018	0.3366		
AA12-756609	B150			0.984844	-120.625347	0.990143	119.257477	2.4018			
AA22-304579	B30			0.985633	-120.539056			2.4018			
AA22-152213	B80					0.983032	119.243847	2.4018			
AA12-544457	B180	0.974634	-1.697405	0.983917	-120.976745	0.985771	119.108840	2.4018	0.5827		
AA12-696062	B10	0.977030	-1.586551	0.980959	-120.822065	0.976089	118.898481	2.4018	0.2927		
AA12-605153	B60					0.976769	118.908629	2.4018			
AA12-634609	B120			0.981440	-120.657376			2.4018			
AA12-453457	B210	0.973135	-1.759572	0.983623	-120.991964			2.4018			
AA12-453396	B50	0.972387	-1.812559					2.4018			
AA12-392457	B190			0.982773	-120.999969			2.4018			

Programa PRINDIS V_1.0 EPH FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA SEP TESIS DE GRADO MARCO MEDINA DURAN
FECHA : 04/03/1992 HORA : 18:56:19

PROGRAMA DE FLUJO RADIAL SUMARIO

Número de iteraciones requeridas para convergencia : 4
Criterio de convergencia real : 0.000010
Criterio de convergencia imaginario : 0.000010

	FASE A		FASE B		FASE C	
	P (kW)	Q (KVAR)	P (kW)	Q (KVAR)	P (kW)	Q (KVAR)
POTENCIA DE ENTRADA TOTAL :	571.731	71.845	501.235	82.880	524.232	96.013
POTENCIA DE CARGA TOTAL :	561.099	307.348	493.599	274.556	515.999	285.453
POTENCIA DE CAPACITORES TOTAL :		-250.000		-200.000		-200.000
PERDIDAS TOTALES :	10.632	14.497	7.636	8.324	8.233	10.560

ALIMENTADOR DE LA REFERENCIA [1]

DATOS DEL CASO 3

Programa PRIMOS V_1.0 EPW FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA SEP TESIS DE GRADO MARCO MEDINA DURAN
 FECHA : 04/03/1992 HORA : 18:57:49

PROGRAMA DE FLUJO RADIAL DATOS GENERALES

Nombre de la Empresa : TESIS
 Descripción 1 : Empresa Electrica TESIS
 Descripción 2 :
 Descripción 3 :

Nombre de la Subestación : TESIS
 Descripción 1 : Subestación a 2.4018 kV fn utilizada
 Descripción 2 : para el ejemplo del paper.

Nombre del Alimentador : A
 Descripción : Alimentador radial a 2.4018 kV TESIS

Potencia BASE (MVA) : 1.000
 Voltaje BASE fase neutro (kV) : 2.4018

Número máximo de iteraciones : 10
 Criterio de convergencia real : 0.000010
 Criterio de convergencia imaginario : 0.000010

Código del nodo de la Subestación : AA12-544305
 Tasa de crecimiento del Alimentador (%) : 0.000
 Tiempo de estudio en años : 0
 Factor de demanda : 1.0000

Voltaje máximo permitido en el Alimentador (pu) : 1.030000
 Voltaje mínimo permitido en el Alimentador (pu) : 0.970000

Voltaje de la fase A módulo (pu) : 1.000000
 ángulo (°) : 0.000
 Voltaje de la fase B módulo (pu) : 1.000000
 ángulo (°) : 240.000
 Voltaje de la fase C módulo (pu) : 1.000000
 ángulo (°) : 120.000

Número de nodos : 25
 Número de reguladores : 0
 Número de transformadores : 0
 Número de secciones : 24
 Número de tipos de conductores : 7

Programa FRINDIS V_1.0 EPN FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA SEP TESIS DE GRADO MARCO MEDINA DURAN
 Empresa : IESIS S/E : IESIS Alimentador : A FECHA : 04/03/1992 HORA : 18:57:52
 PROGRAMA DE FLUJO RADIAL DATOS DE MODOS

código del nodo	descripción del nodo	fases MD	fase	V.nom. (kV)	E C	Potencias Fase A			Potencias Fase B			Potencias fase C			
						P (kW)	Q (kVAR)	C (kVAR)	P (kW)	Q (kVAR)	C (kVAR)	P (kW)	Q (kVAR)	C (kVAR)	
AA12-544305	B400	ABC	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA12-676305	B20	ABC	4	0.0	2.402	1	0.0	0.0	-200.0	0.0	0.0	-200.0	0.0	0.0	-200.0
AA12-656457	B200	ABC	2	0.0	2.402	0	65.8	36.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA12-696153	B70	ABC	3	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.6	36.3	0.0
AA12-849305	B130	ABC	3	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA12-541457	B180	ABC	2	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	43.7	24.3	0.0	0.0	0.0	0.0
AA12-656962	B10	ABC	1	0.0	2.402	0	146.2	80.0	0.0	145.7	81.0	0.0	145.8	80.7	0.0
AA12-505153	B60	C	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	43.8	24.2	0.0
AA12-848000	B160	ABC	1	0.0	2.402	0	42.1	23.2	0.0	42.1	23.4	0.0	42.0	23.3	0.0
AA22-003305	B350	ABC	3	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA12-453457	B210	AB	3	0.0	2.402	0	43.9	24.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA22-099457	B110	ABC	3	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA22-009000	S500	ABC	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA12-453396	B50	A	1	0.0	2.402	1	65.8	36.0	-50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA12-392457	B190	B	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	43.7	24.3	0.0	0.0	0.0	0.0
AA22-099607	B220	ABC	3	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA22-152457	B140	ABC	3	0.0	2.402	0	43.9	24.0	0.0	43.7	24.3	0.0	43.8	24.2	0.0
AA22-033761	B100	ABC	2	0.0	2.402	0	43.9	24.0	0.0	43.7	24.3	0.0	43.8	24.2	0.0
AA12-878609	B170	ABC	2	0.0	2.402	0	65.8	36.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA22-394457	B90	ABC	2	0.0	2.402	0	43.9	24.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA22-152325	B40	C	2	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	43.8	24.2	0.0
AA12-755499	B150	BC	2	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	43.8	24.2	0.0
AA22-394579	B30	B	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	43.7	24.3	0.0	0.0	0.0	0.0
AA22-152217	B80	C	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	43.8	24.2	0.0
AA12-674607	B120	B	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	87.4	48.6	0.0	0.0	0.0	0.0

Programa PRINDIS V_1.0		EPN	FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA		SEP	TESIS DE GRADO	MARCO MEDINA DURAN
Empresa : TESIS		S/E : TESIS	Alimentador : A			FECHA : 04/03/1992	HORA : 18:57:56
PROGRAMA DE FLUJO RADIAL			DATOS DE SECCIONES				
Nombre de la sección	Modo de envío	Modo de recepción	fases	EC	tipo de sección	longitud (km)	
L12	AA12-544305	AA12-696305	ABC	1	AC2	0.1520	
L17	AA12-696305	AA12-696457	ABC	1	AC2	0.1520	
L14	AA12-696305	AA12-696153	ABC	1	AC2	0.1520	
L11	AA12-696305	AA12-848305	ABC	1	AC2	0.1520	
L18	AA12-696457	AA12-544457	ABC	1	AC2	0.1520	
L16	AA12-696153	AA12-696062	ABC	1	AC2	0.0910	
L15	AA12-696153	AA12-605153	C	1	AC5	0.0910	
L13	AA12-848305	AA12-848000	ABC	1	AC2	0.3050	
L10	AA12-848305	AA22-000305	ABC	1	AC2	0.1520	
L19	AA12-544457	AA12-453457	AB	1	AC7	0.0910	
L12	AA22-000305	AA22-000457	ABC	1	AC1	0.1520	
L11	AA22-000305	AA22-000000	ABC	1	AC1	0.3050	
L21	AA12-453457	AA12-453396	A	1	AC3	0.0610	
L20	AA12-453457	AA12-392457	B	1	AC4	0.0610	
L13	AA22-000457	AA22-000609	ABC	1	AC1	0.1520	
L5	AA22-000457	AA22-152457	ABC	1	AC2	0.1520	
L1	AA22-000609	AA22-000761	ABC	1	AC2	0.1520	
L2	AA22-000609	AA12-878609	ABC	1	AC2	0.1220	
L6	AA22-152457	AA22-304457	ABC	1	AC2	0.1520	
L8	AA22-152457	AA22-152335	C	1	AC5	0.1220	
L3	AA12-878609	AA12-756609	BC	1	AC8	0.1220	
L7	AA22-304457	AA22-304579	B	1	AC4	0.1220	
L9	AA22-152335	AA22-152713	C	1	AC5	0.1220	
L4	AA12-756609	AA12-634609	B	1	AC4	0.1220	

RESULTADOS DEL CASO 3

Programa PRINDIS V_1.0		EPX	FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA		SEP	TESIS DE GRADO		MARCO MEDINA DURAN	
Empresa : TESIS		S/E : TESIS	Alimentador : A		FECHA : 04/03/1992		HORA : 18:58:15		
PROGRAMA DE FLUJO RADIAL			FLUJO RADIAL DE CARGA						
Nombre de la sección	Barra de Envío	Barra de Recepción	FASE A		FASE B		FASE C		CARGA (%)
			MOD. (A)	ANG. (°)	MOD. (A)	ANG. (°)	MOD. (A)	ANG. (°)	
L12	AA12-544305	AA12-696305	S 239.549	-6.624	212.493	-129.212	222.418	109.832	104.15 S
L17	AA12-696305	AA12-696457	76.912	-15.308	42.182	-149.437	0.000	0.000	33.44
L14	AA12-696305	AA12-696153	70.472	-29.200	70.472	-149.272	123.628	90.653	53.75
L11	AA12-696305	AA12-848305	116.580	-29.326	127.750	-149.488	127.288	90.461	55.54
L18	AA12-696457	AA12-544457	46.764	-5.917	42.182	-149.437	0.000	0.000	20.33
L16	AA12-696153	AA12-696062	70.472	-29.200	70.472	-149.272	70.689	90.646	30.73
L15	AA12-696153	AA12-605153					21.192	90.656	9.21
L13	AA12-848305	AA12-848000	20.400	-29.296	20.420	-149.350	20.350	90.612	8.88
L10	AA12-848305	AA22-000305	96.180	-29.332	107.330	-149.515	106.938	90.432	46.67
L19	AA12-544457	AA12-453457	46.764	-5.917	21.103	-149.448			20.33
L12	AA22-000305	AA22-000457	96.180	-29.332	107.330	-149.515	106.938	90.432	20.25
L11	AA22-000305	AA22-000000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00
L21	AA12-453457	AA12-453396	28.570	11.279					12.42
L20	AA12-453457	AA12-392457			21.103	-149.448			9.18
L13	AA22-000457	AA22-000609	53.440	-29.336	64.490	-149.563	42.646	90.437	12.17
L5	AA22-000457	AA22-152457	42.740	-29.326	42.841	-149.442	64.292	90.428	27.95
L1	AA22-000609	AA22-000761	21.371	-29.343	21.400	-149.510	21.324	90.453	9.30
L2	AA22-000609	AA12-878609	32.069	-29.332	43.090	-149.589	21.323	90.420	18.73
L6	AA22-152457	AA22-304457	21.386	-29.327	21.450	-149.468	0.000	0.000	9.33
L8	AA22-152457	AA22-152335					42.925	90.415	18.66
L3	AA12-878609	AA12-756609			43.090	-149.589	21.323	90.420	18.73
L7	AA22-304457	AA22-304579			21.450	-149.468			9.33
L9	AA22-152335	AA22-152213					21.481	90.406	9.34
L4	AA12-756609	AA12-634609			43.090	-149.589			18.73

Programa PRINDIS V_1.0		EPH	FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA		SEP	TESIS DE GRADO		MARCO MEDINA DURAN	
Empresa : IESIS		S/E : IESIS		Alimentador : A		FECHA : 04/03/1992		HORA : 18:59:01	
PROGRAMA DE FLUJO RADIAL			PERFIL DE VOLTAJE						
MODO		FASE A		FASE B		FASE C		VOLTAJE	desbalance
código	descripción	MOD.(pu)	ANG.(°)	MOD.(pu)	ANG.(°)	MOD.(pu)	ANG.(°)	(kV)	(%)
AA12-544305	B400	1.000000	0.000000	1.000000	-120.000000	1.000000	120.000000	2.4018	0.0000
AA12-696305	B20	0.989522	-0.415455	0.990639	-120.233714	0.990361	119.714192	2.4018	0.1015
AA12-696457	B200	0.984865	-0.529032	0.989437	-120.294364	0.990788	119.775001	2.4018	0.2419
AA12-696153	B70	0.986847	-0.474360	0.986829	-120.178098	0.983604	119.615169	2.4018	0.0523
AA12-848305	B130	0.983697	-0.464275	0.983914	-120.257763	0.984535	119.636697	2.4018	0.1290
AA12-544457	B180	0.982305	-0.603522	0.987621	-120.340790	0.991283	119.800547	2.4018	0.3453
AA12-696062	B10	0.984685	-0.495549	0.984679	-120.187762	0.981656	119.592779	2.4018	0.0650
AA12-605153	B60					0.982336	119.603043	2.4018	
AA12-848000	B160	0.981594	-0.484477	0.981826	-120.267547	0.982661	119.615313	2.4018	0.1421
AA22-000305	B350	0.978921	-0.503529	0.978231	-120.277224	0.979644	119.569044	2.4018	0.1504
AA12-453457	B210	0.980820	-0.664649	0.987326	-120.355642			2.4018	
AA22-000457	B110	0.976713	-0.590824	0.975501	-120.351475	0.977655	119.451561	2.4018	0.1736
AA22-000000	S500	0.978921	-0.503529	0.978231	-120.277224	0.979644	119.569044	2.4018	0.1504
AA12-453396	B50	0.980078	-0.716808					2.4018	
AA12-392457	B190			0.986479	-120.363588			2.4018	
AA22-000609	B220	0.975214	-0.628803	0.973888	-120.420297	0.977251	119.411241	2.4018	0.1973
AA22-152457	B140	0.974901	-0.622198	0.973230	-120.331938	0.974265	119.403429	2.4018	0.1544
AA22-000761	B100	0.974117	-0.639592	0.972797	-120.425410	0.976272	119.399923	2.4018	0.2041
AA12-878609	B170	0.973716	-0.627193	0.972026	-120.448244	0.976835	119.403600	2.4018	0.2262
AA22-304457	B90	0.973425	-0.623249	0.972224	-120.366491	0.974698	119.417456	2.4018	0.1941
AA22-152335	B40					0.970822	119.370216	2.4018	
AA12-756609	B150			B 0.969700	-120.471897	0.976315	119.367555	2.4018	
AA22-304579	B30			0.970503	-120.382895			2.4018	
AA22-152213	B80					B 0.969099	119.353521	2.4018	
AA12-634609	B120			B 0.966242	-120.504937			2.4018	

Programa PRINDIS V_1.0 EPH FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA SEP TESIS DE GRADO MARCO MEDINA DURAN
 FECHA : 04/03/1992 HORA : 18:59:58

PROGRAMA DE FLUJO RADIAL SUMARIO

Número de iteraciones requeridas para convergencia : 4
 Criterio de convergencia real : 0.000010
 Criterio de convergencia imaginario : 0.000010

	FASE A		FASE B		FASE C	
	P (kW)	Q (kVAR)	P (kW)	Q (kVAR)	P (kW)	Q (kVAR)
POTENCIA DE ENTRADA TOTAL :	571.509	66.369	503.785	81.700	525.815	94.306
POTENCIA DE CARGA TOTAL :	561.099	307.348	493.599	274.356	515.999	285.453
POTENCIA DE CAPACITORES TOTAL :		-250.000		-200.000		-200.000
PERDIDAS TOTALES :	10.410	7.021	10.186	7.144	9.816	8.853

ALIMENTADOR DE LA REFERENCIA [1]

DATOS DEL CASO 4

Programa PRINDIS V_1.0 EPN FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA SEP TESTS DE GRADO MARCO MEDINA DURAN
 FECHA : 07/03/1992 HORA : 06:59:25

PROGRAMA DE FLUJO RADIAL DATOS GENERALES

Nombre de la Empresa : TESIS
 Descripción 1 : Empresa Electrica TESIS
 Descripción 2 :
 Descripción 3 :

Nombre de la Subestación : TESIS
 Descripción 1 : Subestación a 2.4018 kV fn utilizada
 Descripción 2 : para el ejemplo del paper.

