

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Dpto. de Ingeniería Eléctrica

BIBLIOTECA

Inv. No. ELIC-040

ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

METODO DE OPTIMIZACION DE
REDES TELEFONICAS CON RUTAS
ALTERNATIVAS, APLICADO A LA
CIUDAD DE GUAYAQUIL

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD
ESPECIALIZACION ELECTRONICA

Presentada por:

Carlos A. Valero Delgado

GUAYAQUIL - ECUADOR
1986

RESUMEN

En el presente trabajo se ha desarrollado un sistema de computación que permite calcular el número de enlaces en una red telefónica con estructura jerárquica, de tal forma que satisfaga los requerimientos de calidad de servicio y demanda telefónica, y minimize el costo total de la red. Para efectuar el proceso de optimización del costo, se han empleado técnicas de Programación no Lineal. Se considerarán indistintamente los casos de centrales Analógicas (accesibilidad limitada) y de centrales Digitales (accesibilidad completa), lo cual dará validez a esta Tesis aun cuando en un problema se presenten ambos tipos de centrales, como es el caso actual de la ciudad de Guayaquil.

Debido a la cantidad y complejidad de los cálculos, se hace imprescindible el uso de un computador de gran capacidad de almacenamiento y de velocidad de proceso. Para implementar esta Tesis se ha utilizado el sistema IBM 4341 del centro de cómputo de la ESPOL (CESERCOMP).

En pocas palabras, este trabajo permitirá a nuestra Empresa de Teléfonos realizar una rápida y confiable planificación de la red telefónica de la ciudad, a la vez que la dotará de

los medios para efectuar un constante redimensionamiento de de la misma.

A G R A D E C I M I E N T O

Al ING. JUAN DEL POZO, Director de Tesis, por la decidida e invalorable ayuda brindada a la realización de este trabajo.

A los funcionarios del IETEL, sin cuya colaboración no hubiera sido posible culminar el presente estudio.

A J. J. Illingworth, por la decisiva colaboración prestada en la parte matemática.

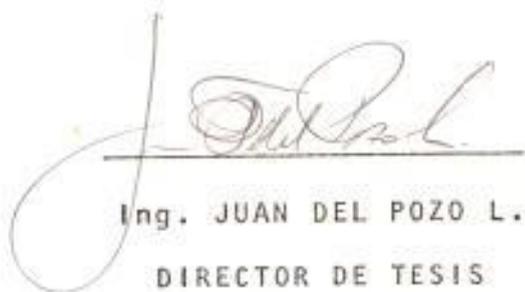
A Esperanza, por su constante apoyo y comprensión.

DEDICATORIA

- A MIS PADRES
- A MIS HERMANOS
- A MIS TIOS
- A ESPERANZA



Ing. GUSTAVO BERMUDEZ F.
SUB-DECANO Facultad de
Ingeniería Eléctrica



Ing. JUAN DEL POZO L.
DIRECTOR DE TESIS



Ing. PEDRO CARLO P.
Miembro del Tribunal

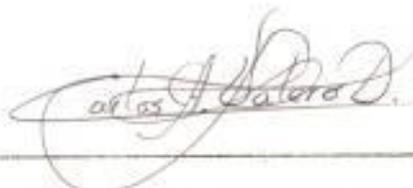


Ing. CARLOS BECERRA E.
Miembro del Tribunal

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad de los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL.

(Reglamento de Exámenes y Titulos profesionales de la ESPOL).



Carlos A. Valero Delgado

I N D I C E G E N E R A L

	Pag.
RESUMEN	V
INDICE GENERAL	VII
INDICE DE FIGURAS	X
INDICE DE CUADROS	XI
INTRODUCCION	12
I. DESCRIPCION DEL PROBLEMA.	
1.1 Planteamiento del problema	15
1.2 Estructura de la red	16
1.2.1 Redes con dos alternativas	18
1.2.2 Redes con más de dos alternativas	18
1.3 Modelos de tráfico	20
1.4 Grado de servicio de la red	23
1.5 El problema de costos	24
II. SOLUCION BASICA.	
2.1 Tráfico en rutas primarias	27
2.1.1 Rutas con accesibilidad total	29
2.1.2 Rutas con accesibilidad limitada	31
2.2 Tráfico en rutas alternativas	35
2.2.1 Cálculo del grupo equivalente de Wilkinson	35
2.2.2 Secuencia de rutas alternativas	38

III. SOLUCION OPTIMIZADA.

3.1 Definición de la función objetivo	42
3.2 Algoritmo del gradiente	43
3.3 Ecuación general de optimización	45
3.4 Implementación del algoritmo	49

IV. DESCRIPCION DEL SISTEMA DE COMPUTACION ELABORADO.

4.1 Datos de entrada	52
4.2 Diagrama de flujo del sistema	53
4.3 Programas principales	55
4.4 Subrutinas más importantes	55
4.5 Ejemplo de aplicación	56
4.6 Presentación de resultados	57
4.7 Notas sobre la programación y el tiempo de ejecución	62

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	90
--------------------------------------	----

APENDICES.

A. Evaluación de la función de Erlang mediante un algoritmo de fracción continua.

A.1 Introducción	94
A.2 Fracciones continuas	94
A.3 Desarrollo en fracción continua de $E(A,N)$	95
A.4 Método de cálculo de $E(A,N)$	97

B. Cálculo de la probabilidad de pérdida en un

sistema con accesibilidad limitada	98
C. Inversión de la función de Erlang y de la fórmula de Palm-Jacobaeus	101
D. Inversión de las ecuaciones de Wilkinson	103
E. Ecuación general de optimización	105
F. Diagramas de flujo de programas principales	108
G. Manual del usuario	112
 BIBLIOGRAFIA	 119

INTRODUCCION

La preparación de planes económicos para la red telefónica de la ciudad de Guayaquil (o cualquier otra ciudad), es una tarea demasiado complicada para realizarla por procedimientos manuales.

Hasta la fecha, dichos planes han sido elaborados por las empresas internacionales que nos venden los equipos de conmutación y comunicación telefónica, lo cual implica que personal de nuestra Empresa de Teléfonos tenga que viajar al extranjero para informarse acerca de esos planes. Aparte del inminente gasto que ello significa, se presenta el inconveniente de la poca flexibilidad de tales proyecciones, ya que estas son realizadas para condiciones muy estáticas de tráfico y demanda telefónica.

El objetivo de esta Tesis, es desarrollar un sistema de computación capaz de planificar óptimamente, desde el punto de vista económico, una red telefónica con estructura jerárquica y aplicarlo al caso de la ciudad de Guayaquil.

El problema a resolver, puede ser definido en los siguientes términos:

Dado un conjunto centrales entre las que se ofrece un tráfico definido por una matriz, se trata de dimensionar la red de enlaces entre ellas de tal forma que su costo sea mínimo, siempre que la calidad del servicio (grado de servicio de la red) que se desea ofrecer a los usuarios, sea satisfecha.

Visto de esta manera, el problema se concreta en optimizar la función costo de la red:

$$C = \text{COSTO TOTAL} = \sum_i C_i N_i$$

donde el subíndice i , se extiende a todas las rutas de la red, siendo C_i y N_i el coste unitario y el número de enlaces de la ruta i , respectivamente. Su solución debe ser obtenida con métodos de Programación no Lineal. Para el desarrollo de esta Tesis se ha escogido uno de los métodos del gradiente, concretamente el método del "Paso a paso descendente".

El algoritmo del gradiente con el cual se realizará la optimización, es un procedimiento iterativo definido por la ecuación:

$$N_{n+1} = N_n - K * \text{grad } C$$

donde N_n es el vector número de enlaces de la iteración anterior, N_{n+1} es el nuevo vector, C es la función objetivo, y $\text{grad } C$ es el vector gradiente de C con respecto a N_n que define la dirección y sentido del máximo crecimiento ne-

gativo de C .

La variable K es el módulo del incremento del vector N_n que hace a C mínimo. Para determinar su valor se sigue el algoritmo de Fibonacci, el más eficaz en la minimización de una función Unimodal (un solo óptimo o modo).

Para obtener el punto de partida, o sea N_0 (valor que llamaré Solución Básica), se utilizan las fórmulas de Erlang y el método del "Grupo equivalente" de Wilkinson.

CAPITULO I

DESCRIPCION DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema.

El problema que se aborda en este trabajo puede ser expresado en los siguientes términos:

Dados los siguientes datos:

- La matriz de tráfico A_{ij} conteniendo el tráfico entre todas las centrales de la red (en Erlangs).
- La matriz de rutas que contenga datos acerca de los encaminamientos posibles entre dos centrales, en otras palabras, que indique si la conexión es a través de una ruta directa, tandem o de alto uso.
- La accesibilidad de cada ruta (total o limitada, y en este caso su valor).
- El costo de los equipos de conmutación y transmisión.
- El grado de servicio de la red.

El objetivo es determinar la red de coste mínimo que cumple con las condiciones anteriores, en otras palabras se requiere calcular:

- Número de enlaces directos entre las centrales de la red.
- Número de enlaces entre las centrales y los tandem,

- asi como entre los tandem y las centrales.
- Número de enlaces entre todos los tandem.
 - Características del tráfico cursado por todas estas rutas (media, varianza y degeneración).
 - Costo total de la red.

1.2. Estructura de la red.

La estructura de la red que se considera, es representada en forma esquemática en la figura I.1. En ella se supone que todos los enlaces son unidireccionales, y se considera una sola alternativa para cursar el tráfico desbordado por las rutas de alto uso.

En la figura I.1 puede observarse que las centrales 1 y 2, estan situadas en el mismo sitio pero se enlazan con el resto de las centrales por rutas independientes, teniendo en común la ruta a la central de tránsito T_2 .

Cada central y cada grupo de centrales debe ser considerado bajo dos aspectos diferentes: como origen y como destino. Por esta razón y debido a las posibles agrupaciones, el número de centrales origen no siempre es igual al número de centrales destino.

Para una mejor comprensión de la estructura de la red estudiaremos dos casos particulares por separado.