Nombre del Alimentador : A
 Descripción : Alimentador radial a 2.4018 kV TESIS

Potencia BASE (MVA) : 1.000
 Voltaje BASE fase neutro (kV) : 2.4018

Número máximo de iteraciones : 20
 Criterio de convergencia real : 0.000010
 Criterio de convergencia imaginario : 0.000010

Código del nodo de la Subestación : AA22-000000
 Tasa de crecimiento del Alimentador (%) : 5.000
 Tiempo de estudio en años : 10
 Factor de demanda : 1.0000

Voltaje máximo permitido en el Alimentador (pu) : 1.030000
 Voltaje mínimo permitido en el Alimentador (pu) : 0.970000

Voltaje de la fase A módulo (pu) : 1.000000
 ángulo (°) : 0.000
 Voltaje de la fase B módulo (pu) : 1.000000
 ángulo (°) : 240.000
 Voltaje de la fase C módulo (pu) : 1.000000
 ángulo (°) : 120.000

Número de nodos : 25
 Número de reguladores : 0
 Número de transformadores : 0
 Número de secciones : 24
 Número de tipos de conductores : 7

Programa: EPINDIS V_1.0 EPN FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA SEP TESIS DE GRADO MARCO MEDINA DURAN
 Empresa: IESIS S/E: IESIS Alimientador: A FECHA: 07/03/1992 HDRA: 06:59:28
 PROGRAMA DE FLUJO RADIAL DATOS DE NODOS

Código del nodo	Descripción del nodo	Fases	ND	Lasa	V.nom. (kV)	E	Potencias Fase A			Potencias Fase B			Potencias fase C		
							P (kW)	Q (KVAR)	C (KVAR)	P (kW)	Q (KVAR)	C (KVAR)	P (kW)	Q (KVAR)	C (KVAR)
AA22-000000	S500	ARC	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA22-000305	B350	ARC	3	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA22-000457	B110	ARC	3	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA12-248305	R130	ARC	3	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA22-000609	R220	ARC	3	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA22-152457	B140	ARC	3	0.0	2.402	0	71.4	39.1	0.0	71.2	39.6	0.0	71.3	39.4	0.0
AA12-348000	B160	ARC	1	0.0	2.402	0	68.6	37.8	0.0	68.5	38.1	0.0	68.4	37.9	0.0
AA12-675305	B20	ABC	4	0.0	2.402	1	0.0	0.0	-200.0	0.0	0.0	-200.0	0.0	0.0	-200.0
AA22-000761	R100	ARC	2	0.0	2.402	0	71.4	39.1	0.0	71.2	39.6	0.0	71.3	39.4	0.0
AA12-878609	B170	ARC	2	0.0	2.402	0	107.2	58.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA22-304457	R90	ARC	2	0.0	2.402	0	71.4	39.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA22-152335	B40	C	2	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	71.3	39.4	0.0
AA12-656457	R200	ARC	2	0.0	2.402	0	107.2	58.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA12-676153	B70	ARC	3	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	106.9	59.1	0.0
AA12-544305	R400	ARC	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA12-755509	R150	BC	2	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	71.3	39.4	0.0
AA22-304579	B30	B	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	71.2	39.6	0.0	0.0	0.0	0.0
AA22-152213	R80	C	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	71.3	39.4	0.0
AA12-544457	B180	ARC	2	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	71.2	39.6	0.0	0.0	0.0	0.0
AA12-676062	B10	ABC	1	0.0	2.402	0	238.1	130.4	0.0	237.3	132.0	0.0	237.6	131.4	0.0
AA12-695153	B60	C	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	71.3	39.4	0.0
AA12-634609	B120	B	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	142.4	79.2	0.0	0.0	0.0	0.0
AA12-453457	B210	AB	3	0.0	2.402	0	71.4	39.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA12-453376	R50	A	1	0.0	2.402	1	107.2	58.7	-50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA12-392457	B190	B	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	71.2	39.6	0.0	0.0	0.0	0.0

Programa PRINDIS V_1.0 EPH FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA
 Empresa : TESIS S/E : TESIS Alimentador : A
 PROGRAMA DE FLUJO RADIAL DATOS DE SECCIONES

SEP TESIS DE GRADO MARCO MEDINA DURAN
 FECHA : 07/03/1992 HORA : 06:59:32

Nombre de la sección	Modo de envío	Modo de recepción	fases	EC	tipo de sección	longitud (km)
LT1	AA22-000000	AA22-000305	ARC	1	AC1	0.3050
LT2	AA22-000305	AA22-000457	ARC	1	AC1	0.1520
L10	AA22-000305	AA12-848305	ARC	1	AC2	0.1520
LT3	AA22-000457	AA22-000609	ARC	1	AC1	0.1520
L5	AA22-000457	AA22-152457	ARC	1	AC2	0.1520
L13	AA12-848305	AA12-848000	ARC	1	AC2	0.3050
L11	AA12-848305	AA12-696305	ARC	1	AC2	0.1520
L1	AA22-000609	AA22-000761	ARC	1	AC2	0.1520
L2	AA22-000609	AA12-878609	ARC	1	AC2	0.1220
L6	AA22-152457	AA22-304457	ARC	1	AC2	0.1520
L8	AA22-152457	AA22-152335	C	1	AC5	0.1220
L17	AA12-696305	AA12-696457	ARC	1	AC2	0.1520
L14	AA12-696305	AA12-696153	ARC	1	AC2	0.1520
L12	AA12-696305	AA12-544305	ARC	1	AC2	0.1520
L3	AA12-878609	AA12-756609	RC	1	AC8	0.1220
L7	AA22-304457	AA22-304579	B	1	AC4	0.1220
L9	AA22-152335	AA22-152213	C	1	AC5	0.1220
L18	AA12-696457	AA12-544457	ARC	1	AC2	0.1520
L16	AA12-696153	AA12-696062	ARC	1	AC2	0.0910
L15	AA12-696153	AA12-605153	C	1	AC5	0.0910
L4	AA12-756609	AA12-634609	B	1	AC4	0.1220
L19	AA12-544457	AA12-453457	AR	1	AC7	0.0910
L21	AA12-453457	AA12-453396	A	1	AC3	0.0610
L20	AA12-453457	AA12-392457	B	1	AC4	0.0610

RESULTADOS DEL CASO 4

Programa PRINDIS V_1.0		EPM	FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA		SEP	TESIS DE GRADO		MARCO MEDINA DURAN	
Empresa : TESIS		S/E : TESIS	Alimentador : A		FECHA : 07/03/1992		HORA : 06:59:03		
PROGRAMA DE FLUJO RADIAL			FLUJO RADIAL DE CARGA						
Nombre de la sección	Barra de Envío	Barra de Recepción	FASE A		FASE B		FASE C		CARGA (%)
			MOD. (A)	ANG. (°)	MOD. (A)	ANG. (°)	MOD. (A)	ANG. (°)	
L11	AA22-000000	AA22-000305	411.597	-17.192	361.576	-138.178	379.848	101.144	77.66
L12	AA22-000305	AA22-000457	156.490	-30.037	174.283	-149.991	173.615	89.917	32.88
L10	AA22-000305	AA12-848305	S 261.349	-9.543	194.288	-127.597	212.264	110.308	113.63 S
L13	AA22-000457	AA22-000609	86.958	-30.044	104.812	-150.069	69.105	89.925	19.78
L5	AA22-000457	AA22-152457	69.533	-30.028	69.471	-149.874	104.510	89.912	45.44
L13	AA12-848305	AA12-848000	33.714	-30.450	33.474	-150.004	33.430	89.890	14.66
L11	AA12-848305	AA12-696305	S 230.169	-6.547	163.839	-123.130	181.310	113.996	100.07 S
L1	AA22-000609	AA22-000761	34.769	-30.055	34.682	-149.984	34.554	89.952	15.12
L2	AA22-000609	AA12-878609	52.189	-30.036	70.130	-150.112	34.551	89.899	30.49
L6	AA22-152457	AA22-304457	34.809	-30.029	34.814	-149.915	0.000	0.000	15.14
L8	AA22-152457	AA22-152335					69.840	89.890	30.37
L17	AA12-696305	AA12-696457	134.157	-22.758	70.108	-150.472	0.000	0.000	58.33
L14	AA12-696305	AA12-696153	118.682	-30.914	117.339	-150.153	206.883	89.558	89.95
L12	AA12-696305	AA12-544305	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00
L3	AA12-878609	AA12-756609			70.130	-150.112	34.551	89.899	30.49
L7	AA22-304457	AA22-304579			34.814	-149.915			15.14
L9	AA22-152335	AA22-152213					34.971	89.876	15.20
L18	AA12-696457	AA12-544457	81.626	-17.416	70.108	-150.472	0.000	0.000	35.49
L16	AA12-696153	AA12-696062	118.682	-30.914	117.339	-150.153	118.346	89.546	51.60
L15	AA12-696153	AA12-605153					35.462	89.562	15.42
L4	AA12-756609	AA12-634609			70.130	-150.112			30.49
L19	AA12-544457	AA12-453457	81.626	-17.416	35.088	-150.497			35.49
L21	AA12-453457	AA12-453396	47.495	-7.101					20.65
L20	AA12-453457	AA12-392457			35.088	-150.497			15.26

Programa PRINDIS V_1.0 EPH FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA SEP TESIS DE GRADO MARCO MEDINA DURAN
 Empresa : IESIS S/E : TESIS Alimentador : A FECHA : 07/03/1992 HORA : 06:59:05
 PROGRAMA DE FLUJO RADIAL PERFIL DE VOLTAJE

MODO		FASE A		FASE B		FASE C		VOLTAJE	desbalance
código	descripción	MOD.(pu)	ANG.(°)	MOD.(pu)	ANG.(°)	MOD.(pu)	ANG.(°)	(kV)	(%)
AA22-000000	S500	1.000000	0.000000	1.000000	-120.000000	1.000000	120.000000	2.4018	0.0000
AA22-000305	P350	0.983134	-1.131675	0.986556	-120.658968	0.986805	119.170145	2.4018	0.3109
AA22-000457	B110	0.979525	-1.272871	0.982125	-120.779021	0.983579	118.981460	2.4018	0.3500
AA12-848305	R130	0.970966	-1.604571	0.979014	-120.904300	0.977455	118.927111	2.4018	0.4570
AA22-000609	P220	0.977977	-1.334383	0.979502	-120.890598	0.982934	118.916816	2.4018	0.3854
AA22-152457	R140	0.976573	-1.323708	0.978446	-120.747584	0.978070	118.904092	2.4018	0.3227
AA12-848000	B160	B 0.967477	-1.638455	0.975598	-120.921126	0.974383	118.892421	2.4018	0.4804
AA12-696305	R20	B 0.960603	-2.071550	0.973192	-121.144595	B 0.969652	118.897149	2.4018	0.5964
AA22-000761	B100	0.975288	-1.351895	0.977736	-120.899064	0.981350	118.890773	2.4018	0.3972
AA12-878609	B170	0.974635	-1.331645	0.976470	-120.936028	0.982268	118.904621	2.4018	0.4292
AA22-304457	B90	0.974167	-1.325563	0.976814	-120.803571	0.978775	118.926932	2.4018	0.3843
AA22-152335	R40					0.972468	118.850293	2.4018	
AA12-696457	R200	B 0.952917	-2.231345	0.971260	-121.266286	0.970599	118.812099	2.4018	0.8325
AA12-696153	R70	B 0.956059	-2.172665	B 0.966874	-121.051249	B 0.958356	118.529893	2.4018	0.5202
AA12-544305	B400	B 0.960603	-2.071550	0.973192	-121.144595	B 0.969652	118.697149	2.4018	0.5964
AA12-756609	R150			0.972684	-120.974405	0.981429	118.846424	2.4018	
AA22-304579	B30			0.974020	-120.830069			2.4018	
AA22-152213	R80					B 0.969663	118.823160	2.4018	
AA12-544457	R180	B 0.946965	-2.323659	B 0.968302	-121.363048	0.971648	118.866206	2.4018	0.9919
AA12-696062	B10	B 0.952397	-2.209685	B 0.963306	-121.068627	B 0.955102	118.492542	2.4018	0.5444
AA12-605153	R60					B 0.956234	118.509068	2.4018	
AA12-634609	R120			B 0.967057	-121.028015			2.4018	
AA12-453457	R210	B 0.944026	-2.407552	B 0.967839	-121.398378			2.4018	
AA12-453396	B50	B 0.942419	-2.472453					2.4018	
AA12-392457	R190			B 0.966431	-121.411854			2.4018	

Programa PRINDIS V_1.0 EPH FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA SEP TESIS DE GRADO MARCO MEDINA DURAN
 FECHA : 07/03/1992 HORA : 06:59:13

PROGRAMA DE FLUJO RADIAL SUMARIO

Número de iteraciones requeridas para convergencia : 5
 Criterio de convergencia real : 0.000010
 Criterio de convergencia imaginario : 0.000010

	FASE A		FASE B		FASE C	
	P (kW)	Q (KVAR)	P (kW)	Q (KVAR)	P (kW)	Q (KVAR)
POTENCIA DE ENTRADA TOTAL :	944.403	292.203	825.089	270.931	863.360	294.847
POTENCIA DE CARGA TOTAL :	913.971	500.638	804.021	447.223	840.508	464.973
POTENCIA DE CAPACITORES TOTAL :		-250.000		-200.000		-200.000
PERDIDAS TOTALES :	30.432	41.565	21.068	23.709	22.852	29.874

ALIMENTADOR DE LA REFERENCIA [1]

DATOS DEL CASO 5

Programa PRINDIS V_1.0 EPM FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA SEP TESIS DE GRADO MARCO MEDINA DURAN
 FECHA : 07/03/1992 HORA : 06:40:27

PROGRAMA DE FLUJO RADIAL

DATOS GENERALES

Nombre de la Empresa : TESIS

Descripción 1 : Empresa Electrica TESIS

Descripción 2 :

Descripción 3 :

Nombre de la Subestación : TESIS

Descripción 1 : Subestación a 2.4018 kV fn utilizada

Descripción 2 : para el ejemplo del paper.

Nombre del Alimentador : A

Descripción : Alimentador radial a 2.4018 kV TESIS

Potencia BASE (MVA) : 1.000

Voltaje BASE fase neutro (kV) : 2.4018

Número máximo de iteraciones : 20

Criterio de convergencia real : 0.000010

Criterio de convergencia imaginario : 0.000010

Código del nodo de la Subestación : AA22-000000

Tasa de crecimiento del Alimentador (%) : 5.000

Tiempo de estudio en años : 10

Factor de demanda : 1.0000

Voltaje máximo permitido en el Alimentador (pu) : 1.030000

Voltaje mínimo permitido en el Alimentador (pu) : 0.970000

Voltaje de la fase A módulo (pu) : 1.000000

ángulo (°) : 0.000

Voltaje de la fase B módulo (pu) : 1.000000

ángulo (°) : 240.000

Voltaje de la fase C módulo (pu) : 1.000000

ángulo (°) : 120.000

Número de nodos : 26

Número de reguladores : 1

Número de transformadores : 0

Número de secciones : 24

Número de tipos de conductores : 7

Programa: FFINDIS V_1.0		EPM		FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA				SEP	TESIS DE GRADO		MARCO MEDINA DURAN				
Empresa: IESIS		S/E: IESIS		Alimentador: A					FECHA: 07/03/1992		HORA: 06:40:29				
PROGRAMA DE FLUJO RADIAL				DATOS DE NODOS											
código del nodo	descripción del nodo	fases	MD	fase (z)	V.noa. (kV)	E	Potencias Fase A			Potencias Fase B			Potencias fase C		
							P (kW)	Q (KVAR)	C (KVAR)	P (kW)	Q (KVAR)	C (KVAR)	P (kW)	Q (KVAR)	C (KVAR)
AA22-090900	S500	ABC	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA22-090305	B350	ABC	3	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA22-060457	B110	ABC	3	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA12-849305	BREG130	ABC	2	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA22-000607	B220	ABC	3	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA22-152457	B140	ABC	3	0.0	2.402	0	71.4	39.1	0.0	71.2	39.6	0.0	71.3	39.4	0.0
AA12-848305	B130	ABC	3	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA22-090761	B100	ABC	2	0.0	2.402	0	71.4	39.1	0.0	71.2	39.6	0.0	71.3	39.4	0.0
AA12-878609	B170	ABC	2	0.0	2.402	0	107.2	58.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA22-304457	B90	ABC	2	0.0	2.402	0	71.4	39.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA22-152335	B40	C	2	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	71.3	39.4	0.0
AA12-848009	B160	ABC	1	0.0	2.402	0	68.6	37.8	0.0	68.5	38.1	0.0	68.4	37.9	0.0
AA12-696305	B20	ABC	4	0.0	2.402	1	0.0	0.0	-200.0	0.0	0.0	-200.0	0.0	0.0	-200.0
AA12-755609	B150	BC	2	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	71.3	39.4	0.0
AA22-304579	B30	B	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	71.2	39.6	0.0	0.0	0.0	0.0
AA22-152213	B80	C	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	71.3	39.4	0.0
AA12-696457	B200	ABC	2	0.0	2.402	0	107.2	58.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA12-696153	B70	ABC	3	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	106.9	59.1	0.0
AA12-544305	B400	ABC	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA12-634609	B120	B	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	142.4	79.2	0.0	0.0	0.0	0.0
AA12-544457	B180	ABC	2	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	71.2	39.6	0.0	0.0	0.0	0.0
AA12-696052	B10	ABC	1	0.0	2.402	0	238.1	130.4	0.0	237.3	132.0	0.0	237.6	131.4	0.0
AA12-605153	B60	C	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	71.3	39.4	0.0
AA12-453457	B210	AB	3	0.0	2.402	0	71.4	39.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA12-453396	B50	A	1	0.0	2.402	1	107.2	58.7	-50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA12-392457	B190	B	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	71.2	39.6	0.0	0.0	0.0	0.0

Programa: FFINDIS V_1.0		EPM		FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA				SEP	TESIS DE GRADO		MARCO MEDINA DURAN						
Empresa: IESIS		S/E: IESIS		Alimentador: A					FECHA: 07/03/1992		HORA: 06:40:31						
PROGRAMA DE FLUJO RADIAL				DATOS DE REGULADORES													
Nombre del Regulador	Modo de envío	Modo de recepción	Codtra	EC	Modo de Regulación	Op	Tra. Pol.	Tra. Cor.	N. P.	RLDC (V)	XLDC (V)	V.reg (pu)	VHrg (kV)	BW (V)	cap. (kVA)	Reg† (z)	Reg- (z)
REGUL	AA12-849305	AA12-848305	ABC	1	AA12-696153	1	2400	100	16	0.00	0.00	1.017	2.40	2.00	2500	10.0	0.0

Programa PRINDIS V_1.0		EPH	FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA		SEP	TESIS DE GRADO	MARCO MEDINA DURAN
Empresa : IESIS		S/E : IESIS	Alimentador : A			FECHA : 07/03/1992	HORA : 06:40:34
PROGRAMA DE FLUJO RADIAL			DATOS DE SECCIONES				
Nombre de la sección	Modo de envío	Modo de recepción	fases	EC	tipo de sección	longitud (km)	
L11	AA22-000000	AA22-000305	ABC	1	AC1	0.3050	
L12	AA22-000305	AA22-000457	ABC	1	AC1	0.1520	
L10	AA22-000305	AA12-849305	ABC	1	AC2	0.1510	
L13	AA22-000457	AA22-000609	ABC	1	AC1	0.1520	
L5	AA22-000457	AA22-152457	ABC	1	AC2	0.1520	
L1	AA22-000609	AA22-000761	ABC	1	AC2	0.1520	
L2	AA22-000609	AA12-878609	ABC	1	AC2	0.1220	
L6	AA22-152457	AA22-304457	ABC	1	AC2	0.1520	
L9	AA22-152457	AA22-152335	C	1	AC5	0.1220	
L13	AA12-848305	AA12-848000	ABC	1	AC2	0.3050	
L11	AA12-848305	AA12-696305	ABC	1	AC2	0.1520	
L3	AA12-878609	AA12-756609	BC	1	AC8	0.1220	
L7	AA22-304457	AA22-304579	B	1	AC4	0.1220	
L9	AA22-152335	AA22-152213	C	1	AC5	0.1220	
L17	AA12-696305	AA12-696457	ABC	1	AC2	0.1520	
L14	AA12-696305	AA12-696153	ABC	1	AC2	0.1520	
L12	AA12-696305	AA12-544305	ABC	1	AC2	0.1520	
L4	AA12-756609	AA12-634609	B	1	AC4	0.1220	
L18	AA12-696457	AA12-544457	ABC	1	AC2	0.1520	
L16	AA12-696153	AA12-696062	ABC	1	AC2	0.0910	
L15	AA12-696153	AA12-605153	C	1	AC5	0.0910	
L19	AA12-544457	AA12-453457	AB	1	AC7	0.0910	
L21	AA12-453457	AA12-453396	A	1	AC3	0.0610	
L20	AA12-453457	AA12-392457	B	1	AC4	0.0610	

RESULTADOS DEL CASO 5

Programa PRIMOS V_1.0		EPH	FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA		SEP	TESIS DE GRADO		MARCO MEDINA DURAN	
Empresa : TESIS		S/E : TESIS	Alimentador : A			FECHA : 07/03/1992		HORA : 06:40:10	
PROGRAMA DE FLUJO RADIAL			FLUJO RADIAL DE CARGA						
Nombre de la sección	Barra de Envío	Barra de Recepción	FASE A		FASE B		FASE C		CARGA (%)
			MOD. (A)	ANG. (°)	MOD. (A)	ANG. (°)	MOD. (A)	ANG. (°)	
LT1	AA22-000000	AA22-000305	411.299	-17.164	361.443	-138.173	379.538	101.160	77.59
LT2	AA22-000305	AA22-000457	158.485	-30.036	174.283	-149.991	173.612	89.917	32.88
L10	AA22-000305	AA12-849305	260.994	-9.489	194.164	-127.579	211.977	110.348	113.48 S
LT3	AA22-000457	AA22-000609	86.955	-30.043	104.812	-150.069	69.104	89.925	19.78
L5	AA22-000457	AA22-152457	69.530	-30.027	69.471	-149.873	104.508	89.912	45.44
REGUL	AA12-849305	AA12-848305	260.994	-9.489	194.164	-127.579	211.977	110.348	25.07
L1	AA22-000609	AA22-000761	34.768	-30.055	34.682	-149.984	34.553	89.952	15.12
L2	AA22-000609	AA12-878609	52.187	-30.035	70.130	-150.112	34.551	89.899	30.49
L6	AA22-152457	AA22-304457	34.808	-30.028	34.814	-149.915	0.000	0.000	15.14
L8	AA22-152457	AA22-152335					69.839	89.890	30.36
L13	AA12-848305	AA12-848000	31.720	-30.443	31.874	-150.002	31.454	89.893	13.86
L11	AA12-848305	AA12-696305	216.317	-6.483	155.929	-123.107	170.393	114.047	94.05
L3	AA12-878609	AA12-756609			70.130	-150.112	34.551	89.899	30.49
L7	AA22-304457	AA22-304579			34.814	-149.915			15.14
L9	AA22-152335	AA22-152213					34.970	89.876	15.20
L17	AA12-696305	AA12-696457	126.052	-22.707	66.733	-150.448	0.000	0.000	54.81
L14	AA12-696305	AA12-696153	111.557	-30.869	111.664	-150.149	194.415	89.584	84.53
L12	AA12-696305	AA12-544305	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00
L4	AA12-756609	AA12-634609			70.130	-150.112			30.49
L18	AA12-696457	AA12-544457	76.678	-17.358	66.733	-150.448	0.000	0.000	33.34
L16	AA12-696153	AA12-696062	111.557	-30.869	111.664	-150.149	111.206	89.572	48.55
L15	AA12-696153	AA12-605153					33.325	89.588	14.49
L19	AA12-544457	AA12-453457	76.678	-17.358	33.397	-150.472			33.34
L21	AA12-453457	AA12-453396	44.614	-7.040					19.40
L20	AA12-453457	AA12-392457			33.397	-150.472			14.52

REPORTE DE REGULADORES

Nombre del regulador	Barra de Envío	Barra de Recepción	Barra de Regulación	opción	RLDC	XLDC	tap A	tap B	tap C
					(volt)	(volt)	(%)	(%)	(%)
REGUL	AA12-849305	AA12-848305	AA12-696153	1	0.736	0.557	6.25	5.00	6.25

Programa PRINDIS V_1.0 EPM FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA SEP TESIS DE GRADO MARCO MEDINA DURAN
 Empresa : TESTS S/E : TESTS Alimentador : A FECHA : 07/03/1992 HORA : 06:40:12
 PROGRAMA DE FLUJO RADIAL PERFIL DE VOLTAJE

MODO		FASE A		FASE B		FASE C		VOLTAJE	desbalance
código	descripción	MOD.(pu)	ANG.(°)	MOD.(pu)	ANG.(°)	MOD.(pu)	ANG.(°)	(kV)	(%)
AA22-000000	S500	1.000000	0.000000	1.000000	-120.000000	1.000000	120.000000	2.4018	0.0000
AA22-000305	R350	0.983162	-1.130717	0.986555	-120.658851	0.986824	119.170290	2.4018	0.3105
AA22-000457	R110	0.979554	-1.271900	0.982123	-120.778905	0.983598	118.981609	2.4018	0.3496
AA12-849305	PREG130	0.971099	-1.600296	0.979065	-120.902561	0.977553	118.928695	2.4018	0.4555
AA22-000609	R220	0.977105	-1.333406	0.979500	-120.890482	0.982953	118.916967	2.4018	0.3850
AA22-152457	R140	0.976601	-1.322733	0.978445	-120.747469	0.978089	118.904244	2.4018	0.3223
AA12-848305	R130	S 1.031792	-1.600296	1.028018	-120.902561	S 1.038650	118.928695	2.4018	0.6675
AA22-000761	R100	0.975317	-1.350916	0.977735	-120.898948	0.981369	118.898923	2.4018	0.3969
AA12-878609	R170	0.974663	-1.330666	0.974669	-120.935911	0.982287	118.904771	2.4018	0.4289
AA22-304457	R90	0.974196	-1.324587	0.976812	-120.803455	0.978794	118.927081	2.4018	0.3839
AA22-152335	R40					0.972487	118.850448	2.4018	
AA12-848000	R160	1.028302	-1.631247	1.024590	-120.919253	S 1.035597	118.895697	2.4018	0.6857
AA12-696305	R20	1.021427	-2.037422	1.022170	-121.133761	S 1.030910	118.712560	2.4018	0.7664
AA12-756609	R150			0.972683	-120.974290	0.981448	118.846576	2.4018	
AA22-304579	R30			0.974019	-120.829953			2.4018	
AA22-152213	R80					B 0.969682	118.823316	2.4018	
AA12-696457	R200	1.012854	-2.186434	1.020204	-121.248989	S 1.031874	118.820079	2.4018	0.9762
AA12-696153	R70	1.016885	-2.130753	1.015838	-121.047616	1.019663	118.554785	2.4018	0.6645
AA12-544305	R400	1.021427	-2.037422	1.022170	-121.133761	S 1.030910	118.712560	2.4018	0.7664
AA12-634609	R120			B 0.967055	-121.027900			2.4018	
AA12-544457	R180	1.007810	-2.271977	1.017226	-121.340807	S 1.032941	118.870455	2.4018	1.1402
AA12-696062	R10	1.013225	-2.164503	1.012259	-121.064873	1.016434	118.519325	2.4018	0.6844
AA12-605153	R60					1.017545	118.535243	2.4018	
AA12-453457	R210	1.004876	-2.350354	1.016751	-121.374258			2.4018	
AA12-453396	R50	1.003272	-2.411205					2.4018	
AA12-392457	R190			1.015345	-121.387079			2.4018	