ESTRUCTURA DE LA RED ANALIZADA

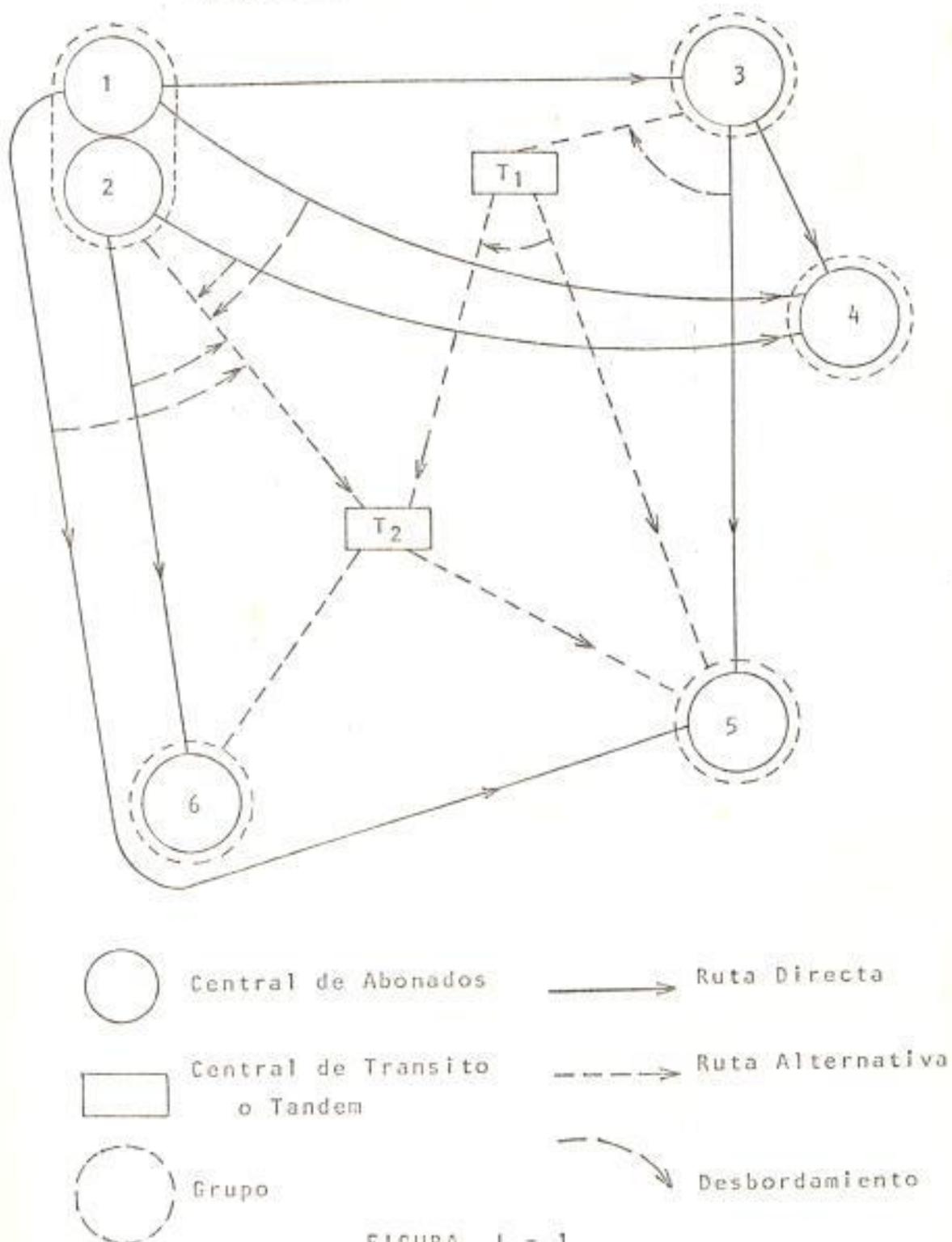


FIGURA 1 - 1

1.2.1. Redes con dos alternativas.

La figura I.2 muestra una parte elemental de una red jerárquica de dos niveles con rutas alternativas en su más simple forma, esto es, con sólo dos posibilidades para conducir el tráfico entre los puntos de más bajo nivel. La ruta que une estas dos centrales de abonados será llamada RUTA DIRECTA, y las que unen a ambas con la central tandem serán llamadas RUTAS ALTERNATIVAS.

El costo de esta parte de la red puede ser expresado como:

$$C = C_1 N_1 + C_2 N_2 + C_3 N_3 \quad 1.1$$

Donde C_i y N_i , representan el costo unitario y el número de enlaces de la respectiva ruta.

1.2.2. Redes con mas de dos alternativas.

El esquema anterior, si bien ilustra la diferencia entre ruta directa y alternativa, no constituye en cambio el caso general. Se puede observar en la figura I.3 que existen mas de dos caminos para llevar el tráfico entre **I** y **J**. Tenemos las siguientes alternativas:

I J

I T₁ J

RED CON UNA RUTA ALTERNATIVA

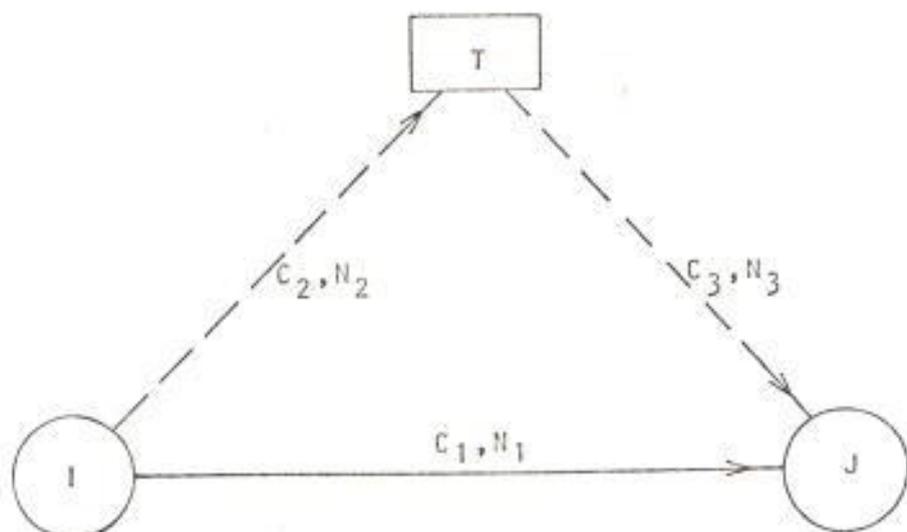


FIGURA 1 - 2

RED CON MAS DE UNA RUTA ALTERNATIVA

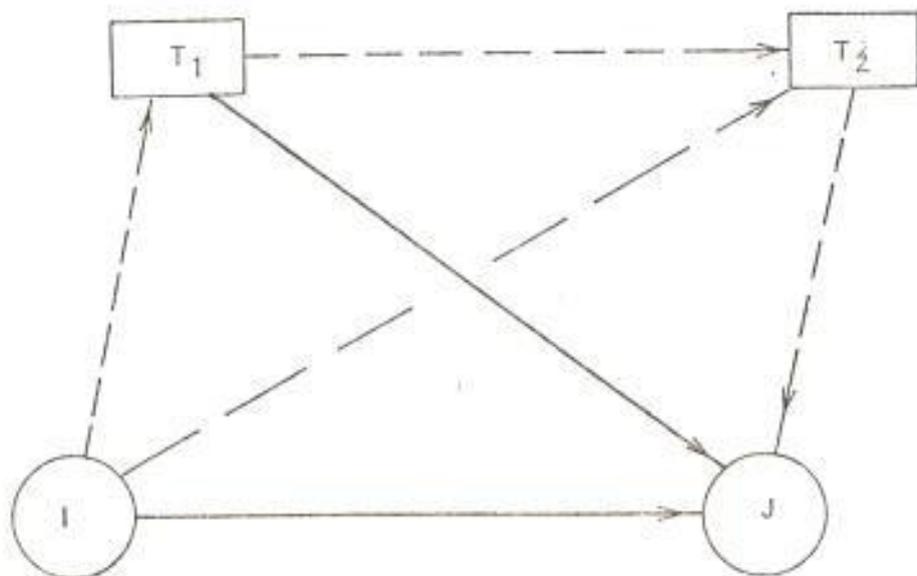


FIGURA 1 - 3

I T₁ T₂ J

I T₂ J

Las alternativas **I T₁ J** e **I T₂ J** son mutuamente excluyentes debido al siguiente criterio de selección: Si uno de los caminos es más económico que el otro, no tiene sentido enrutar el tráfico por ambos, cuando se lo puede realizar sólo por el más barato.

Cuando los precios de ambas vías son similares, existen otros criterios para determinar el camino adecuado pero ellos no serán considerados en esta Tesis debido a que generalmente son decisiones de tipo administrativo.

Las rutas **I J** e **I T₁ J** serán llamadas de ALTO USO. Durante el proceso de optimización, el número de circuitos necesarios para conducir su tráfico será considerado como una variable independiente, por cuanto una vez fijado su valor se podrá recién determinar el número de circuitos necesarios en las rutas alternativas.

1.3. Modelos de tráfico.

Hasta aquí se ha mencionado el tráfico telefónico sin darle una definición concreta. Se conoce como tráfico

telefónico, al flujo de ocupaciones simultáneas en un grupo de órganos durante un periodo de tiempo dado. A su vez llama órgano, al equipo de conmutación necesario para mantener una llamada en proceso.

La unidad de tráfico telefónico es el Erlang. Si un órgano está ocupado durante una hora entonces el tráfico por el conducido es un erlang. Esta unidad nos da una idea del porcentaje de ocupación de un grupo por cada órgano.

El tráfico telefónico es un proceso estocástico y como tal debe ser estudiado de acuerdo a las leyes de las Probabilidades. La aparición de llamadas en un sistema telefónico responde a un proceso de Poisson, o sea que su función Distribución de probabilidad tiene la forma:

$$P_n = \frac{(\lambda t)^n e^{-\lambda t}}{n!} \quad 1.2$$

que es la probabilidad de que aparezcan n llamadas al tiempo t .

Por esta razón diremos que el tráfico ofrecido a las centrales de conmutación es poissoniano, siendo su principal característica el que su Media y su Varianza son iguales. Sin embargo no todo tráfico telefónico es del tipo poissoniano, surgiendo por esta razón tres modelos

de tráfico según que su relación de varianza a media sea menor, igual (poissoniano) o mayor que 1.

En el caso de que esta relación sea menor que 1 se tiene un tráfico de tipo suave, que generalmente no se produce y es estudiado junto al caso del tráfico poissoniano.

Cuando la anterior relación es mayor que 1 se está tratando con un tráfico de tipo disperso. Este tráfico se presenta en las rutas alternativas. Revisando nuevamente la figura I.2, todas las llamadas que por congestión no pueden ser cursadas de la Central **I** hacia la Central **J** por la Ruta **I-J**, tomará el camino a través de la central **T₁**.

Esta ruta de desbordamiento trae ventajas a la ruta directa o primaria que puede ser diseñada para una probabilidad de pérdida mayor, ya que el tráfico rechazado por congestión no se pierde sino que se reenruta por el enlace de desborde. De esta forma la ruta directa resulta de un costo menor. Sin embargo, el tráfico en la ruta alternativa es sumamente irregular pues está formado por los picos de tráfico que no pudieron ser conducidos por la ruta primaria.