Programa PRINDIS V_1.0 EPM FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA SEP TESIS DE GRADO MARCO MEDINA DURAN
 FECHA : 07/03/1992 HORA : 06:40:14
 PROGRAMA DE FLUJO RADIAL SUKARTO

Número de iteraciones requeridas para convergencia : 4
 Criterio de convergencia real : 0.000010
 Criterio de convergencia imaginario : 0.000010

	FASE A		FASE B		FASE C	
	P (kW)	Q (kVAR)	P (kW)	Q (kVAR)	P (kW)	Q (kVAR)
POTENCIA DE ENTRADA TOTAL :	943.653	291.468	824.812	270.749	862.735	294.376
POTENCIA DE CARGA TOTAL :	913.971	500.638	804.021	447.223	840.508	464.973
POTENCIA DE CAPACITORES TOTAL :		-250.000		-200.000		-200.000
PERDIDAS TOTALES :	29.682	40.831	20.791	23.526	22.227	29.403

ALIMENTADOR DE LA REFERENCIA [1]

DATOS DEL CASO 6

Programa PRINDIS V_1.0 EPH FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA SEP TESIS DE GRADO MARCO MEDINA DURAN

FECHA : 04/03/1992 HORA : 19:12:03

PROGRAMA DE FLUJO RADIAL

DATOS GENERALES

Nombre de la Empresa : TESIS

Descripción 1 : Empresa Electrica TESIS

Descripción 2 :

Descripción 3 :

Nombre de la Subestación : TESIS

Descripción 1 : Subestación a 2.4018 KV fn utilizada

Descripción 2 : para el ejemplo del paper.

Nombre del Alimentador : A

Descripción : Alimentador radial a 2.4018 KV TESIS

Potencia BASE (MVA) : 1.000

Voltaje BASE fase neutro (KV) : 2.4018

Número máximo de iteraciones : 20

Criterio de convergencia real : 0.000010

Criterio de convergencia imaginario : 0.000010

Código del nodo de la Subestación : AA22-000000

Tasa de crecimiento del Alimentador (%) : 0.000

Tiempo de estudio en años : 0

Factor de demanda : 1.0000

Voltaje máximo permitido en el Alimentador (pu) : 1.030000

Voltaje mínimo permitido en el Alimentador (pu) : 0.970000

Voltaje de la fase A módulo (pu) : 1.000000

ángulo (°) : 0.000

Voltaje de la fase B módulo (pu) : 1.000000

ángulo (°) : 240.000

Voltaje de la fase C módulo (pu) : 1.000000

ángulo (°) : 120.000

Número de nodos : 26

Número de reguladores : 0

Número de transformadores : 0

Número de secciones : 25

Número de tipos de conductores : 7

Programa PFINDIS V_1.0 EPH FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA SEP TESTS DE GRADO MARCO MEDINA DURAN
 Empresa : IESIS S/E : IESIS Alimentador : A FECHA : 04/03/1992 HORA : 19:12:05
 PROGRAMA DE FLUJO RADIAL DATOS DE NODOS

código del nodo	descripción del nodo	fases	MD	fase (%)	V.nom. (kV)	E C	Potencias Fase A			Potencias Fase B			Potencias fase C		
							P (kW)	Q (kVAR)	C (kVAR)	P (kW)	Q (kVAR)	C (kVAR)	P (kW)	Q (kVAR)	C (kVAR)
AA22-006000	S500	ABC	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA22-007305	R350	ABC	3	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA22-009457	R110	ABC	3	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA12-948305	R130	ABC	3	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA22-000609	R220	ABC	3	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA22-152457	R140	ARC	3	0.0	2.402	0	43.9	24.0	0.0	43.7	24.3	0.0	43.8	24.2	0.0
AA12-848000	R160	ABC	1	0.0	2.402	0	42.1	23.2	0.0	42.1	23.4	0.0	42.0	23.3	0.0
AA12-596305	R20	ABC	4	0.0	2.402	1	0.0	0.0	-200.0	0.0	0.0	-200.0	0.0	0.0	-200.0
AA22-000761	R100	ABC	2	0.0	2.402	0	43.9	24.0	0.0	43.7	24.3	0.0	43.8	24.2	0.0
AA12-878609	R170	ABC	2	0.0	2.402	0	65.8	36.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA22-304457	R90	ARC	2	0.0	2.402	0	43.9	24.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA22-132335	R40	C	2	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	43.8	24.2	0.0
AA12-696457	R200	ARC	2	0.0	2.402	0	65.8	36.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA12-696153	R70	ABC	3	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.6	36.3	0.0
AA12-544305	R400	ARC	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA32-524761	R111	ABC	1	0.0	2.402	0	450.0	217.9	0.0	45.0	21.8	0.0	45.0	21.8	0.0
AA12-756609	R150	RC	2	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	43.8	24.2	0.0
AA22-304579	R30	B	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	43.7	24.3	0.0	0.0	0.0	0.0
AA22-152213	R80	C	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	43.8	24.2	0.0
AA12-544457	R180	ARC	2	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	43.7	24.3	0.0	0.0	0.0	0.0
AA12-656062	R10	ARC	1	0.0	2.402	0	146.2	80.0	0.0	145.7	81.0	0.0	145.8	80.7	0.0
AA12-605153	R60	C	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	43.8	24.2	0.0
AA12-634609	R120	B	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	87.4	48.6	0.0	0.0	0.0	0.0
AA12-453457	R210	AB	3	0.0	2.402	0	43.9	24.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA12-453396	R50	A	1	0.0	2.402	1	65.8	36.0	-50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AA12-392457	R190	B	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	43.7	24.3	0.0	0.0	0.0	0.0

Programa PRINDIS V_1.0 EPM FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA SEP TESIS DE GRADO MARCO MEDINA DURAN
 Empresa : TESIS S/E : TESIS Alimentador : A FECHA : 04/03/1992 HORA : 19:12:09
 PROGRAMA DE FLUJO RADIAL DATOS DE SECCIONES

Nombre de la sección	Modo de envío	Modo de recepción	fases	EC	tipo de sección	longitud (km)
LT1	AA22-000000	AA22-000305	ABC	1	AC1	0.3050
LT2	AA22-000305	AA22-000457	ABC	1	AC1	0.1520
L10	AA22-000305	AA12-848305	ABC	1	AC2	0.1520
LT3	AA22-000457	AA22-000609	ABC	1	AC1	0.1520
L5	AA22-000457	AA22-152457	ABC	1	AC2	0.1520
LT3	AA12-848305	AA12-848000	ABC	1	AC2	0.3050
L11	AA12-848305	AA12-696305	ABC	1	AC2	0.1520
L1	AA22-000609	AA22-000761	ABC	1	AC2	0.1520
L2	AA22-000609	AA12-878609	ABC	1	AC2	0.1220
L6	AA22-152457	AA22-304457	ABC	1	AC2	0.1520
L8	AA22-152457	AA22-152335	C	1	AC5	0.1220
L17	AA12-696305	AA12-696457	ABC	1	AC2	0.1520
L14	AA12-696305	AA12-696153	ABC	1	AC2	0.1520
L12	AA12-696305	AA12-544305	ABC	1	AC2	0.1520
L22	AA22-000761	AA32-524761	ABC	1	AC2	1.5240
L3	AA12-878609	AA12-756609	BC	1	AC8	0.1220
L7	AA22-304457	AA22-304579	B	1	AC4	0.1220
L9	AA22-152335	AA22-152213	C	1	AC5	0.1220
L18	AA12-696457	AA12-544457	ABC	1	AC2	0.1520
L16	AA12-696153	AA12-696062	ABC	1	AC2	0.0910
L15	AA12-696153	AA12-605153	C	1	AC5	0.0910
L4	AA12-756609	AA12-634609	B	1	AC4	0.1220
L19	AA12-544457	AA12-453457	AB	1	AC7	0.0910
L21	AA12-453457	AA12-453396	A	1	AC3	0.0610
L20	AA12-453457	AA12-392457	B	1	AC4	0.0610

RESULTADOS DEL CASO 6

Programa PRINDIS V_1.0		EPN	FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA		SEP	TESIS DE GRADO		MARCO MEDINA DURAN	
Empresa : TESIS		S/E : TESIS	Alimentador : A			FECHA : 04/03/1992		HORA : 19:11:48	
PROGRAMA DE FLUJO RADIAL			FLUJO RADIAL DE CARGA						
Nombre de la sección	Barra de Envío	Barra de Recepción	FASE A		FASE B		FASE C		CARGA (2)
			MOD. (A)	ANG. (°)	MOD. (A)	ANG. (°)	MOD. (A)	ANG. (°)	
LT1	AA22-000000	AA22-000305	513.635	-21.455	227.965	-131.253	243.403	109.096	96.91
LT2	AA22-000305	AA22-000457	377.696	-32.446	124.021	-149.828	126.944	92.163	71.26
LT0	AA22-000305	AA12-848305	159.989	5.295	117.260	-111.564	127.443	125.960	69.56
LT3	AA22-000457	AA22-000609	334.169	-32.651	82.328	-149.766	63.446	93.351	63.05
L5	AA22-000457	AA22-152457	43.545	-30.870	41.693	-149.948	63.526	90.977	27.62
L13	AA12-848305	AA12-848000	20.791	-30.840	20.142	-149.978	20.295	90.652	9.04
L11	AA12-848305	AA12-696305	143.721	10.188	102.247	-104.534	111.500	131.998	62.49
L1	AA22-000609	AA22-000761	S 301.155	-32.797	40.569	-149.318	42.381	94.427	130.94 S
L2	AA22-000609	AA12-878609	33.024	-31.326	41.761	-150.202	21.087	91.188	18.16
L6	AA22-152457	AA22-304457	21.790	-30.871	20.874	-149.973	0.000	0.000	9.47
L8	AA22-152457	AA22-152335					42.411	90.964	18.44
L17	AA12-696305	AA12-696457	79.280	-17.309	41.997	-150.302	0.000	0.000	34.47
L14	AA12-696305	AA12-696153	72.630	-31.189	70.168	-150.137	124.519	90.405	54.14
L12	AA12-696305	AA12-544305	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00
L22	AA22-000761	AA32-524761	S 278.720	-32.888	19.905	-148.335	21.325	97.334	121.18 S
L3	AA12-878609	AA12-756609			41.761	-150.202	21.087	91.188	18.16
L7	AA22-304457	AA22-304579			20.874	-149.973			9.08
L9	AA22-152335	AA22-152213					21.224	90.956	9.23
L18	AA12-696457	AA12-544457	48.209	-7.925	41.997	-150.302	0.000	0.000	20.96
L16	AA12-696153	AA12-696062	72.630	-31.189	70.168	-150.137	71.199	90.398	31.58
L15	AA12-696153	AA12-605153					21.345	90.407	9.28
L4	AA12-756609	AA12-634609			41.761	-150.202			18.16
L19	AA12-544457	AA12-453457	48.209	-7.925	21.010	-150.313			20.96
L21	AA12-453457	AA12-453396	29.453	9.270					12.81
L20	AA12-453457	AA12-392457			21.010	-150.313			9.13

Programa PRINDIS V_1.0		EPH	FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA		SEP	TESIS DE GRADO		MARCO MEDINA DURAN	
Empresa : TESIS		S/E : TESIS		Alimentador : A		FECHA : 04/03/1992		HORA : 19:11:50	
PROGRAMA DE FLUJO RADIAL		PERFIL DE VOLTAJE							
NODO	FASE	A	FASE	B	FASE	C	VOLTAJE	desbalance	
código	descripción	MOD.(pu)	ANG.(°)	MOD.(pu)	ANG.(°)	MOD.(pu)	ANG.(°)	(kV)	(%)
AA22-000000	S500	1.000000	0.000000	1.000000	-120.000000	1.000000	120.000000	2.4018	0.0000
AA22-000305	R350	0.971243	-1.607504	1.001003	-120.669441	0.991987	119.893020	2.4018	0.7184
AA22-000457	R110	R 0.958773	-2.133371	1.002148	-120.856869	0.989293	119.997606	2.4018	1.0168
AA12-848305	R130	R 0.965293	-2.007651	0.997417	-120.884502	0.987208	119.674939	2.4018	0.8133
AA22-000609	R220	R 0.947124	-2.621156	1.004387	-121.037601	0.988165	120.177489	2.4018	1.3085
AA22-152457	R140	R 0.956900	-2.165102	0.999937	-120.839117	0.985951	119.951542	2.4018	1.0079
AA12-848000	R160	R 0.963133	-2.028800	0.995364	-120.894887	0.985345	119.654396	2.4018	0.8293
AA12-696305	R20	R 0.960467	-2.401718	0.994867	-121.095711	0.983371	119.465206	2.4018	0.9011
AA22-000761	R100	R 0.927713	-2.954794	1.007173	-121.179821	0.986092	120.437101	2.4018	1.7495
AA12-878609	R170	R 0.945585	-2.621016	1.002597	-121.064919	0.987754	120.170593	2.4018	1.3315
AA22-304457	R90	R 0.955391	-2.167479	0.998974	-120.872721	0.986382	119.965710	2.4018	1.0433
AA22-152335	R40					0.982549	119.919115	2.4018	
AA12-696457	R200	R 0.955653	-2.524291	0.993721	-121.158167	0.983819	119.529354	2.4018	1.0437
AA12-696153	R70	R 0.957665	-2.462200	0.991073	-121.041672	0.976579	119.366247	2.4018	0.8591
AA12-544305	R400	R 0.960467	-2.401718	0.994867	-121.095711	0.983371	119.465206	2.4018	0.9011
AA32-524761	R111	R 0.746902	-7.046442	S 1.045852	-122.494028	0.976187	123.175752	2.4018	6.7204
AA12-756609	R150			1.000334	-121.086830	0.987221	120.134824	2.4018	
AA22-304579	R30			0.997299	-120.888257			2.4018	
AA22-152213	R80					0.980847	119.902816	2.4018	
AA12-544457	R180	R 0.953001	-2.605417	0.991948	-121.205302	0.984317	119.556794	2.4018	1.1393
AA12-696062	R10	R 0.955416	-2.484844	0.988941	-121.052328	0.974626	119.344431	2.4018	0.8757
AA12-605153	R60					0.975302	119.353946	2.4018	
AA12-634609	R120			0.996983	-121.117871			2.4018	
AA12-453457	R210	R 0.951466	-2.670917	0.991673	-121.220672			2.4018	
AA12-453396	R50	R 0.950701	-2.726348					2.4018	
AA12-392457	R190			0.990830	-121.228548			2.4018	