Como puede observarse en la Figura I.4, el tráfico de

desbordamiento no obedece a las leyes de Poisson, explicándose de esta forma porque su varianza tiene generalmente un valor mayor que el de su media, por lo que se requiere mas órganos para cursar el mismo tráfico ofrecido a una ruta primaria.

1.4. Grado de Servicio de la Red.

El grado de servicio o calidad del servicio es una medida del porcentaje de tráfico que no alcanza a ser enrutado por la via de alto uso y debe ser conducido por la ruta alternativa.

Para el caso de una ruta directa, el grado de servicio viene dado por una constante que es asignada por el ingeniero planificador en base a su experiencia. Pero en las rutas alternativas el criterio de servicio debe ser tal que satisfaga las condiciones de congestión, las cuales no son las mismas para todas las rutas. Dos son los métodos que pueden utilizarse para definir la calidad de servicio de la red. De acuerdo al primero, la media del tráfico perdido en cada ruta debe ser un porcentaje de la media del tráfico ofrecido a ella.

El segundo criterio define la media del tráfico perdido como un porcentaje de la suma de tráficos ofrecidos que tienen como camino de última elección, la ruta alterna-

tiva considerada.

Ambos criterios son válidos y los resultados que se obtienen son similares en los dos casos.

1.5. El problema de costos.

Hasta el momento se ha planteado el problema de optimizar económicamente una red telefónica, o sea determinar la red de costo mínimo. Queda aún por definir que costos deben ser considerados. El término costo debe ser entendido en un sentido amplio. Generalmente se le da el significado de Valor Presente de Cargas Anuales, pero es el usuario quien debe definirlo en cada caso.

Los costos considerados se agrupan en dos categorías: Costos de transmisión y Costos de conmutación.

En los costos de transmisión se observa que el precio por circuito y por unidad de longitud, es una función del número total de circuitos en una ruta, ya que a mayor número de circuitos, menor el costo. Este efecto es representado en la figura 1.5.

Los costos de conmutación son considerados una función tanto del número de circuitos entrantes y salientes de cada central de abonados, como del tráfico cursado a través de las centrales de tránsito (tandem). General-



FIGURA 1 - 4

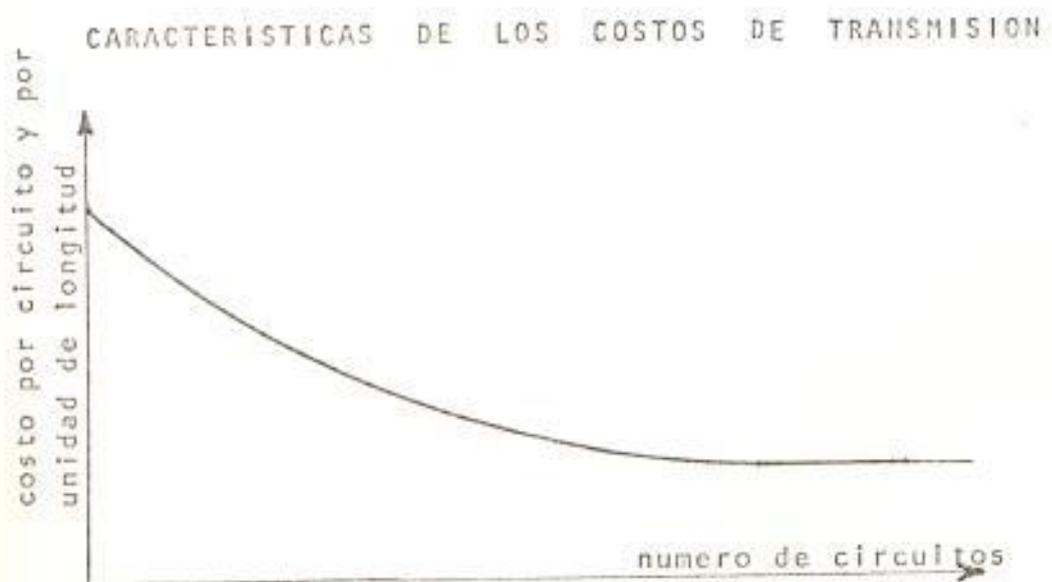


FIGURA 1 - 5

mente estos costos son dados sólo como función del número total de circuitos en la central.

En resumen, los costos de transmisión y de conmutación son primordialmente función del número de circuitos en una ruta cualquiera. Surge de esta manera el concepto de Costo marginal, que representa el costo unitario por circuito de la ruta i , y se lo calcula de la siguiente forma:

$$C_i(n) = C_{\text{transmisión}}(n) + C_{\text{conmutación}}(n) \quad 1.3$$

CAPITULO II

SOLUCION BASICA

2.1. Trafico en rutas primarias.

La siguiente notación sera utilizada de aquí en adelante:

N = número de circuitos en una ruta primaria.

A = media = varianza del tráfico poissoniano.

M = media del tráfico desbordado por una ruta primaria.

V = varianza del tráfico desbordado de una ruta primaria.

K = accesibilidad de una ruta primaria.

g = número de grupos de gradación.

n = número de circuitos en una ruta alternativa.

m = media del tráfico desbordado en una ruta alternativa.

v = varianza del tráfico desbordado por una ruta alternativa.

B = congestión o probabilidad de pérdida en una ruta.

Asumiendo que a las rutas de primera intención o primarias llega un tráfico poissoniano, se pueden distinguir dos problemas según que la accesibilidad dada a las

rutas, sea total o limitada.

Cuando a un grupo de órganos se ofrece un tráfico A , se define como accesibilidad completa o total a la característica de las fuentes de tráfico para poder tomar cualquier órgano libre del grupo. O sea que cualquier fuente tiene acceso a cualquier órgano libre. Si por el contrario, cada fuente de tráfico tiene acceso solo a determinado número K de la totalidad de N órganos, se dice que hay accesibilidad limitada o restringida.

Se tiene accesibilidad completa cuando el número de circuitos de entrada a una central, es menor o igual al número de órganos de salida que dispone. Se presenta accesibilidad total en las centrales digitales ya que en ellas no hay limitación con respecto al número de salidas, por cuanto estas no existen físicamente sino que son un concepto lógico. En las centrales digitales se crean nuevas salidas o se suprimen las ya existentes con sólo cambiar instrucciones del programa almacenado en ellas.

Existe accesibilidad limitada cuando la capacidad de salida de una central, es inferior al número de fuentes de tráfico, o sea es menor al número de circuitos de entrada.

2.1.1. Rutas con accesibilidad total.

Tenemos que resolver aquí dos problemas:

- Determinar el número de circuitos en las rutas de primera intención, ya sean de alto uso o sólo directas.
- Determinar la media y la varianza del tráfico desbordado por la ruta de alto uso.

Para dimensionar una ruta primaria con accesibilidad total, existe una función que define la relación entre tráfico, número de circuitos y probabilidad de pérdida o grado de servicio.

Esta función fue desarrollada por A. K. Erlang y tiene la forma:

$$B = E(A, N) = \frac{A^N e^{-A}}{\sum_{t=0}^N \frac{A^t e^{-A}}{t!}} \quad 2.1$$

Donde $E(A, N)$ representa la probabilidad de que una llamada se pierda, o sea que no llegue a su destino.

Para valores enteros de N , esta función obedece a la siguiente fórmula recurrente:

$$E(A, N+1) = \frac{A E(A, N)}{N+1 + A E(A, N)} \quad 2.2$$

$$E(A, 0) = 1$$

La cual también es válida para valores fraccionarios de N , siempre que se conozca el valor de la función en un N de partida que permita iniciar la recurrencia.

En el apéndice A se expone un método para evaluar numéricamente la función de Erlang, basado en su desarrollo en fracción continua.

Sin embargo, es el problema inverso el que debe resolverse. En las rutas que poseen sólo enlaces directos, el ingeniero planificador asigna una pérdida B y en base a ella y al tráfico A , se calcula el número N de circuitos invirtiendo la función de Erlang de la manera como lo indica el apéndice B. Vale destacar que en este caso no es factible optimizar el resultado obtenido, debido a que N es solo función del grado de servicio que se quiera dar a la ruta.

En las rutas de alto uso, debe encontrarse el número de circuitos en la vía directa y en la ruta tandem de tal forma que el costo sea mínimo. Se presenta el problema de optimizar el costo manteniendo un aceptable grado de servicio.

Una aproximación o solución básica es dada por

la fórmula empírica obtenida por Y. Rapp:

$$\begin{aligned} A[E(A,N) - E(A,N+1)] &= e[1 - 0.3(1-e^2)] & 2.3 \\ &= 0.7e + 0.3e^3 \end{aligned}$$

Donde N es el número de circuitos en la ruta directa y e, representa la relación de costos marginales entre la ruta directa y la ruta tandem.

$$e = \frac{C_{ij}}{C_{it} + C_{tj}} \quad 2.4$$

Luego de determinar el valor de N, se calculan la media y la varianza del tráfico desbordado por la ruta de primera intención, mediante las fórmulas desarrolladas por R. I. Wilkinson:

$$M = A B = A E(A,N) \quad 2.5$$

$$V = M \left[1 - M + \frac{A}{N + 1 + M - A} \right] \quad 2.6$$

2.1.2. Rutas con accesibilidad limitada.

Igual que en el caso anterior, deben determinarse el número de circuitos en las rutas primarias junto con la media y la varianza del tráfico desbordado por una vía con accesibilidad limitada.

El problema ahora, es determinar la probabilidad de pérdida a partir de los parámetros: accesibilidad, K, número de circuitos en la ruta, N, y número de grupos g, usados para graduar las sali

das de la central telefónica. Se pueden definir múltiples configuraciones cada una con características diferentes, por esta razón no es posible hablar de probabilidad de pérdida de un sistema graduado o limitado, refiriéndose únicamente a los parámetros expuestos.

Sin embargo se puede obtener una primera aproximación por medio de la fórmula de Palm:

$$B = \frac{E(A, N)}{E(A, N-K)} \quad 2.7$$

Pero ella da probabilidades de pérdidas mayores que las reales. Debido a ello, Lotze y Jacobaeus introdujeron una modificación en la fórmula anterior llegando a la expresión:

$$B = \frac{E(A_0, N)}{E(A_0, N-K)} = B(N) \quad 2.8$$

Donde A_0 es una variable ficticia que representa el tráfico poissoniano que, ofrecido a N circuitos, produce un tráfico cursado igual al que produce el tráfico A ofrecido a N circuitos con accesibilidad K .

Según la fórmula 2.5, la media del tráfico de desbordamiento o tráfico perdido es: $A_0 E(A_0, N)$ en el primer caso, y $A B$ en el segundo. El tráfico cursado se lo define como el tráfico ofre-

cido menos las pérdidas. De acuerdo a la definición de A_0 :

$$A - M = A_0 - A_0 E(A_0, N) \quad 2.9$$

Si $K > N$, o sea que hay accesibilidad total, la ecuación 2.8 se convierte en 2.1 ya que $A_0 = A$.

Al par de ecuaciones 2.8 y 2.9, se le da el nombre de "Fórmula modificada de Palm-Jacobaeus". Debido a que B esta en función indirecta de A_0 , se requiere de cálculos iterativos con ambas fórmulas para determinar sus valores. El apéndice C describe el método empleado para realizar este cálculo.

Para efectuar el proceso inverso, o sea determinar N , se recurre a la fórmula 2.3 pero reemplazando 2.8 en lugar de $E(A, N)$, con lo que se obtiene la expresión:

$$A [B(N) - B(N+1)] = 0.7e + 0.3e^3 \quad 2.10$$

Como se vio anteriormente, la media del tráfico de desbordamiento esta dada por:

$$M = A B = A \frac{E(A_0, N)}{E(A_0, N-K)} \quad 2.11$$

El cálculo de la varianza V requiere de mas elaboración, debido a que se deben considerar mas variables. Sin embargo, se han desarrollado fórm

mulas aproximadas, así Lotze da un límite superior, V_s , y uno inferior, V_i , según:

$$\frac{V_s}{M} = 1 + \frac{K}{N} X \left[\frac{A}{K + 1 - A_1(1 - B)} - M \right] \quad 2.12$$

$$X = 1 + \frac{1}{g} \left(\frac{N}{K} - 1 \right)$$

$$\frac{V_i}{M} = 1 + \frac{K}{N} X \left[\frac{A}{K + 1 - A_1(1 - B)} - M \right] \quad 2.13$$

Donde A_1 se lo define indirectamente por:

$$E(A_1, N) = B \quad 2.14$$

Las ecuaciones precedentes definen los límites superior e inferior de la varianza para cada valor de las variables N , K , A y g .

Si el número de grupos de gradación g , es desconocido, el límite superior puede ser aproximado por:

$$\frac{V_s}{M} = 1 + \frac{K}{N} X \left[\frac{A}{K + 1 - A_1(1 - B)} - M \right] \quad 2.15$$

$$X = 1 + 0.5 \left(1 - \frac{K}{N} \right)$$

Una buena aproximación para la varianza, es el valor medio de sus límites superior e inferior, es decir:

$$\frac{V}{M} = 1 + \frac{K}{N} X \left[\frac{A}{K + 1 - A_1(1 - B)} - M \right] \quad 2.16$$

$$X = 1 + \frac{0.5}{g} \left(\frac{N}{K} - 1 \right)$$

y si g es desconocido:

$$\frac{V}{M} = 1 + \frac{K}{N} X \left[\frac{A}{K + 1 - A_1(1 - B)} - M \right] \quad 2.17$$

$$X = 1 + 0.25 \left(1 - \frac{K}{N} \right)$$

2.2. Trafico en rutas alternativas.

Cuando se trata el tráfico en rutas alternativas, hay que distinguir claramente entre el tráfico desbordado por una ruta primaria, y el desbordado a su vez, por una ruta alternativa.

El problema ahora es hallar el número de circuitos necesarios para conducir el tráfico de desbordamiento. No es posible obtener su solución utilizando los modelos anteriores, debido a esto R. I. Wilkinson desarrolló el método del "Grupo equivalente", el mismo que en esta Tesis es aplicado solamente a las rutas que desbordan su tráfico a través de centrales con accesibilidad total, como es el caso de la ciudad de Guayaquil que actualmente cuenta con dos centrales de tránsito digitales las que obviamente, poseen accesibilidad completa.

2.2.1. Calculo del grupo equivalente de Wilkinson.

Este procedimiento nos llevará a determinar el número de circuitos requeridos en las rutas alternativas. El método supone que el tráfico

ofrecido a la ruta de desborde, esta completamente definido por su media M_i y su varianza V_i , calculadas mediante:

$$M_I = \sum_i M_i \qquad V_I = \sum_i V_i$$

Donde M_i y V_i son la media y la varianza del tráfico desbordado por la ruta i , variables que son calculadas de acuerdo a lo expuesto en la sección 2.1. de este trabajo.

El método del grupo equivalente consiste en simular una ruta única de primera intención definida por un tráfico A^* , y un número de circuitos N^* tales que su media y su varianza, presenten características similares a las del tráfico desbordado por las rutas de primera intención reales. Por lo tanto, el grupo equivalente es definido con las ecuaciones:

$$M_I = A^* E(A^*, N^*) \qquad 2.18$$

$$V_I = M_I \left[1 - M_I + \frac{A^*}{N^* + 1 + M_I - A^*} \right] \qquad 2.19$$

Los valores de N^* y A^* son calculados por inversión de las fórmulas de Wilkinson. Esta inversión se realiza por medio de un proceso de iteración de segundo grado, partiendo de los valores iniciales:

$$(A^*)_0 = V_I + 3 P (P-1) \quad 2.20$$

$$(N^*)_0 = \frac{(A^*)_0}{Q} - M_I - 1 \quad 2.21$$

$$P = \frac{V_I}{M_I} \quad ; \quad Q = 1 - \frac{1}{M_I + P}$$

Se trata de un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas cuya resolución se describe con mayor detalle en el apéndice D.

M_I y V_I representan la media y la varianza del tráfico ofrecido a la ruta alternativa i considerada, o lo que es lo mismo, la media y la varianza del tráfico desbordado por las rutas primarias que tienen como alternativa la ruta i . Como regla general este tráfico no es poissoniano, o sea que $V_I > M_I$. Si ocurre que $V_I < M_I$, el programa de computador corrige esta situación haciendo $V_I = M_I$. Se debe calcular ahora la media m , y la varianza v del tráfico de desbordamiento de la ruta alternativa.

Sin embargo no es posible calcular m , su valor debe ser estimado de acuerdo al criterio de grado de servicio seleccionado. Para desarrollar esta Tesis se ha escogido la segunda de las alternativas expuestas en la sección 1.4. Según

ese criterio, las pérdidas admitidas en la ruta alternativa i , deben ser un porcentaje del tráfico A_{ij} ofrecido a las rutas primarias que desbor dan por dicha ruta alternativa. Con esto se llega a la expresión:

$$m = \frac{\bar{E}}{2} \sum_j A_{ij} \quad 2.22$$

Donde E es el grado de servicio medio impuesto sobre la red primaria y se lo calcula por:

$$\sum_i \sum_j A_{ij} B_{ij} = \bar{E} \sum_i \sum_j A_{ij} \quad 2.23$$

Donde B_{ij} es la congestión en las rutas primarias.

Si recordamos, N^* representa el número de circuitos del grupo equivalente. El número de circuitos en la ruta alternativa real, n , se lo determina planteando las ecuaciones de Wilkinson:

$$m = A^* E(A^*, N^* + n) \quad 2.24$$

$$v = m \left[1 - m + \frac{A^*}{N^* + n + 1 + m - A^*} \right] \quad 2.25$$

Debemos nuevamente recurrir al método de inversión de la función de Erlang para calcular $N^* + n$ y determinar así, n .

2.2.2. Secuencia de rutas alternativas.

La figura II.1 muestra una secuencia de rutas al

SECUENCIA DE RUTAS ALTERNATIVAS

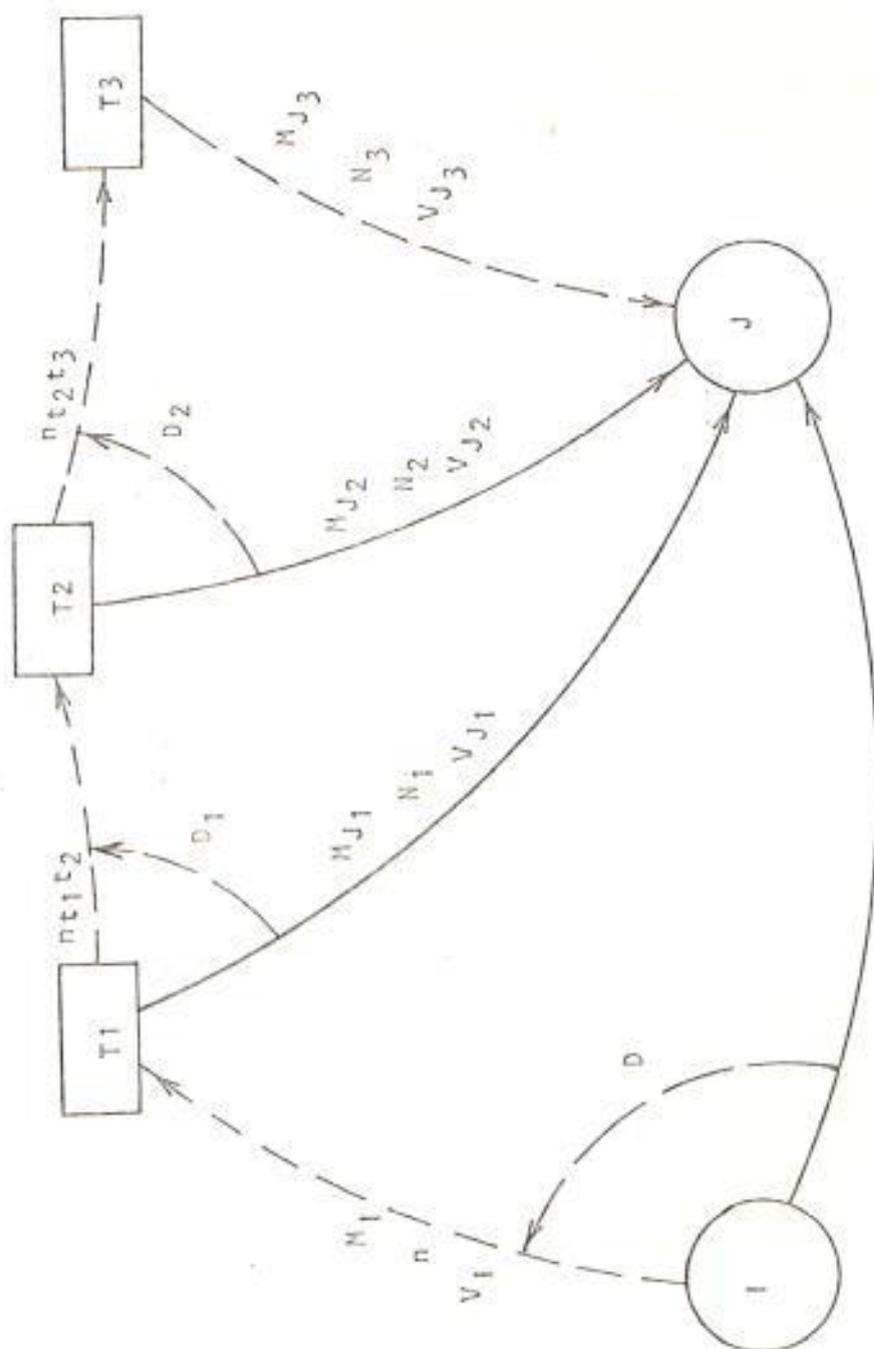


FIGURA II - 1

ternativas. Ella indica que para llevar el tráfico A ofrecido desde la central I a la central J, se pueden utilizar los desbordamientos D, D1 o D2.