Programa PRINDIS V_1.0 EPH FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA SEP TESIS DE GRADO MARCO MEDINA DURAN
 FECHA : 04/03/1992 HORA : 19:11:52

PROGRAMA DE FLUJO RADIAL SUMARIO

Número de iteraciones requeridas para convergencia : 11
 Criterio de convergencia real : 0.000010
 Criterio de convergencia imaginario : 0.000010

	FASE A		FASE B		FASE C	
	P (kW)	Q (KVAR)	P (kW)	Q (KVAR)	P (kW)	Q (KVAR)
POTENCIA DE ENTRADA TOTAL :	1148.164	451.230	537.000	106.843	574.051	110.590
POTENCIA DE CARGA TOTAL :	1011.099	525.293	538.599	296.350	560.999	307.247
POTENCIA DE CAPACITORES TOTAL :		-250.000		-200.000		-200.000
PERDIDAS TOTALES :	137.065	175.937	-1.599	10.493	13.052	3.343

ALIMENTADOR DE LA REFERENCIA [14]

DATOS DEL CASO ACTUAL

Programa PRINDIS V_1.0 EPW FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA SEP TESIS DE GRADO MARCO MEDINA DURAN

FECHA : 27/04/1992 HORA : 16:37:44

PROGRAMA DE FLUJO RADIAL

DATOS GENERALES

Nombre de la Empresa : TESIS
 Descripción 1 : Empresa Electrica TESIS
 Descripción 2 :
 Descripción 3 :

Nombre de la Subestación : LORETO
 Descripción 1 : Subestación a 2.4018 kV fn utilizada
 Descripción 2 : para el ejemplo de la Referencia [14]

Nombre del Alimentador : A
 Descripción : Alimentador Bellivista (actual)

Potencia BASE (MVA) : 1.000
 Voltaje BASE fase neutro (kV) : 2.4018

Número máximo de iteraciones : 20
 Criterio de convergencia real : 0.000010
 Criterio de convergencia imaginario : 0.000010

Código del nodo de la Subestación : XM22-320150
 Tasa de crecimiento del Alimentador [%] : 0.000
 Tiempo de estudio en años : 0
 Factor para demanda mínima : 1.0000

Voltaje máximo permitido en el Alimentador (pu) : 0.996538
 Voltaje mínimo permitido en el Alimentador (pu) : 0.926538

Voltaje de la fase A módulo (pu) : 0.961538
 ángulo (°) : 0.000
 Voltaje de la fase B módulo (pu) : 0.961538
 ángulo (°) : 240.000
 Voltaje de la fase C módulo (pu) : 0.961538
 ángulo (°) : 120.000

Número de nodos : 45
 Número de reguladores : 0
 Número de transformadores : 0
 Número de secciones : 44
 Número de tipos de conductores : 9

Programa FEMDIS V_1.0 EPH FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA SEP TESIS DE GRADO MARCO MEDINA DURAN
 Empresa : TEGIS S/E : LORETO Alimentador : A FECHA : 27/04/1992 HORA : 16:37:48
 PROGRAMA DE FLUJO RADIAL DATOS DE NODOS

código del nodo	descripción del nodo	fases	ND	fase (%)	V.nom. (LV)	E C	Potencias Fase A			Potencias Fase R			Potencias fase C		
							P (kW)	Q (kVAR)	C (kVAR)	P (kW)	Q (kVAR)	C (kVAR)	P (kW)	Q (kVAR)	C (kVAR)
MM22-000150	R0	ABC	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MM22-000150	B751	ABC	3	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MM22-009670	B753	ABC	2	0.0	2.402	0	6.1	1.5	0.0	6.1	1.5	0.0	6.1	1.5	0.0
MM22-009670	B752	ABC	1	0.0	2.402	0	6.1	1.5	0.0	6.1	1.5	0.0	6.1	1.5	0.0
MM22-240670	B754	ABC	3	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MM22-240670	B756	ABC	2	0.0	2.402	0	22.7	5.7	0.0	22.7	5.7	0.0	22.7	5.7	0.0
MM22-240615	B755	ABC	1	0.0	2.402	0	18.2	4.6	0.0	18.2	4.6	0.0	18.2	4.6	0.0
MM22-040146	B757	ABC	4	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MM22-040146	B779	ABC	3	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MM22-050140	B759	ABC	2	0.0	2.402	0	9.1	2.3	0.0	9.1	2.3	0.0	9.1	2.3	0.0
MM22-050140	B758	ABC	1	0.0	2.402	0	9.1	2.3	0.0	9.1	2.3	0.0	9.1	2.3	0.0
MM22-040245	B781	ABC	3	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MM22-050195	B780	A	1	0.0	2.402	0	7.6	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MM22-050190	B760	ABC	4	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MM22-050245	B783	ABC	2	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MM22-050295	B782	A	1	0.0	2.402	0	12.1	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MM22-050270	B765	ABC	3	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MM22-050335	B762	ABC	2	0.0	2.402	0	9.1	2.3	0.0	9.1	2.3	0.0	9.1	2.3	0.0
MM22-050400	B761	ABC	1	0.0	2.402	0	6.1	1.5	0.0	6.1	1.5	0.0	6.1	1.5	0.0
MM22-050245	B784	ABC	3	0.0	2.402	0	6.1	1.5	0.0	6.1	1.5	0.0	6.1	1.5	0.0
MM22-020300	B767	ABC	4	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MM22-050270	B766	B	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	9.1	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0
MM22-050335	B763	ABC	2	0.0	2.402	0	6.1	1.5	0.0	6.1	1.5	0.0	6.1	1.5	0.0
MM22-050245	B794	ABC	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MM22-060245	B785	ABC	2	0.0	2.402	0	5.0	1.3	0.0	5.0	1.3	0.0	5.0	1.3	0.0
MM22-050300	B770	C	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.1	2.3	0.0
MM22-060200	B769	ABC	2	0.0	2.402	0	3.0	0.8	0.0	3.0	0.8	0.0	3.0	0.8	0.0
MM22-050400	B768	ABC	2	0.0	2.402	0	5.0	1.3	0.0	5.0	1.3	0.0	5.0	1.3	0.0
MM22-070055	B764	B	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	15.1	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0
MM22-050245	B786	ABC	2	0.0	2.402	0	6.1	1.5	0.0	6.1	1.5	0.0	6.1	1.5	0.0
MM22-060350	B772	ABC	3	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MM22-050440	B771	ABC	1	0.0	2.402	0	5.0	1.3	0.0	5.0	1.3	0.0	5.0	1.3	0.0
MM22-070045	B787	ABC	3	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MM22-070030	B774	ABC	2	0.0	2.402	0	9.1	2.3	0.0	9.1	2.3	0.0	9.1	2.3	0.0
MM22-060440	B773	ABC	2	0.0	2.402	0	9.1	2.3	0.0	9.1	2.3	0.0	9.1	2.3	0.0
MM22-070075	B789	ABC	3	0.0	2.402	0	6.1	1.5	0.0	6.1	1.5	0.0	6.1	1.5	0.0
MM22-050245	B788	ABC	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MM22-050410	B777	ABC	2	0.0	2.402	0	3.0	0.8	0.0	3.0	0.8	0.0	3.0	0.8	0.0
MM22-050600	B775	ABC	2	0.0	2.402	0	6.1	1.5	0.0	6.1	1.5	0.0	6.1	1.5	0.0
MM22-070045	B791	ABC	2	0.0	2.402	0	6.1	1.5	0.0	6.1	1.5	0.0	6.1	1.5	0.0
MM22-070075	B790	ABC	1	0.0	2.402	0	9.1	2.3	0.0	9.1	2.3	0.0	9.1	2.3	0.0
MM22-050310	B778	ABC	1	0.0	2.402	0	9.1	2.3	0.0	9.1	2.3	0.0	9.1	2.3	0.0
MM22-050300	B776	ABC	1	0.0	2.402	0	7.6	1.9	0.0	7.6	1.9	0.0	7.6	1.9	0.0
MM22-070035	B792	ABC	2	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MM22-070025	B793	ABC	1	0.0	2.402	0	3.0	0.8	0.0	3.0	0.8	0.0	3.0	0.8	0.0

Programa PRINDIS V_1.0	EPN	FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA	SEP	TESIS DE GRADO	MARCO XERINA DURAN	
Empresa : TESIS	S/E : LORETO	Alimentador : A		FECHA : 27/04/1992	HORA : 16:37:54	
PROGRAMA DE FLUJO RADIAL			DATOS DE SECCIONES			
Nombre de la sección	Código de envío	Código de recepción	fases	EC	tipo de sección	longitud (km)
L751	MM22-320150	MM22-100150	ABC	1	R20AC1	0.2200
L753	MM22-100150	MM22-100670	ABC	1	R20AC1	0.5200
L752	MM22-100150	MM22-100070	ABC	1	R20AC1	0.0800
L754	MM22-100670	MM22-240670	ABC	1	R2AC1	0.1400
L756	MM22-240670	MM22-240980	ABC	1	R4AC1	0.3100
L755	MM22-240670	MM22-240615	ABC	1	R4AC1	0.0550
L757	MM22-240980	MM23-240140	ABC	1	R2AC1	0.1600
L779	MM23-240140	MM23-240195	ABC	1	R2AC1	0.0550
L759	MM23-240140	MM23-180140	ABC	1	R2AC1	0.0600
L758	MM23-240140	MM23-350140	ABC	1	R2AC1	0.1100
L781	MM23-240195	MM23-240245	ABC	1	R2AC1	0.0500
L780	MM23-240195	MM23-350195	A	1	R2AC2	0.1100
L760	MM23-180140	MM23-120140	ABC	1	R2AC1	0.0600
L783	MM23-240245	MM23-310245	ABC	1	R2AC1	0.0700
L782	MM23-240245	MM23-240305	A	1	R2AC2	0.0600
L765	MM23-120140	MM23-120270	ABC	1	R2AC1	0.1300
L762	MM23-120140	MM23-120055	ABC	1	R2AC1	0.0850
L761	MM23-120140	MM23-030140	ABC	1	R2AC1	0.0900
L784	MM23-310245	MM23-590245	ABC	1	R2AC1	0.2800
L767	MM23-120270	MM23-120300	ABC	1	R2AC1	0.0300
L766	MM23-120270	MM23-205270	B	1	R2AC3	0.0850
L763	MM23-120055	MM22-120935	ABC	1	R2AC1	0.1200
L794	MM23-590245	MM23-590265	ABC	1	R10AC1	0.0200
L785	MM23-590245	MM23-660245	ABC	1	R2AC1	0.0700
L770	MM23-120300	MM23-200300	C	1	R4AC4	0.0800
L769	MM23-120300	MM23-065300	ABC	1	R2AC1	0.0550
L768	MM23-120300	MM23-120420	ABC	1	R4AC1	0.1200
L764	MM22-120935	MM22-120855	B	1	R2AC3	0.0800
L786	MM23-660245	MM23-760245	ABC	1	R2AC1	0.1000
L772	MM23-065300	MM23-065350	ABC	1	R2CU1	0.0500
L771	MM23-120420	MM23-120460	ABC	1	R4AC1	0.0400
L787	MM23-760245	MM23-930245	ABC	1	R2AC1	0.1700
L774	MM23-065350	MM23-005350	ABC	1	R2CU1	0.0600
L773	MM23-065350	MM23-065440	ABC	1	R4AC1	0.0900
L789	MM23-930245	MM23-930395	ABC	1	R2AC1	0.1500
L788	MM23-930245	MM23-980245	ABC	1	R2AC1	0.0500
L777	MM23-005350	MM23-005410	ABC	1	R6CU1	0.0600
L775	MM23-065440	MM23-065640	ABC	1	R4AC1	0.2000
L791	MM23-930375	MM23-930495	ABC	1	R2AC1	0.1000
L790	MM23-930395	MM23-770395	ABC	1	R2AC1	0.1600
L778	MM23-005410	MM23-005510	ABC	1	R4AC1	0.1000
L776	MM23-065640	MM23-065760	ABC	1	R4AC1	0.1200
L792	MM23-930495	MM23-930635	ABC	1	R2AC1	0.1400
L793	MM23-930635	MM23-970635	ABC	1	R2AC1	0.0400

Programa PRH015 V_1.0 EPH FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA SEP IESIS DE GRADO MARCO MEDINA DURAN
 Empresa : IESIS S/E : LORETO Alimentador : A FECHA : 27/04/1992 HORA : 16:37:58

PROGRAMA DE FLUJO RADIAL DATOS DE CONDUCTORES
 código fases capac(A) Descripción Matriz de Impedancias de Carson en ohmios/km

R20AC1 ABC 270.00 fase : 2/O ACSR 2.4018 kV fn
 0.57396311 0.96819520 0.05777199 0.53476727 0.05780705 0.50714862
 0.05777199 0.53476727 0.57389283 0.96827120 0.05777199 0.53476727
 0.05780705 0.50714862 0.05777199 0.53476727 0.57396311 0.96819520

R2AC1 ABC 180.00 fase : 2 ACSR 2.4018 kV fn
 1.03413379 0.97938633 0.05777199 0.53476727 0.05780705 0.50714862
 0.05777199 0.53476727 1.03406358 0.97946239 0.05777199 0.53476727
 0.05780705 0.50714862 0.05777199 0.53476727 1.03413379 0.97938633

R4AC1 ABC 140.00 fase : 4 ACSR 2.4018 kV fn
 1.58715796 0.98605275 0.05777199 0.53476727 0.05780705 0.50714862
 0.05777199 0.53476727 1.58708775 0.98612881 0.05777199 0.53476727
 0.05780705 0.50714862 0.05777199 0.53476727 1.58715796 0.98605275