Es muy posible que esta situación se presente en un futuro no muy lejano en la ciudad de Guayaquil.

En la sección anterior se describe la forma de calcular n y N , el problema ahora es determinar N_1 , N_2 , N_3 , n_{t1t3} y n_{t2t3} . Para resolverlo aplicaremos el método de Wilkinson a las respectivas rutas; determinaremos primero las N_j ($j=1,2,3$).

$$M_{j,j} = A_j^* E(A_j^*, N_j^*) \quad 2.26$$

$$V_{j,j} = M_{j,j} \left[1 - M_{j,j} + \frac{A_j^*}{N_j^* + 1 + M_{j,j} - A_j^*} \right] \quad 2.27$$

Podemos considerar a las rutas T1J y T2J, como tandems de alto uso, de esta forma el número de circuitos en ellas estaría definido por una relación análoga a 2.3:

$$A^* [E(A^*, N^* + N_j) - E(A^*, N^* + N_j + 1)] = X \quad 2.28$$

$$X = 0.7e + 0.3e^3 \quad e = \frac{C_{TjJ}}{C_{TjTk} + C_{Tkj}}$$

Si son consideradas como rutas directas, se usará el método empleado en la sección anterior:

$$n_{tj} = \frac{\bar{E}}{2} \sum_i A_{ij} \quad 2.29$$

$$m_{tj} = A^*_{tj} E(A^*_{tj}, N^*_{tj} + N_j) = m \quad 2.30$$

$$v_{tj} = m \left[1 - m + \frac{A^*_{tj}}{N^*_{tj} + N_j + 1 + m - A^*_{tj}} \right] \quad 2.31$$

Para hallar m_{t1t2} y m_{t2t3} , aplicaremos un procedimiento similar:

$$M_T = \sum_j m_{tj} \quad 2.32$$

$$V_T = \sum_j v_{tj} \quad 2.33$$

$$M_T = A^*_{Tj} E(A^*_{Tj}, N^*_{Tj}) \quad 2.34$$

$$V_T = M_T \left[1 - M_T + \frac{A^*_{Tj}}{N^*_{Tj} + 1 + M_T - A^*_{Tj}} \right] \quad 2.35$$

$$m = E(A^*_{Tj}, N^*_{Tj} + m_{tj}) \quad 2.36$$

Donde m , tiene un significado diferente al de casos anteriores, puesto que se lo calcula con la siguiente fórmula:

$$m = 2 LT (M_T/V_T)^2 \quad 2.37$$

Siendo LT , la probabilidad de pérdida asignada a las rutas tandem, dato que debe ser proporcionado por el ingeniero que realiza la planificación.

CAPITULO III

SOLUCION OPTIMIZADA

3.1. Definición de la función objetivo.

La función que se pretende optimizar es el costo de la red, definido por la ecuación:

$$C = \sum_i C_i N_i \quad 3.1$$

Donde el subíndice i , se extiende a todas las rutas de la red, e incluye tanto las vías de alto uso como las alternativas. En la ecuación anterior existen tantas variables independientes como rutas de alto uso, por ello el problema consiste en hallar el número de circuitos en dichas rutas, de forma que se mantenga el grado de servicio y el costo sea el menor posible.

Las rutas de alto uso se presentan tanto en los enlaces entre centrales de abonados como entre centrales tandem, pero como el número de estas últimas es inferior al de las primeras, serán consideradas como variables dependientes. Asumir esto, simplifica mucho la obtención de las ecuaciones de optimización sin restar exactitud al resultado.

3.2. Algoritmo del gradiente.

La optimización de la ecuación 3.1 requiere el empleo de métodos de Programación no Lineal. Se ha escogido uno de los métodos del gradiente, concretamente el método del "Paso a paso descendente". Se trata de un procedimiento iterativo definido por la ecuación:

$$\bar{N}_{i+1} = \bar{N}_i - K * \text{grad } C \quad 3.2$$

donde \bar{N} es el vector primitivo de variables independientes de C , \bar{N}_{i+1} es el nuevo vector que resulta de la iteración, $\text{grad } C$ es el vector gradiente de C con respecto a \bar{N}_i y K es el módulo del decremento de \bar{N}_i que hace a C mínimo en la dirección de $\text{grad } C$.

El algoritmo del gradiente consiste, por lo tanto, en obtener nuevos puntos \bar{N}_{i+1} a partir de los primitivos \bar{N} . La figura III.1 representa geoméricamente el procedimiento, en el caso de una función objetivo de dos variables N_1 y N_2 . A partir del punto X_1 se obtiene un nuevo punto X_2 mediante el desplazamiento según la normal de C o sea según el vector gradiente. De este punto X_2 llegamos al punto X_3 , según la dirección del nuevo gradiente y así sucesivamente hasta llegar al óptimo.

Cabe aquí una pequeña explicación sobre el significado de la figura III.1. Las curvas C_j ($j=1,2,..5$) indican

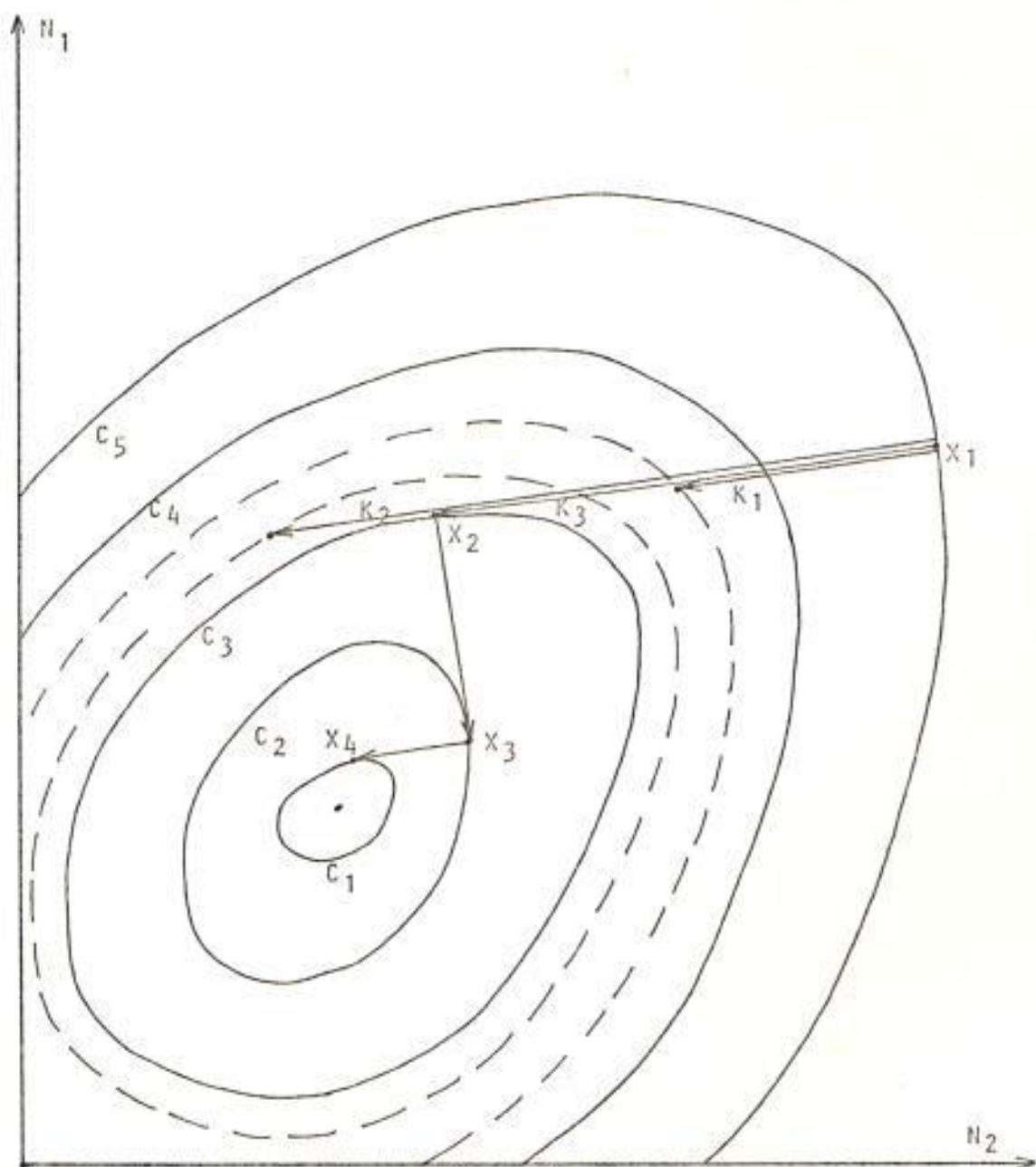
REPRESENTACION DEL ALGORITMO DEL
GRADIENTE

FIGURA III - 1

puntos equicostos para un par de valores N_1 y N_2 . Así el movimiento alrededor de estas curvas implica variación de los valores de N_1 y N_2 pero no del costo total. El costo óptimo se lo encuentra con los valores de N_1 y N_2 sobre la curva C_1 . Realmente el óptimo es el punto central de esta última curva, pero es materialmente imposible llegar a él, por eso se acepta la curva C_1 como la de menor costo posible, o sea, la de costo óptimo.

Como se aprecia en la figura III.1 para ir del punto N_i al punto N_{i+1} , no basta con sólo tomar la dirección del gradiente, si no que hay que determinar cuanto hay que moverse en dicha dirección, en otras palabras hay que determinar el valor de K que nos lleve a la curva de menor costo posible.

Se plantea ahora el problema de encontrar el mínimo de una función, C , de una sola variable, K . Para resolverlo se utiliza el algoritmo de Fibonacci.