R2AC2 A 180.00 fase : 2 ACSR , neutro : 2 ACSR 2.4018 kV fn
 1.95265543 1.09382355 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000
 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000
 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000

R2AC3 B 180.00 fase : 2 ACSR , neutro : 2 ACSR 2.4018 kV fn
 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000
 0.00000000 0.00000000 1.95265543 1.09382355 0.00000000 0.00000000
 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000

R10AC1 ABC 230.00 fase : 1/O ACSR 2.4018 kV fn
 0.68593341 0.97241098 0.05777199 0.53476727 0.05780705 0.50714862
 0.05777199 0.53476727 0.68586314 0.97248697 0.05777199 0.53476727
 0.05780705 0.50714862 0.05777199 0.53476727 0.68593341 0.97241098

R4AC4 C 140.00 fase : 4 ACSR , neutro : 4 ACSR 2.4018 kV fn
 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000
 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000
 0.00000000 0.00000000 0.00000000 0.00000000 3.05870390 1.10715640

R2CU1 ABC 230.00 fase : 2 Cobre 2.4018 kV fn
 1.65680784 0.95628893 0.05777199 0.53476727 0.05780705 0.50714862
 0.05777199 0.53476727 0.65673757 0.95636493 0.05777199 0.53476727
 0.05780705 0.50714862 0.05777199 0.53476727 0.65680784 0.95628893

R6CU1 ABC 120.00 fase : 6 Cobre 2.4018 kV fn
 1.54288137 0.99534720 0.05777199 0.53476727 0.05780705 0.50714862
 0.05777199 0.53476727 1.54281116 0.99542326 0.05777199 0.53476727
 0.05780705 0.50714862 0.05777199 0.53476727 1.54288137 0.99534720

RESULTADOS DEL CASO ACTUAL

Programa PRINDIS V_1.0		EPK	FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA		SEP	TESIS DE GRADO		MARCO MEDINA DURAN	
Empresa : TESIS		S/E : LORETO	Alimentador : A		FECHA : 27/04/1992		HORA : 16:37:27		
PROGRAMA DE FLUJO RADIAL			FLUJO RADIAL DE CARGA						
Nombre de la sección	Barra de Envío	Barra de Recepción	FASE A		FASE B		FASE C		CARGA (%)
			MOD. (A)	ANG. (°)	MOD. (A)	ANG. (°)	MOD. (A)	ANG. (°)	
L751	MM22-320150	MM22-100150	98.954	-14.819	100.837	-134.947	93.144	105.254	37.35
L753	MM22-100150	MM22-100670	96.233	-14.834	98.118	-134.965	90.427	105.240	36.34
L752	MM22-100150	MM22-100070	2.721	-14.288	2.719	-134.307	2.717	105.728	1.01
L754	MM22-100670	MM22-240670	93.472	-14.839	95.362	-134.972	87.678	105.235	52.98
L756	MM22-240670	MM22-240980	85.131	-14.851	87.042	-134.989	79.383	105.224	52.17
L755	MM22-240670	MM22-240615	8.341	-14.720	8.320	-134.797	8.295	105.345	5.96
L757	MM22-240980	MM23-240140	74.502	-14.863	76.445	-135.006	68.841	105.209	42.47
L779	MM23-240140	MM23-240195	28.911	-14.889	19.542	-135.005	19.429	105.205	16.06
L759	MM23-240140	MM23-180140	41.312	-14.849	52.638	-135.011	45.173	105.206	29.24
L758	MM23-240140	MM23-350140	4.279	-14.825	4.264	-134.942	4.239	105.266	2.38
L781	MM23-240195	MM23-240245	25.341	-14.896	19.542	-135.005	19.429	105.205	14.08
L780	MM23-240195	MM23-350195	3.569	-14.844					1.98
L760	MM23-180140	MM23-120140	37.029	-14.852	48.368	-135.016	40.931	105.201	26.87
L783	MM23-240245	MM23-310245	19.627	-14.908	19.542	-135.005	19.429	105.205	10.90
L782	MM23-240245	MM23-240305	5.714	-14.853					3.17
L765	MM23-120140	MM23-120270	27.019	-14.861	31.242	-135.020	31.020	105.190	17.36
L762	MM23-120140	MM23-120055	7.151	-14.825	14.275	-135.013	7.079	105.236	7.93
L761	MM23-120140	MM23-030140	2.859	-14.833	2.851	-134.984	2.832	105.236	1.59
L784	MM23-310245	MM23-590245	19.627	-14.908	19.542	-135.005	19.429	105.205	10.90
L767	MM23-120270	MM23-120300	27.019	-14.861	26.955	-135.021	31.020	105.190	17.23
L766	MM23-120270	MM23-205270			4.287	-135.010			2.38
L763	MM23-120055	MM22-120935	2.861	-14.820	9.996	-135.020	2.832	105.236	5.55
L794	MM23-590245	MM23-590265	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00
L785	MM23-590245	MM23-660245	16.761	-14.912	16.689	-135.009	16.592	105.201	9.31
L770	MM23-120300	MM23-200300					4.259	105.200	3.04
L769	MM23-120300	MM23-065300	22.241	-14.864	22.189	-135.024	22.029	105.185	12.36
L768	MM23-120300	MM23-120420	4.777	-14.848	4.766	-135.008	4.732	105.202	3.41
L764	MM22-120935	MM22-120855			7.141	-135.023			3.97
L786	MM23-660245	MM23-760245	14.371	-14.916	14.309	-135.013	14.226	105.197	7.98
L772	MM23-065300	MM23-065350	20.809	-14.865	20.759	-135.025	20.610	105.185	9.05
L771	MM23-120420	MM23-120460	2.389	-14.848	2.383	-135.009	2.366	105.202	1.71
L787	MM23-760245	MM23-930245	11.502	-14.920	11.452	-135.017	11.385	105.193	6.39
L774	MM23-065350	MM23-005350	10.040	-14.865	10.016	-135.026	9.944	105.184	4.37
L773	MM23-065350	MM23-065440	10.769	-14.864	10.743	-135.024	10.665	105.185	7.69
L789	MM23-930245	MM23-930395	11.502	-14.920	11.452	-135.017	11.385	105.193	6.39
L788	MM23-930245	MM23-980245	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00
L777	MM23-005350	MM23-005410	5.738	-14.866	5.725	-135.026	5.683	105.183	4.78
L775	MM23-065440	MM23-065640	6.464	-14.865	6.449	-135.025	6.402	105.184	4.62
L791	MM23-930395	MM23-930495	4.313	-14.920	4.294	-135.017	4.269	105.193	2.40
L790	MM23-930395	MM23-770395	4.314	-14.921	4.295	-135.018	4.270	105.192	2.40
L778	MM23-005410	MM23-005510	4.304	-14.866	4.294	-135.027	4.263	105.183	3.07
L776	MM23-065640	MM23-065760	3.592	-14.865	3.583	-135.026	3.557	105.184	2.57
L792	MM23-930495	MM23-930635	1.437	-14.921	1.431	-135.018	1.423	105.192	0.80
L793	MM23-930635	MM23-970635	1.437	-14.921	1.431	-135.018	1.423	105.192	0.80

Programa PRINDIS V_1.0		EPN	FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA		SEP	TESIS DE GRADO		MARCO MEDINA DURAN	
Empresa : TESIS		S/E : LORETO	Alimentador : A			FECHA : 27/04/1992		HORA : 16:37:29	
PROGRAMA DE FLUJO RADIAL		PERFIL DE VOLTAJE							
NODO		FASE A		FASE B		FASE C		VOLTAJE	desbalance
código	descripción	MOD.(pu)	ANG.(°)	MOD.(pu)	ANG.(°)	MOD.(pu)	ANG.(°)	(kV)	[%]
MM22-320150	R0	0.961538	0.000000	0.961538	-120.000000	0.961538	120.000000	2.4018	0.0000
MM22-100150	R751	0.955453	-0.157325	0.956036	-120.176658	0.956720	119.858501	2.4018	0.0244
MM22-100670	R753	0.941472	-0.526286	0.943424	-120.591697	0.945679	119.529608	2.4018	0.0823
MM22-100070	R752	0.955396	-0.158967	0.955981	-120.178257	0.956667	119.856804	2.4018	0.0246
MM22-240670	R754	0.935371	-0.590426	0.937639	-120.667593	0.940537	119.474583	2.4018	0.1049
MM22-240980	R756	0.917123	-0.633635	0.919928	-120.735761	0.924708	119.446263	2.4018	0.1728
MM22-240615	R755	0.935061	-0.591272	0.937336	-120.668357	0.940239	119.473634	2.4018	0.1052
MM23-240140	R757	0.911522	-0.693685	0.914649	-120.810318	0.920109	119.397871	2.4018	0.1973
MM23-240195	R779	0.910770	-0.709654	0.914290	-120.814542	0.919580	119.397351	2.4018	0.2043
MM23-180140	R759	0.910358	-0.698680	0.913173	-120.832566	0.919071	119.381561	2.4018	0.1990
MM23-350140	R758	0.911310	-0.696162	0.914443	-120.812707	0.919908	119.395342	2.4018	0.1978
MM23-240245	R781	0.910179	-0.719021	0.913925	-120.818811	0.919123	119.395046	2.4018	0.2087
MM23-350195	R780	0.910417	-0.714661					2.4018	
MM23-120140	R760	0.909311	-0.702333	0.911807	-120.853574	0.918143	119.366601	2.4018	0.2008
MM23-310245	R783	0.909558	-0.726241	0.913325	-120.825751	0.918537	119.387710	2.4018	0.2100
MM23-240305	R782	0.909871	-0.724270					2.4018	
MM23-120270	R765	0.907761	-0.713527	0.909905	-120.875655	0.916482	119.338977	2.4018	0.1985
MM23-120055	R762	0.908950	-0.698925	0.911229	-120.867743	0.918018	119.364722	2.4018	0.2052
MM23-030140	R761	0.909194	-0.703689	0.911697	-120.854887	0.918033	119.365215	2.4018	0.2011
MM23-590245	R784	0.907076	-0.755216	0.910927	-120.853603	0.916193	119.358271	2.4018	0.2152
MM23-120300	R767	0.907421	-0.717518	0.909532	-120.878411	0.916070	119.332291	2.4018	0.1972
MM23-205270	R766			0.909577	-120.881235			2.4018	
MM22-120935	R763	0.908672	-0.691397	0.910636	-120.885140	0.918061	119.364840	2.4018	0.2115
MM23-590265	R794	0.907076	-0.755216	0.910927	-120.853603	0.916193	119.358271	2.4018	0.2152
MM23-660245	R785	0.906546	-0.761420	0.910415	-120.859565	0.915693	119.351969	2.4018	0.2163
MM23-200300	R770					0.915611	119.329390	2.4018	
MM23-065300	R769	0.906869	-0.723769	0.908976	-120.884661	0.915548	119.325696	2.4018	0.1982
MM23-120420	R768	0.907034	-0.718607	0.909153	-120.879415	0.915698	119.331097	2.4018	0.1977
MM22-120855	R764			0.910122	-120.893882			2.4018	
MM23-760245	R786	0.905896	-0.769028	0.909788	-120.866876	0.915080	119.344244	2.4018	0.2176
MM23-065350	R772	0.906560	-0.731372	0.908702	-120.891882	0.915264	119.318207	2.4018	0.1990
MM23-120460	R771	0.906970	-0.718789	0.909089	-120.879582	0.915636	119.330898	2.4018	0.1978
MM23-930245	R787	0.905013	-0.779392	0.908934	-120.876835	0.914246	119.333722	2.4018	0.2195
MM23-005350	R774	0.906381	-0.735660	0.908531	-120.896066	0.915099	119.313869	2.4018	0.1995
MM23-065440	R773	0.905905	-0.733214	0.908061	-120.893580	0.914636	119.316189	2.4018	0.2000
MM23-930395	R789	0.904234	-0.788554	0.908181	-120.885637	0.913511	119.324421	2.4018	0.2212
MM23-980245	R788	0.905013	-0.779392	0.908934	-120.876835	0.914246	119.333722	2.4018	0.2195
MM23-005410	R777	0.906154	-0.736494	0.908309	-120.896848	0.914882	119.312975	2.4018	0.1998
MM23-065640	R775	0.905032	-0.735675	0.907207	-120.895847	0.913798	119.313495	2.4018	0.2013
MM23-930495	R791	0.904039	-0.790846	0.907993	-120.887840	0.913327	119.322094	2.4018	0.2216
MM23-770395	R790	0.903922	-0.792223	0.907880	-120.889163	0.913216	119.320697	2.4018	0.2217
MM23-005510	R778	0.905863	-0.737314	0.908025	-120.897602	0.914603	119.312078	2.4018	0.2002
MM23-065760	R776	0.904740	-0.736497	0.906922	-120.896604	0.913518	119.312595	2.4018	0.2017
MM23-930635	R792	0.903948	-0.791916	0.907905	-120.888868	0.913241	119.321008	2.4018	0.2218
MM23-970635	R793	0.903922	-0.792222	0.907880	-120.889162	0.913217	119.320698	2.4018	0.2218

Programa PRINDIS V_1.0 EPH FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA SEP TESIS DE GRADO MARCO MEDINA DURAN
 FECHA : 27/04/1992 HORA : 16:37:32

PROGRAMA DE FLUJO RADIAL SUMARIO

Número de iteraciones requeridas para convergencia : 5
 Criterio de convergencia real : 0.000010
 Criterio de convergencia imaginario : 0.000010

	FASE A		FASE B		FASE C	
	P (kW)	Q (kVAR)	P (kW)	Q (kVAR)	P (kW)	Q (kVAR)
POTENCIA DE ENTRADA TOTAL :	220.926	58.449	224.996	60.065	208.025	54.751
POTENCIA DE CARGA TOTAL :	210.404	52.963	214.945	54.106	199.807	50.295
POTENCIA DE CAPACITORES TOTAL :		0.000		0.000		0.000
PERDIDAS TOTALES :	10.522	5.486	10.051	5.960	8.218	4.456

ALIMENTADOR DE LA REFERENCIA [14]

DATOS DEL CASO FINAL

Programa PRIMDIS V_1.0 EPN FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA SEP TESIS DE GRADO MARCO MEDINA DURAN
 FECHA : 28/04/1992 HORA : 08:06:47

PROGRAMA DE FLUJO RADIAL DATOS GENERALES

Nombre de la Empresa : TESIS
 Descripción 1 : Empresa Electrica TESIS
 Descripción 2 :
 Descripción 3 :

Nombre de la Subestación : LORETO
 Descripción 1 : Subestación a 2.4018 kV fn utilizada
 Descripción 2 : para el ejemplo de la Referencia [14]