3.3. Ecuación General de Optimización.

En el algoritmo descrito en la sección anterior existen dos cálculos básicos que se necesita realizar: el cálculo de la función objetivo y la evaluación del gradiente de la misma. El cálculo de la función objetivo implica la obtención del valor inicial del vector \bar{N} de la ecua-

ción 3.2, que permita iniciar las iteraciones que conducen al óptimo. Este valor inicial \bar{N} está dado por la solución básica cuya obtención se la detalla en el Capítulo II.

El vector gradiente de la función objetivo C , ($\text{grad } C$), no es más que el conjunto de derivadas parciales de C con respecto a cada una de sus variables independientes.

La figura III.2 muestra una pequeña red con tres centrales de abonados y dos tandem. El costo de esta red sería:

$$C = \sum_i C_i N_i \quad (i=1,2,\dots,9) \quad 3.3$$

Para optimizar el número de circuitos en la Ruta 1, obtendremos la derivada parcial del costo con respecto a N_1 . Para efectuar esta derivación debemos asumir que el número de circuitos en cada ruta es una variable continua. Reescribiremos la ecuación 3.3 como sigue:

$$C = C_1 N_1 + C' \quad 3.4$$

$$\frac{\partial C}{\partial N_1} = C_1 + \frac{\partial C'}{\partial N_1} \quad 3.5$$

El número de circuitos en cada una de las rutas tandem es función de la media y la varianza del tráfico desbordado por las rutas primarias. Considerando estos podemos escribir las ecuaciones:

$$N_4 = N_4 (M_4, V_4) \quad 3.6$$

RED TELEFONICA CON 2 TANDEMS

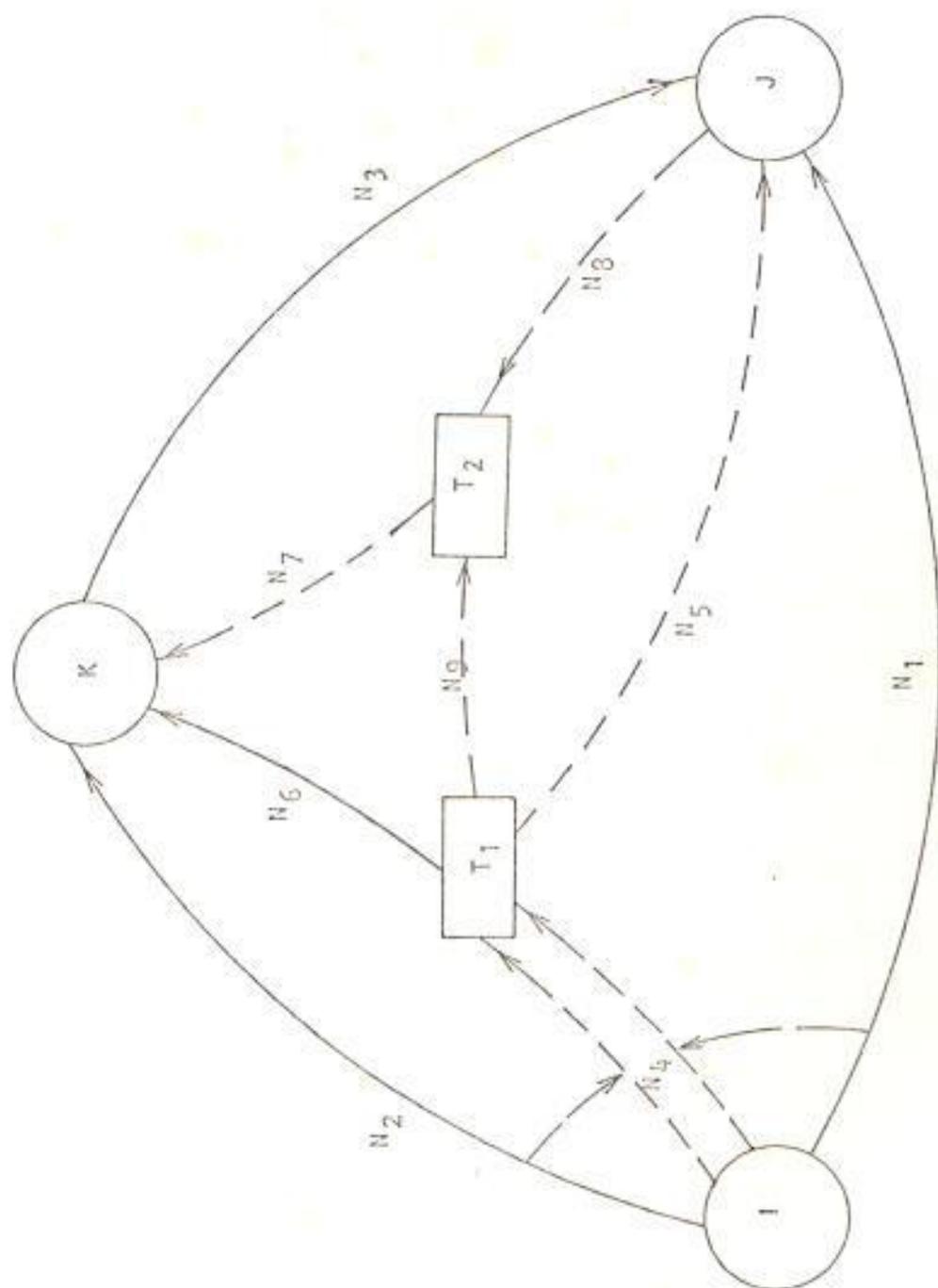


FIGURA III - 2

$$M_4 = M_{40} + m_1 \quad 3.7$$

$$V_4 = V_{40} + v_1 \quad 3.8$$

$$m_1 = m_1(A_1, N_1) \quad 3.9$$

$$v_1 = v_1(m_1, A_1, N_1) \quad 3.10$$

M_4 y V_4 son respectivamente, la media y la varianza del tráfico ofrecido a la ruta 4. Son calculados por la suma de las medias y las varianzas de los tráficos que desbordan por la ruta IT1. De esta forma M_{40} y V_{40} son constantes en relación a N_1 , no así m_1 y v_1 que son la media y la varianza del tráfico desbordado por la ruta 1. Se puede generalizar las ecuaciones 3.6 al 3.10 para las demás rutas tandem. Sin embargo en la figura III.2 se muestra que sólo las rutas IT1 y TIJ dependen de m_1 y con ello de N_1 . Por lo tanto obtenemos:

$$\frac{\delta C_i}{\delta N_1} = \sum_i C_i \frac{\delta N_i}{\delta N_1} \quad (i=4,5) \quad 3.11$$

Debido a que las demás derivadas son cero.

Procedemos a derivar N_i con respecto a N_1 .

$$N_i = N_i(M_i, V_i) \quad 3.12$$

$$M_i = M_i(A_1, N_1) \quad 3.13$$

$$V_i = V_i(A_1, N_1) \quad 3.14$$

$$\frac{\delta N_i}{\delta N_1} = \frac{\delta N_i}{\delta M_i} \frac{\delta M_i}{\delta N_1} + \frac{\delta N_i}{\delta V_i} \frac{\delta V_i}{\delta N_1} \quad 3.15$$

Si usamos las ecuaciones 3.7 y 3.8 obtenemos:

$$\frac{\delta M_i}{\delta N_1} = \frac{\delta m_1}{\delta N_1} = \frac{1}{Hm_1} \quad 3.16$$

$$\frac{\delta V_i}{\delta N_i} = \frac{\delta v_i}{\delta N_i} = \frac{1}{Hv_i} \quad 3.17$$

Si hacemos el siguiente cambio de variable:

$$GM_i = C_i \frac{\delta N_i}{\delta M_i} \quad 3.18$$

$$GV_i = C_i \frac{\delta N_i}{\delta V_i} \quad 3.18$$

La ecuación 3.11 se transformaría en:

$$\frac{\delta C^*}{\delta N_i} = \sum_i \frac{GM_i}{Hm_i} + \sum_i \frac{GV_i}{Hv_i} \quad 3.20$$

De esta forma hemos hallado la componente del gradiente con respecto a N_i . Podemos escribir ahora nuestra ecuación general de optimización, o sea, la componente del gradiente según la variable N_k , número de circuitos en la ruta K :

$$\frac{\delta C}{\delta N_k} = C_k + \sum_i \frac{GM_i}{Hm_k} + \sum_i \frac{GV_i}{Hv_k} \quad 3.21$$

Donde el subíndice i corresponde a la ruta que lleva el tráfico de la central origen al tandem y a la que lo conduce del tandem a la central destino.

En el apéndice E se describe con detalle la obtención de las variables Hm_k , Hv_k , GM_i y GV_i .

3.4. Implementación del Algoritmo.

En la sección anterior se expone la manera de calcular el gradiente, el cual nos define la dirección y sentido en que debe variarse el número de enlaces entre cada

par de centrales. Resta aún determinar la magnitud de esa variación, en otras palabras, determinar el valor de K en la ecuación 3.2. Para hacerlo usaremos el Algoritmo de Fibonacci.

Este algoritmo consiste en el cálculo de la función objetivo (costo de la red), para diferentes valores de K , que varían dentro de determinados límites.

De esta forma, si N_0 es el vector inicial número de enlaces, el costo inicial estará dado por $f(N_0)$.

Luego, siguiendo el algoritmo de Fibonacci, definimos los valores de K_1 y K_2 . Hallamos los nuevos vectores N_1 y N_2 por medio de la ecuación:

$$N_1 = N_0 - K_1 \text{ grad } C \quad 3.22$$

Esta operación nos define el nuevo número de circuitos en las rutas de alto uso. Seguidamente evaluamos el número de circuitos en las rutas Tandem. Una vez realizado este cálculo se obtiene el costo total de la red.

Dependiendo de cual valor de K reduce el costo, se continúa evaluando C , para los diferentes K , siguiendo los números de Fibonacci. Cuando termina la secuencia de dichos números, se ha completado una iteración.

Recién en este momento debemos actualizar el vector N_0 ,

mediante la ecuación:

$$N_{u+1} = N_u - K \text{ grad } C \quad (u = 0, 1, \dots) \quad 3.23$$

Procedemos luego a calcular el nuevo vector gradiente, e iniciamos una nueva iteración. Estas se detienen cuando alcanzan la precisión asignada o se llega al número máximo de iteraciones.

CAPITULO IV

DESCRIPCION DEL SISTEMA DE COMPUTACION ELABORADO

4.1. Datos de Entrada.

Como en todo Sistema de Computación, la exactitud de de los resultados depende exclusivamente de la validez de los datos con los que se lo alimenta.