Nombre del Alimentador : A
 Descripción : Alimentador Bellavista (actual)

Potencia BASE (MVA) : 1.000
 Voltaje BASE fase neutro (kV) : 2.4018

Número máximo de iteraciones : 20
 Criterio de convergencia real : 0.000010
 Criterio de convergencia imaginario : 0.000010

Código del nodo de la Subestación : MM22-320150
 Tasa de crecimiento del Alimentador (%) : 0.000
 Tiempo de estudio en años : 0
 Factor para demanda mínima : 1.0000

Voltaje máximo permitido en el Alimentador (pu) : 0.996538
 Voltaje mínimo permitido en el Alimentador (pu) : 0.926538

Voltaje de la fase A módulo (pu) : 0.961538
 Ángulo (°) : 0.000
 Voltaje de la fase B módulo (pu) : 0.961538
 Ángulo (°) : 240.000
 Voltaje de la fase C módulo (pu) : 0.961538
 Ángulo (°) : 120.000

Número de nodos : 45
 Número de reguladores : 0
 Número de transformadores : 0
 Número de secciones : 44
 Número de tipos de conductores : 9

Programa FRINDIS V_1.0		EPM		FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA				SEP	TESIS DE GRADO			MARCO MEDINA DURAN			
Empresa : TESIS		S/E : LORETO		Alimentador : A				FECHA : 28/04/1992			HORA : 08:06:52				
PROGRAMA DE FLUJO RADIAL				DATOS DE NODOS											
código del nodo	descripción del nodo	fases	ND	fase (2)	V.nom. (kV)	Potencias Fase A			Potencias Fase B			Potencias fase C			
						E	P (kW)	Q (KVAR)	C (KVAR)	P (kW)	Q (KVAR)	C (KVAR)	P (kW)	Q (KVAR)	C (KVAR)
MX22-320150	R0	ABC	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MX22-190150	R751	ABC	3	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MX22-190670	B753	ABC	2	0.0	2.402	0	6.1	1.5	0.0	6.1	1.5	0.0	6.1	1.5	0.0
MX22-190070	B752	ABC	1	0.0	2.402	0	6.1	1.5	0.0	6.1	1.5	0.0	6.1	1.5	0.0
MX22-240670	B754	ABC	3	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MX22-240980	B756	ABC	2	0.0	2.402	0	22.7	5.7	0.0	22.7	5.7	0.0	22.7	5.7	0.0
MX22-240615	B755	ABC	1	0.0	2.402	0	18.2	4.6	0.0	18.2	4.6	0.0	18.2	4.6	0.0
MX23-240140	B757	ABC	4	0.0	2.402	1	0.0	0.0	-25.0	0.0	0.0	-25.0	0.0	0.0	-25.0
MX23-240195	B779	ABC	3	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MX23-180140	B759	ABC	2	0.0	2.402	0	9.1	2.3	0.0	9.1	2.3	0.0	9.1	2.3	0.0
MX23-350140	B758	ABC	1	0.0	2.402	0	9.1	2.3	0.0	9.1	2.3	0.0	9.1	2.3	0.0
MX23-240245	B781	ABC	3	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MX23-350195	B780	A	1	0.0	2.402	0	7.6	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MX23-120140	B760	ABC	4	0.0	2.402	1	0.0	0.0	-25.0	0.0	0.0	-25.0	0.0	0.0	-25.0
MX23-310245	B783	ABC	2	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MX23-240305	B782	A	1	0.0	2.402	0	12.1	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MX23-120270	B765	ABC	3	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MX23-120055	B762	ABC	2	0.0	2.402	0	9.1	2.3	0.0	9.1	2.3	0.0	9.1	2.3	0.0
MX23-930140	B761	ABC	1	0.0	2.402	0	6.1	1.5	0.0	6.1	1.5	0.0	6.1	1.5	0.0
MX23-590245	B784	ABC	3	0.0	2.402	1	6.1	1.5	-25.0	6.1	1.5	-25.0	6.1	1.5	-25.0
MX23-120300	B767	ABC	4	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MX23-295270	B766	R	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	9.1	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0
MX22-120935	B763	ABC	2	0.0	2.402	0	6.1	1.5	0.0	6.1	1.5	0.0	6.1	1.5	0.0
MX23-590265	B794	ABC	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MX23-660245	B785	ABC	2	0.0	2.402	0	5.0	1.3	0.0	5.0	1.3	0.0	5.0	1.3	0.0
MX23-290300	B770	C	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.1	2.3	0.0
MX23-065300	B769	ABC	2	0.0	2.402	0	3.0	0.8	0.0	3.0	0.8	0.0	3.0	0.8	0.0
MX23-120420	B768	ABC	2	0.0	2.402	0	5.0	1.3	0.0	5.0	1.3	0.0	5.0	1.3	0.0
MX22-120055	B764	B	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	15.1	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0
MX23-760245	B786	ABC	2	0.0	2.402	0	6.1	1.5	0.0	6.1	1.5	0.0	6.1	1.5	0.0
MX23-065350	B772	ABC	3	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MX23-120460	B771	ABC	1	0.0	2.402	0	5.0	1.3	0.0	5.0	1.3	0.0	5.0	1.3	0.0
MX23-930245	B787	ABC	3	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MX23-095350	B774	ABC	2	0.0	2.402	0	9.1	2.3	0.0	9.1	2.3	0.0	9.1	2.3	0.0
MX23-065440	B773	ABC	2	0.0	2.402	0	9.1	2.3	0.0	9.1	2.3	0.0	9.1	2.3	0.0
MX23-730395	B789	ABC	3	0.0	2.402	0	6.1	1.5	0.0	6.1	1.5	0.0	6.1	1.5	0.0
MX23-960245	B788	ABC	1	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MX23-965410	B777	ABC	2	0.0	2.402	0	3.0	0.8	0.0	3.0	0.8	0.0	3.0	0.8	0.0
MX23-065640	B775	ABC	2	0.0	2.402	0	6.1	1.5	0.0	6.1	1.5	0.0	6.1	1.5	0.0
MX23-930495	B791	ABC	2	0.0	2.402	0	6.1	1.5	0.0	6.1	1.5	0.0	6.1	1.5	0.0
MX23-770395	B790	ABC	1	0.0	2.402	0	9.1	2.3	0.0	9.1	2.3	0.0	9.1	2.3	0.0
MX23-095510	B778	ABC	1	0.0	2.402	0	9.1	2.3	0.0	9.1	2.3	0.0	9.1	2.3	0.0
MX23-065760	B776	ABC	1	0.0	2.402	0	7.6	1.9	0.0	7.6	1.9	0.0	7.6	1.9	0.0
MX23-930635	B792	ABC	2	0.0	2.402	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MX23-970635	B793	ABC	1	0.0	2.402	0	3.0	0.8	0.0	3.0	0.8	0.0	3.0	0.8	0.0

Programa PRIMOS V_1.0		EPM	FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA		SEP	TESIS DE GRADO	MARCO MEDINA DURAN
Empresa : TESIS		S/E : LORETO	Alimentador : A			FECHA : 28/04/1992	HORA : 08:06:59
PROGRAMA DE FLUJO RADIAL			DATOS DE SECCIONES				
Nombre de la sección	Modo de envío	Modo de recepción	fases	EC	tipo de sección	longitud (ka)	
L751	MM22-320150	MM22-100150	ABC	1	R20AC1	0.2200	
L753	MM22-100150	MM22-100670	ABC	1	R20AC1	0.5200	
L752	MM22-100150	MM22-100070	ABC	1	R20AC1	0.0800	
L754	MM22-100670	MM22-240670	ABC	1	R20AC1	0.1400	
L756	MM22-240670	MM22-240980	ABC	1	R20AC1	0.3100	
L755	MM22-240670	MM22-240615	ABC	1	R4AC1	0.0550	
L757	MM22-240980	MM23-240140	ABC	1	R2AC1	0.1600	
L779	MM23-240140	MM23-240195	ABC	1	R2AC1	0.0550	
L759	MM23-240140	MM23-180140	ABC	1	R2AC1	0.0600	
L758	MM23-240140	MM23-350140	ABC	1	R2AC1	0.1100	
L781	MM23-240195	MM23-240245	ABC	1	R2AC1	0.0500	
L780	MM23-240195	MM23-350195	A	1	R2AC2	0.1100	
L760	MM23-180140	MM23-120140	ABC	1	R2AC1	0.0600	
L783	MM23-240245	MM23-310245	ABC	1	R2AC1	0.0700	
L782	MM23-240245	MM23-240305	A	1	R2AC2	0.0600	
L765	MM23-120140	MM23-120270	ABC	1	R2AC1	0.1300	
L762	MM23-120140	MM23-120055	ABC	1	R2AC1	0.0850	
L761	MM23-120140	MM23-030140	ABC	1	R2AC1	0.0900	
L784	MM23-310245	MM23-590245	ABC	1	R2AC1	0.2800	
L767	MM23-120270	MM23-120300	ABC	1	R2AC1	0.0300	
L766	MM23-120270	MM23-205270	B	1	R2AC3	0.0850	
L763	MM23-120055	MM22-120935	ABC	1	R2AC1	0.1200	
L794	MM23-590245	MM23-590265	ABC	1	R10AC1	0.0200	
L785	MM23-590245	MM23-660245	ABC	1	R2AC1	0.0700	
L770	MM23-120300	MM23-200300	C	1	R4AC4	0.0800	
L769	MM23-120300	MM23-065300	ABC	1	R2AC1	0.0550	
L768	MM23-120300	MM23-120420	ABC	1	R4AC1	0.1200	
L764	MM22-120935	MM22-120855	B	1	R2AC3	0.0800	
L786	MM23-660245	MM23-760245	ABC	1	R2AC1	0.1000	
L772	MM23-065300	MM23-065350	ABC	1	R2CU1	0.0500	
L771	MM23-120420	MM23-120460	ABC	1	R4AC1	0.0400	
L787	MM23-760245	MM23-930245	ABC	1	R2AC1	0.1700	
L774	MM23-065350	MM23-005350	ABC	1	R2CU1	0.0600	
L773	MM23-065350	MM23-065440	ABC	1	R4AC1	0.0900	
L789	MM23-930245	MM23-930395	ABC	1	R2AC1	0.1500	
L788	MM23-930245	MM23-980245	ABC	1	R2AC1	0.0500	
L777	MM23-005350	MM23-005410	ABC	1	R6CU1	0.0600	
L775	MM23-065440	MM23-065640	ABC	1	R4AC1	0.2000	
L791	MM23-930395	MM23-930495	ABC	1	R2AC1	0.1000	
L790	MM23-930395	MM23-770395	ABC	1	R2AC1	0.1600	
L778	MM23-005410	MM23-005510	ABC	1	R4AC1	0.1000	
L776	MM23-065640	MM23-065760	ABC	1	R4AC1	0.1200	
L792	MM23-930495	MM23-930635	ABC	1	R2AC1	0.1400	
L793	MM23-930635	MM23-970635	ABC	1	R2AC1	0.0400	

Programa PRITHDIS V_1.0 EPH FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA SEP TESIS DE GRADO MARCO MEDINA DURAN
 Empresa : IESIS S/E : LORETO Aliviador : A FECHA : 28/04/1992 HORA : 08:07:04

PROGRAMA DE FLUJO RADIAL DATOS DE CONDUCTORES

código fases capac(A) Descripción Matriz de Impedancias de Carson en ohmios/km

R20AC1 ABC 270.00 fase : 2/0 ACSR 2.4018 kV fn

0.57396311	0.96819520	0.05777199	0.53476727	0.05780705	0.50714862
0.05777199	0.53476727	0.57389283	0.96827120	0.05777199	0.53476727
0.05780705	0.50714862	0.05777199	0.53476727	0.57396311	0.96819520

R4AC1 ABC 140.00 fase : 4 ACSR 2.4018 kV fn

1.58715796	0.98605275	0.05777199	0.53476727	0.05780705	0.50714862
0.05777199	0.53476727	1.58700775	0.98612881	0.05777199	0.53476727
0.05780705	0.50714862	0.05777199	0.53476727	1.58715796	0.98605275

R2AC1 ABC 180.00 fase : 2 ACSR 2.4018 kV fn

1.03413379	0.97938633	0.05777199	0.53476727	0.05780705	0.50714862
0.05777199	0.53476727	1.03406358	0.97946239	0.05777199	0.53476727
0.05780705	0.50714862	0.05777199	0.53476727	1.03413379	0.97938633

R2AC2 A 180.00 fase : 2 ACSR , neutro : 2 ACSR 2.4018 kV fn

1.95265543	1.09382355	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000

R2AC3 B 180.00 fase : 2 ACSR , neutro : 2 ACSR 2.4018 kV fn

0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
0.00000000	0.00000000	1.95265543	1.09382355	0.00000000	0.00000000
0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000

R10AC1 ABC 230.00 fase : 1/0 ACSR 2.4018 kV fn

0.68593341	0.97241098	0.05777199	0.53476727	0.05780705	0.50714862
0.05777199	0.53476727	0.68586314	0.97248697	0.05777199	0.53476727
0.05780705	0.50714862	0.05777199	0.53476727	0.68593341	0.97241098

R4AC4 C 140.00 fase : 4 ACSR , neutro : 4 ACSR 2.4018 kV fn

0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	3.05870390	1.10715640

R2CU1 ABC 230.00 fase : 2 Cobre 2.4018 kV fn

0.65680784	0.95628893	0.05777199	0.53476727	0.05780705	0.50714862
0.05777199	0.53476727	0.65673757	0.95636493	0.05777199	0.53476727
0.05780705	0.50714862	0.05777199	0.53476727	0.65680784	0.95628893

R6CU1 ABC 120.00 fase : 6 Cobre 2.4018 kV fn

1.54288137	0.99534720	0.05777199	0.53476727	0.05780705	0.50714862
0.05777199	0.53476727	1.54281116	0.99542326	0.05777199	0.53476727
0.05780705	0.50714862	0.05777199	0.53476727	1.54288137	0.99534720