Los datos que necesita el Sistema como entrada son:

- La matriz de Tráfico dado en Erlangs. Contiene el tráfico ofrecido entre todas las centrales de la red
- La Matriz de Enrutamiento, conteniendo el tipo de ruta de cada enlace, esto es un caracter que puede ser H, D o T para las rutas de alto uso, directas y tandem, respectivamente. Se indica además el número del tandem por el cual se desborda el tráfico.
- La Matriz de Accesibilidades de cada ruta.
- La Matriz de Costos de Conmutación y Transmisión.
- El número de Centrales origen (OR), destino (DE) y Tandem (NT).
- El grado de servicio de las centrales locales, las que no poseen desbordamiento y los Tandem.
- Número mínimo de enlaces en rutas de alto uso.

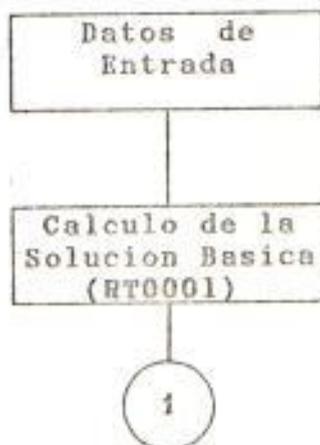
Todos los datos se los graba en archivos de longitud fija de 80 caracteres. En la matriz de tráfico y de costos se graban 10 datos por registros, mientras que en la de Rutas y en la de Accesibilidad se graban 18 datos por registro.

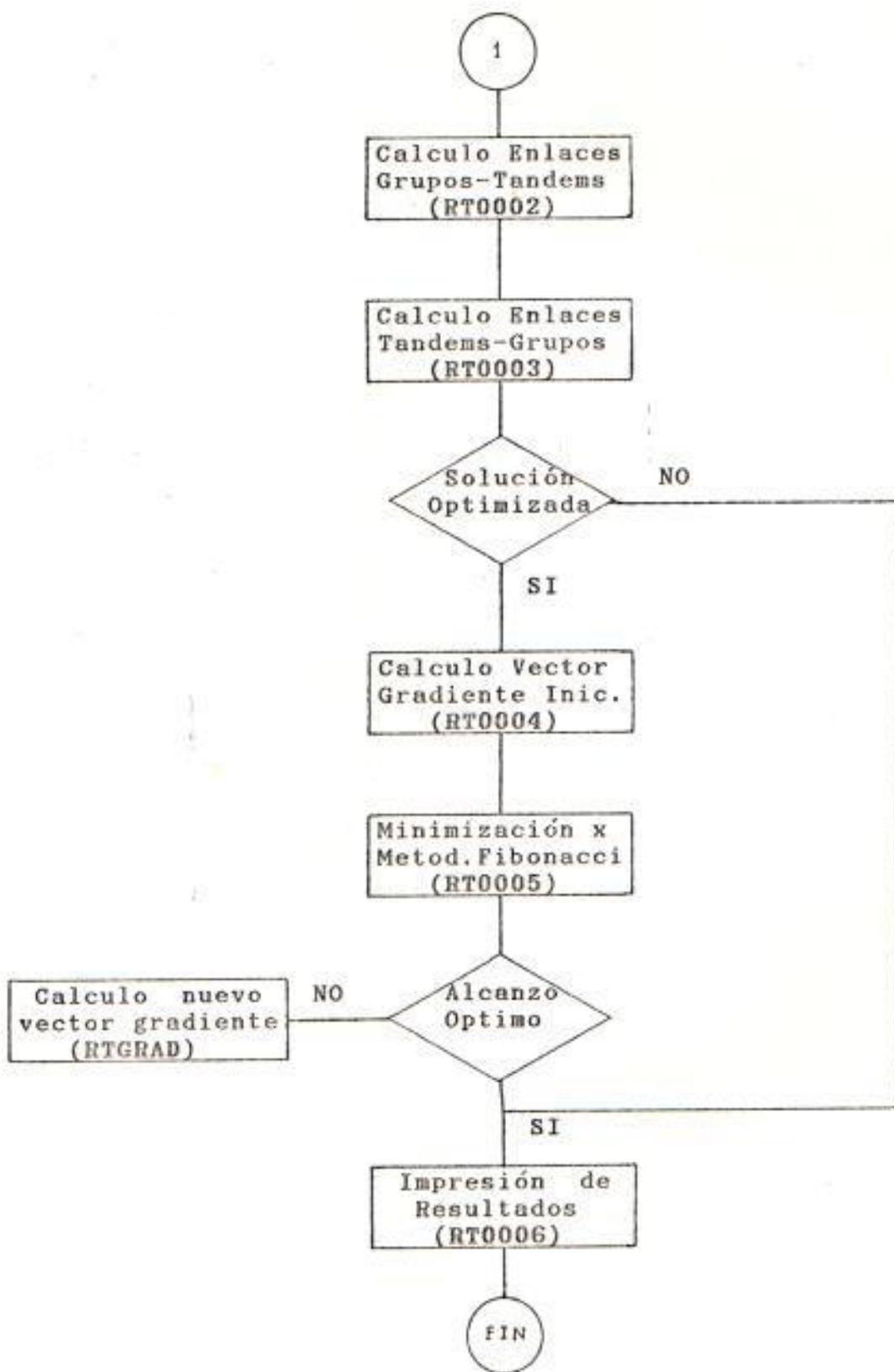
En cada matriz, OR representa las filas y DE las columnas. La Matriz de Tráfico y la de Accesibilidades tienen dimensión OR x DE.

La matriz de Costos y de la de Rutas, tienen dimensión $(OR + NT) \times (DE + NT)$.

4.2. Diagrama de Flujo del Sistema.

El flujo de datos e información en el Sistema puede ser representado en el siguiente diagrama, el mismo que proporciona la secuencia de la ejecución de los principales programas:





4.3. Programas Principales.

A continuación se detalla la función de los principales programas del Sistema de Computación elaborado.

RT0001, calcula a partir de los datos de entrada, el número de circuitos entre las centrales origen y destino y su probabilidad de pérdida.

RT0002, calcula la media y la varianza del tráfico de desbordamiento ofrecido desde los grupos a los tandems desde los tandems a los grupos. Obtiene también el número de enlaces, la probabilidad de pérdida y el tráfico ficticio A^* de grupos a tandems.

RT0003, calcula el número de enlaces, la probabilidad de pérdida y el tráfico ficticio A^* de las rutas que van de tandems a grupos. Además calcula el número de circuitos para conducir el tráfico entre tandems.

RT0004, calcula el vector gradiente inicial.

RT0005, realiza el algoritmo de Fibonacci y obtiene la solución final optimizada.

4.4. Subrutinas mas importantes.

Los programas mencionados en la sección anterior hacen uso de algunas subrutinas entre las que se destacan:

RTERLG, calcula la Función de Erlang por el método de fracciones continuas descrito en el Apéndice A.

RTSAOB, realiza la evaluación simultánea de A₀ y B, tráfico ficticio y probabilidad de pérdida en un sistema con accesibilidad limitada. Sigue el Método expuesto en el Apéndice B.

RTSN, realiza una inversión de la función de Erlang. A partir de un tráfico y una probabilidad de pérdida dadas, obtiene el número de circuitos.

RTSNK, realiza la inversión de la fórmula de Palm-Jacobus, su función es similar a la de RTSN. Ambas subrutinas se basan en lo expuesto en el Apéndice C.

RTSNAI, realiza la inversión de la fórmula de Wilkinson

RTSNKH, calcula el número aproximado de circuitos en una ruta de alto uso. Sirve tanto para accesibilidad total como limitada.

4.5. Ejemplo de Aplicación.

La principal razón por la cual ha sido desarrollado este trabajo, es la necesidad de dotar a la ciudad de Guayaquil de un eficiente y confiable medio de dimensionar su red telefónica urbana.

Hasta la fecha de elaboración de esta Tesis, la planificación de nuestra red telefónica ha sido realizada por las compañías que nos venden los equipos de conmutación y transmisión, por medio de computadores ubicados en sus respectivos países. Cuando se requieren cambios en el dimensionamiento de ciertas rutas, estos deben efectuarse por procedimientos manuales, lo cual tiene el grave inconveniente de no considerar a la red en su totalidad.

El método expuesto, esta especialmente orientado para resolver el caso de nuestra ciudad, cuyas centrales telefónicas están distribuidas conforme lo indica la figura IV.1.

Se estudiaron varias alternativas para enrutar el tráfico entre estas centrales, llegando finalmente a la matriz de enrutamiento de la tabla I. Los demás datos requeridos, esto es: grado de servicio, matriz de tráfico costos y accesibilidades, son mostrados junto con los resultados. Estos datos fueron proporcionados por funcionarios de IETEL y corresponden al mes de Octubre de 1985.