RESULTADOS DEL CASO FINAL

Programa PRINDIS V_1.0		EPH	FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA		SEP	TESIS DE GRADO		MARCO MEDINA DURAN	
Empresa : TESIS		S/E : LORETO	Alimentador : A			FECHA : 28/04/1992		HORA : 08:06:11	
PROGRAMA DE FLUJO RADIAL			FLUJO RADIAL DE CARGA						
Nombre de la sección	Barra de Envío	Barra de Recepción	FASE A		FASE B		FASE C		CARGA (%)
			MOD. (A)	ANG. (°)	MOD. (A)	ANG. (°)	MOD. (A)	ANG. (°)	
L751	MM22-320150	MM22-100150	94.455	4.524	96.182	-116.020	89.218	125.718	35.62
L753	MM22-100150	MM22-100670	91.889	5.073	93.609	-115.496	86.674	126.334	34.67
L752	MM22-100150	MM22-100070	2.717	-14.381	2.715	-134.395	2.713	105.643	1.01
L754	MM22-100670	MM22-240670	89.313	5.677	91.029	-114.919	84.130	127.008	33.71
L756	MM22-240670	MM22-240980	81.637	7.739	83.339	-112.954	76.568	129.318	30.87
L755	MM22-240670	MM22-240615	8.268	-15.129	8.250	-135.186	8.225	104.971	5.91
L757	MM22-240980	MM23-240140	72.204	10.988	73.881	-109.867	67.326	132.982	41.04
L779	MM23-240140	MM23-240195	27.680	7.261	19.581	-102.441	19.492	137.812	15.38
L759	MM23-240140	MM23-180140	39.105	0.365	49.824	-123.321	42.798	118.948	27.68
L758	MM23-240140	MM23-350140	4.176	-15.658	4.163	-135.744	4.144	104.501	2.32
L781	MM23-240195	MM23-240245	24.510	10.438	19.581	-102.441	19.492	137.812	13.62
L780	MM23-240195	MM23-350195	3.483	-15.691					1.94
L760	MM23-180140	MM23-120140	35.106	2.251	45.763	-122.195	38.797	120.479	25.42
L783	MM23-240245	MM23-310245	19.659	17.620	19.581	-102.441	19.492	137.812	10.92
L782	MM23-240245	MM23-240305	5.576	-15.715					3.10
L765	MM23-120140	MM23-120270	26.357	-15.726	30.483	-135.852	30.307	104.396	16.93
L762	MM23-120140	MM23-120055	6.977	-15.692	13.930	-135.845	6.918	104.439	7.74
L761	MM23-120140	MM23-030140	2.790	-15.699	2.783	-135.817	2.767	104.440	1.55
L784	MM23-310245	MM23-590245	19.659	17.620	19.581	-102.441	19.492	137.812	10.92
L767	MM23-120270	MM23-120300	26.357	-15.726	26.300	-135.853	30.307	104.396	16.84
L766	MM23-120270	MM23-205270			4.183	-135.842			2.32
L763	MM23-120055	MM22-120935	2.791	-15.688	9.754	-135.852	2.767	104.439	5.42
L794	MM23-590245	MM23-590265	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00
L785	MM23-590245	MM23-660245	16.337	-15.871	16.271	-135.934	16.197	104.317	9.08
L770	MM23-120300	MM23-200300					4.161	104.406	2.97
L769	MM23-120300	MM23-065300	21.697	-15.729	21.649	-135.856	21.522	104.391	12.05
L768	MM23-120300	MM23-120420	4.661	-15.714	4.651	-135.841	4.623	104.407	3.33
L764	MM22-120935	MM22-120855			6.968	-135.854			3.87
L786	MM23-660245	MM23-760245	14.008	-15.874	13.951	-135.937	13.887	104.313	7.78
L772	MM23-065300	MM23-065350	20.299	-15.730	20.255	-135.856	20.136	104.390	8.83
L771	MM23-120420	MM23-120460	2.330	-15.714	2.325	-135.841	2.312	104.407	1.66
L787	MM23-760245	MM23-930245	11.210	-15.878	11.165	-135.941	11.114	104.309	6.23
L774	MM23-065350	MM23-005350	9.795	-15.730	9.773	-135.857	9.716	104.390	4.26
L773	MM23-065350	MM23-065440	10.505	-15.729	10.481	-135.856	10.420	104.391	7.50
L789	MM23-930245	MM23-930395	11.210	-15.878	11.165	-135.941	11.114	104.309	6.23
L788	MM23-930245	MM23-980245	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00
L777	MM23-005350	MM23-005410	5.598	-15.731	5.585	-135.858	5.553	104.389	4.66
L775	MM23-065440	MM23-065640	6.306	-15.730	6.292	-135.857	6.255	104.390	4.50
L791	MM23-930395	MM23-930495	4.204	-15.879	4.187	-135.942	4.167	104.308	2.34
L790	MM23-930395	MM23-770395	4.204	-15.879	4.187	-135.942	4.168	104.308	2.34
L778	MM23-005410	MM23-005510	4.199	-15.731	4.190	-135.858	4.165	104.389	3.00
L776	MM23-065640	MM23-065760	3.504	-15.730	3.496	-135.857	3.475	104.389	2.50
L792	MM23-930495	MM23-930635	1.401	-15.879	1.395	-135.942	1.389	104.308	0.78
L793	MM23-930635	MM23-970635	1.401	-15.879	1.395	-135.942	1.389	104.308	0.78

Programa PRINDIS V_1.0		EPM	FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA		SEP	TESTES DE GRADO		MARCO MEDINA DURAN	
Empresa : TESIS		S/E : LORETO		Alimentador : A		FECHA : 28/04/1992		HORA : 08:06:19	
PROGRAMA DE FLUJO RADIAL		PERFIL DE VOLTAJE							
MODO		FASE A		FASE B		FASE C		VOLTAJE	desbalance
código	descripción	MOD.(pu)	ANG.(°)	MOD.(pu)	ANG.(°)	MOD.(pu)	ANG.(°)	(kV)	(%)
KM22-320150	B0	0.961538	0.000000	0.961538	-120.000000	0.961538	120.000000	2.4018	0.0000
KM22-100150	B751	0.956888	-0.250415	0.957402	-120.264694	0.958112	119.773339	2.4018	0.0266
KM22-100670	B753	0.946341	-0.841066	0.948064	-120.888766	0.950417	119.242409	2.4018	0.0895
KM22-100070	B752	0.956830	-0.252051	0.957347	-120.266290	0.958059	119.771646	2.4018	0.0267
KM22-240670	B754	0.943620	-0.999385	0.945665	-121.056005	0.948453	119.101021	2.4018	0.1064
KM22-240980	B756	0.938296	-1.333276	0.941027	-121.409911	0.944744	118.806161	2.4018	0.1427
KM22-240615	B755	0.943313	-1.000213	0.945365	-121.056758	0.948156	119.100087	2.4018	0.1068
KM23-240140	B757	0.933851	-1.526792	0.936857	-121.612796	0.941254	118.632124	2.4018	0.1683
KM23-240195	B779	0.933235	-1.556747	0.936621	-121.631987	0.940853	118.616928	2.4018	0.1738
KM23-180140	B759	0.932844	-1.548660	0.935540	-121.650560	0.940366	118.600481	2.4018	0.1718
KM23-350140	B758	0.933643	-1.529145	0.936656	-121.615073	0.941058	118.629699	2.4018	0.1686
KM23-240245	B781	0.932765	-1.580905	0.936367	-121.649847	0.940511	118.601356	2.4018	0.1774
KM23-350195	B780	0.932890	-1.562468	:	:	:	:	2.4018	:
KM23-120140	B760	0.931950	-1.569287	0.934333	-121.687178	0.939585	118.570108	2.4018	0.1754
KM23-310245	B783	0.932309	-1.607797	0.935926	-121.675778	0.940086	118.575618	2.4018	0.1788
KM23-240305	B782	0.932464	-1.585903	:	:	:	:	2.4018	:
KM23-120270	B765	0.930438	-1.579880	0.932473	-121.708201	0.937962	118.543670	2.4018	0.1741
KM23-120055	B762	0.931598	-1.566036	0.933767	-121.700671	0.939463	118.568297	2.4018	0.1812
KM23-030140	B761	0.931836	-1.570574	0.934223	-121.688428	0.939478	118.568781	2.4018	0.1756
KM23-590245	B784	0.930487	-1.715628	0.934164	-121.779745	0.938387	118.472433	2.4018	0.1844
KM23-120300	B767	0.930108	-1.583664	0.932109	-121.710824	0.937560	118.537273	2.4018	0.1726
KM23-205270	B766	:	:	0.932154	-121.713514	:	:	2.4018	:
KM22-120935	B763	0.931327	-1.558868	0.933188	-121.717238	0.939505	118.568395	2.4018	0.1896
KM23-590265	B794	0.930487	-1.715628	0.934164	-121.779745	0.938387	118.472433	2.4018	0.1844
KM23-660245	B785	0.929970	-1.721503	0.933665	-121.785417	0.937898	118.466406	2.4018	0.1852
KM23-200300	B770	:	:	:	:	0.937112	118.534504	2.4018	:
KM23-065300	B769	0.929569	-1.589786	0.931587	-121.716775	0.937051	118.530957	2.4018	0.1734
KM23-120420	B768	0.929730	-1.584692	0.931739	-121.711780	0.937197	118.536124	2.4018	0.1730
KM22-120855	B764	:	:	0.932686	-121.725562	:	:	2.4018	:
KM23-760245	B786	0.929338	-1.728707	0.933053	-121.792370	0.937300	118.459018	2.4018	0.1863
KM23-065350	B772	0.929267	-1.596815	0.931299	-121.723650	0.936773	118.523791	2.4018	0.1739
KM23-120460	B771	0.929667	-1.584863	0.931678	-121.711939	0.937137	118.535932	2.4018	0.1731
KM23-930245	B787	0.928477	-1.738520	0.932220	-121.801841	0.936487	118.448956	2.4018	0.1878
KM23-005350	B774	0.929093	-1.600886	0.931132	-121.727633	0.936612	118.519640	2.4018	0.1743
KM23-065440	B773	0.928629	-1.598553	0.930674	-121.725266	0.936159	118.521849	2.4018	0.1746
KM23-930395	B789	0.927718	-1.747194	0.931486	-121.810212	0.935769	118.440063	2.4018	0.1891
KM23-980245	B788	0.928477	-1.738520	0.932220	-121.801841	0.936487	118.448956	2.4018	0.1878
KM23-005410	B777	0.928872	-1.601675	0.930916	-121.728377	0.936400	118.518781	2.4018	0.1745
KM23-065640	B775	0.927777	-1.600875	0.929839	-121.727425	0.935341	118.519256	2.4018	0.1756
KM23-930495	B791	0.927528	-1.749365	0.931302	-121.812307	0.935590	118.437838	2.4018	0.1894
KM23-770395	B790	0.927414	-1.750668	0.931192	-121.813564	0.935482	118.436502	2.4018	0.1896
KM23-005510	B778	0.928568	-1.602448	0.930638	-121.729096	0.936127	118.517918	2.4018	0.1748
KM23-065760	B776	0.927493	-1.601650	0.929561	-121.728145	0.935068	118.518390	2.4018	0.1759
KM23-930635	B792	0.927439	-1.750378	0.931216	-121.813284	0.935506	118.436800	2.4018	0.1895
KM23-970635	B793	0.927414	-1.750667	0.931192	-121.813563	0.935482	118.436503	2.4018	0.1896

Programa PRINDIS V_1.0 EPM FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA SEP TESTS DE GRADO MARCO MEDINA DURAN
 FECHA : 28/04/1992 HORA : 08:06:26

PROGRAMA DE FLUJO RADIAL SUMARIO

 Número de iteraciones requeridas para convergencia : 4
 Criterio de convergencia real : 0.000010
 Criterio de convergencia imaginario : 0.000010

	FASE A		FASE B		FASE C	
	P (kW)	Q (kVAR)	P (kW)	Q (kVAR)	P (kW)	Q (kVAR)
POTENCIA DE ENTRADA TOTAL :	217.457	-17.207	221.589	-15.417	205.016	-20.529
POTENCIA DE CARGA TOTAL :	210.404	52.963	214.945	54.106	199.807	50.295
POTENCIA DE CAPACITORES TOTAL :		-75.000		-75.000		-75.000
PERDIDAS TOTALES :	7.053	4.830	6.644	5.477	5.209	4.175

REFERENCIAS

- 1.- W. H. Kersting, "A Method to Teach the Design and Operation of a Distribution System", IEEE Transaction on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-103, No. 7, Julio 1984.
- 2.- Clarke, E. , "Circuit Analysis of A-C Power Systems", Vol. I, New York, John Wiley and Sons, 1943.
- 3.- Gönen, T. , "Electric Power Distribution System Engineering", Mc Graw-Hill Book Company, 1986.
- 4.- Poveda, M. , "Planificación de Sistemas de Distribución" , Facultad de Ingeniería Eléctrica, E.P.N., Quito, 1987.
- 5.- Orejuela, V. , "Distribución II" , Facultad de Ingeniería Eléctrica, E.P.N., Quito, 1984.
- 6.- Westinghouse Electric Corporation , "Electric Utility Engineering Reference Book-Distribution Systems" , Vol. 3, East Pittsburgh, Pa., 1959.
- 7.- Enríquez, G. , "Líneas de Transmisión y Redes de Distribución de Potencia Eléctrica" , Vol. 1, Ed. Limusa, México, 1978.

- 8.- Guijarro, C. , "Programa Interactivo de Flujo Optimo para Laboratorio" , Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería Eléctrica, E.P.N., Quito, 1988.
- 9.- Terán, S. , "Estudio de las Protecciones en Sistemas de Distribución" , Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería Eléctrica, E.P.N., Quito, 1988.
- 10.- Bravo, T. , "Análisis Técnico Económico del Uso de Condensadores y Reguladores de Tensión en Alimentadores de Distribución" , Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería Eléctrica, E.P.N., Quito, 1978.
- 11.- E.E.Q.S.A. , "Normas para Sistemas de Distribución" , PARTE A, Quito, 1979.
- 12.- Muñoz, J. , "Pérdidas en los Sistemas de Distribución", Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería Eléctrica, E.P.N., Quito, 1985.
- 13.- Westinghouse Electric Corporation , "Electrical Transmission and Distribution Reference Book", East Pittsburgh, Pa., 1964.
- 14.- Barrera, J. , "Guía para la remodelación de redes aéreas a 13.8 kV de sectores urbanos consolidados", Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería Eléctrica, E.P.N., Quito, 1992.

- 15.- Brian Kernighan, Dennis Ritchie, "El Lenguaje de Programación C" , Ed. Prentice-Hall, México, 1985.
- 16.- FairCom , "c-tree File Handler Version 4.3" , Guía del Programador, 1988.
- 17.- Microsoft , "Microsoft C Run-Time Library Reference" , Versión 5.10, 1988.
- 18.- Furtado, A. , "Organizao de Bancos de Dados" , Editora Campus, Río de Janeiro, 1986.