4.6. Presentación de resultados.

Luego del estudio realizado con la red telefónica de

UBICACION DE LAS CENTRALES TELEFONICAS
DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL, EN 1985

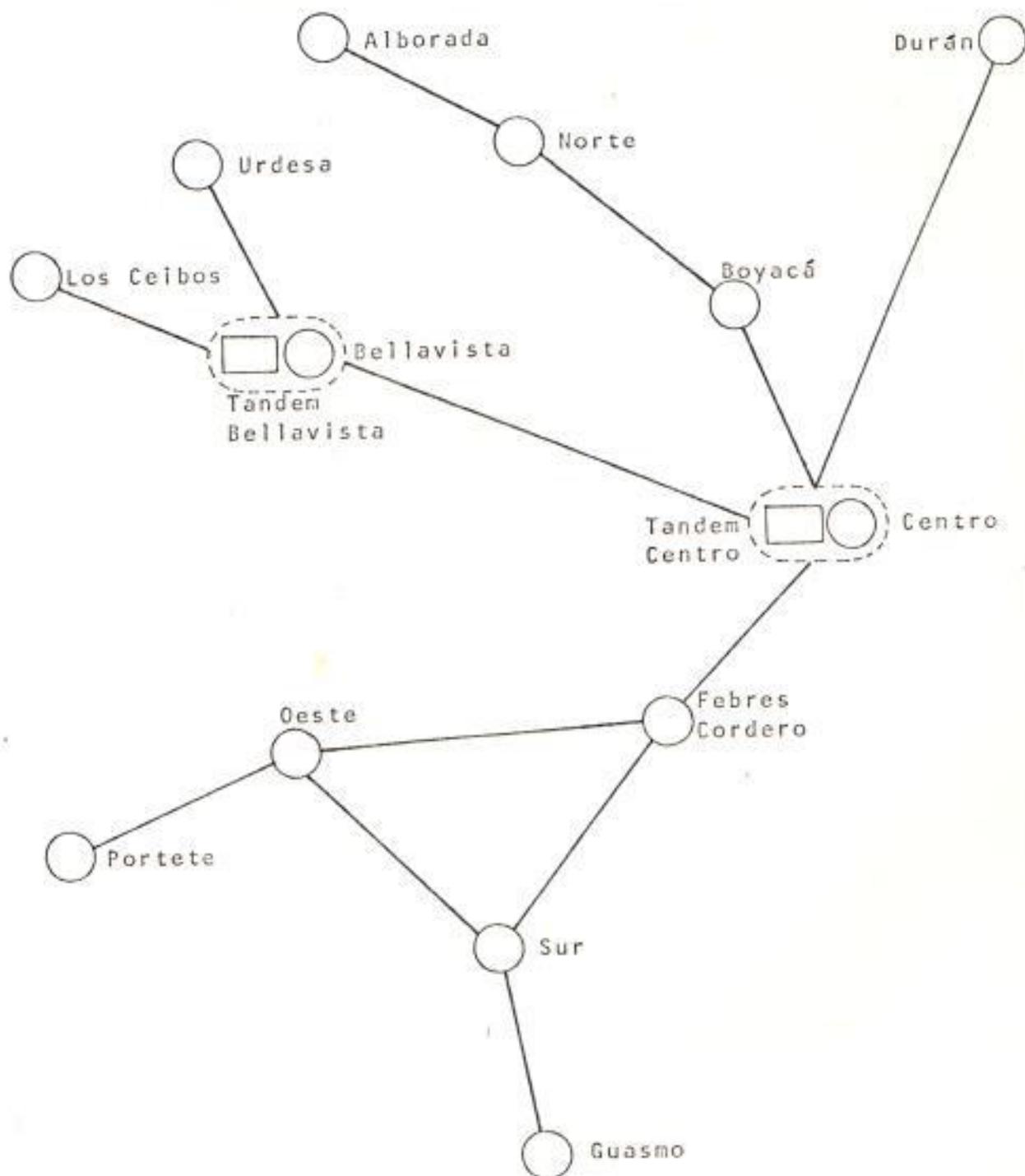


FIGURA IV - 1

T A B L A I
MATRIZ DE ENRUTAMIENTO

CEN-
TRAL

1	D1 D1														
2	D1 D1														
3	D1 D1														
4	H1 H1	H1 H1	H1 H1	D1 T1	D1 D1	H1 D1	H1 T1	H1 H1							
5	H1 H1	H1 H1	H1 H1	D1 T1	D1 D1	H1 D1	H1 T1	H1 H1							
6	H1 H1	H1 H1	H1 H1	H1 H1	H1 D1	D1 D1	D1 T1	H1 H1							
7	H1 H1	H1 H1	H1 H1	H1 H1	H1 D1	D1 D1	D1 T1	H1 H1							
8	H1 H1	H1 H1	H1 H1	H1 H1	T1 D1	H1 D1	T1 T1	D1 D1	D1 H1	H1 H1	H1 H1	H1 H1	H1 H1	H1 H1	H1 H1
9	H1 H1	H1 H1	H1 H1	H1 H1	T1 D1	H1 D1	T1 T1	D1 D1	D1 H1	H1 H1	H1 H1	H1 H1	H1 H1	H1 H1	H1 H1
10	H1 H1	H1 H1	H1 H1	H1 H1	H1 D1	H1 D1	H1 T1	H1 H1	H1 D1	D1 D1	H1 H1	H1 H1	H1 H1	H1 H1	H1 H1
11	H1 H1	H1 H1	H1 H1	H1 H1	H1 D1	H1 D1	H1 T1	H1 H1	H1 D1	D1 D1	H1 H1	H1 H1	H1 H1	H1 H1	H1 H1
12	H1 T1	H1 H1	H1 H1	H1 T1	H1 D1	H1 D1	H1 T1	H1 H1	H1 H1	H1 H1	H1 H1	D1 H1	H1 H1	H1 H1	H1 H1
13	H1 T1	H1 H1	H1 H1	H1 H1	H1 D1	H1 D1	T1 T1	H1 H1	H1 H1	H1 H1	H1 H1	H1 H1	D1 H1	H1 H1	H1 H1
14	H1 T1	H1 H1	H1 H1	H1 H1	H1 D1	H1 D1	H1 T1	H1 H1	H1 H1	H1 H1	H1 H1	H1 H1	H1 H1	D1 H1	H1 H1

Guayaquil, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tipo de Solución	Número total de circuitos	Costo total de la red
BASICA	15.383	9'867.559 US\$
OPTIMIZADA	15.025	9'502.362 US\$

Se aprecia una diferencia de 365.197 US\$ entre el costo obtenido con la solución básica y el de la solución optimizada, lo cual equivale a un porcentaje del 3,7 %. Los valores obtenidos, justifican el proceso de Optimización de la solución básica, más aún cuando a ella normalmente se llega por procedimientos manuales.

El número de enlaces requeridos para llevar el tráfico desde cada origen hasta cada destino, es presentado en forma tabulada.

Toda la salida impresa que emite el Sistema es mostrada en la Tabla II. La simbología utilizada en esta tabla es la siguiente:

I	Central Origen
J	Central Destino
T	Central Tandem
AIJ	Tráfico ofrecido a la ruta IJ

KIJ	Accesibilidad de la ruta IJ
NIJ	Número de circuitos de la ruta IJ
EIJ	Grado de servicio de la ruta IJ
COSTO	Costos de conmutación y transmisión dado en dólares.
AIT	Tráfico ofrecido de un grupo a un tandem.
NIT	Número de circuitos de la ruta IT
EIT	Grado de servicio de la ruta IT
ATJ	Tráfico ofrecido de un tandem a un grupo
NTJ	Número de circuitos de la ruta TJ
ETJ	Grado de servicio de la ruta TJ
V/M	Congestión en una ruta cualquiera.

4.7. Notas sobre la programación y el tiempo de ejecución.

El Sistema de Computación ha sido implementado en el computador central del Centro de Servicios Computacionales de la ESPOL (CESERCOMP), y fue desarrollado en una máquina virtual controlada por sistema operativo CMS. Dicha máquina virtual debe estar configurada de la siguiente manera:

Memoria Virtual = 2 Mg.

Almacenamiento en disco = 3 Mg.

En lo referente a lenguajes de programación, se utilizó FORTRAN 77 en todos los programas. Para efectuar la in

teracción con el usuario se utilizó el lenguaje EXEC2, que es exclusivo del CMS.

El tiempo de ejecución es bastante reducido, debido al gran poder de procesamiento del IBM S/4341. En el caso del ejemplo de la sección 4.5, el tiempo de ejecución fue aproximadamente de 2 minutos para obtener la solución básica, y de 15 minutos para la solución optimizada. Estos tiempos fueron medidos bajo condiciones normales de carga del computador. El tiempo de proceso resultaría mucho menor si se ejecutaran los programas con máquina dedicada.

T A B L A II

CALCULO DE RED TELEFONICA INTERCENTRAL
DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

NUMERO DE ALTERNATIVA.	1985
SOLICITADA POR EL USUARIO.	U3CC85
FECHA Y HORA DE ELABORACION.	
FORMATOS (MM/DD/AA) (HH.MM.SS).	01/31/86 - 16.25.46
NO. DE CENTRALES DE ABONADOS.	19
NO. DE CENTRALES ORIGEN	. 20
NO. DE CENTRALES DESTINO	. 22
NO. DE CENTRALES TAMDEN	. 2

T A B L A II
(CONTINUACION

TRAFICO DESDE LA CENTRAL 1 CENTRO 1 (10000) HACIA ..

DESTINO	AIJ	KIJ	NIJ	EIJ	COSTO
1 CENTRO I	100.00	20	150	C.0010	0.
2 CENTRO II	65.00	20	92	0.0050	500.
3 CENTRO III	110.00	20	151	C.0050	831.
4 BOYACA I	85.00	20	119	0.0050	662.
5 BOYACA II	45.00	20	66	0.0050	662.
6 NORTE I	70.00	20	99	0.0050	717.
7 NORTE II	80.00	20	112	C.0050	847.
8 DESTE I	58.00	20	83	0.0050	748.
9 DESTE II	28.00	20	44	0.0050	748.
10 SUR I	60.00	20	86	0.0050	749.
11 SUR II	25.00	20	40	0.0050	749.
12 F. CORDERO	40.00	20	59	0.0050	678.
13 PORTETE	26.00	20	41	0.0050	805.
14 EL GLASMO	32.00	20	49	0.0050	817.
15 ALBERADA	18.00	20	30	C.0050	871.
16 DURAN	32.00	20	49	0.0050	917.
17 URDESA	55.00	20	79	0.0050	774.
18 LOS CEIBOS	48.00	20	70	0.0050	837.
19 BELLAVISTA	28.00	0	0	1.0000	858.
20 TRAF. CDN	70.00	20	99	0.0050	0.
21 TRAF. CDI	0.00	20	0	1.0000	0.
22 T. ESPECIAL	25.00	20	40	0.0050	0.
TOTAL	1100.00	420	1558		

TAMDEN	AIT	KIT	NIT	EIT	COSTO	V/M
23 TAMD. CENTRO	0.00	20	0	0.0000	775.	1.00
24 TAMD. BELLAV	0.00	20	0	0.0000	802.	1.00

T A B L A II
(CONTINUACION

TRAFICO DESDE LA CENTRAL 2 CENTRO II (8000) HACIA ..

DESTINO	AIJ	KIJ	NIJ	EIJ	COSTO	
1 CENTRO I	0.00	20	0	1.0000	500.	
2 CENTRO II	0.00	20	0	1.0000	0.	
3 CENTRO III	0.00	20	0	1.0000	831.	
4 BOYACA I	0.00	20	0	1.0000	662.	
5 BOYACA II	0.00	20	0	1.0000	662.	
6 NORTE I	0.00	20	0	1.0000	717.	
7 NORTE II	0.00	20	0	1.0000	847.	
8 CESTE I	0.00	20	0	1.0000	748.	
9 CESTE II	0.00	20	0	1.0000	748.	
10 SUR I	0.00	20	0	1.0000	749.	
11 SUR II	0.00	20	0	1.0000	749.	
12 F. CORDERO	0.00	20	0	1.0000	678.	
13 PORTETE	0.00	20	0	1.0000	805.	
14 EL GUASMO	0.00	20	0	1.0000	817.	
15 ALBGRADA	0.00	20	0	1.0000	871.	
16 DURAN	0.00	20	0	1.0000	917.	
17 URDESA	0.00	20	0	1.0000	774.	
18 LOS CEIBOS	0.00	20	0	1.0000	837.	
19 BELLAVISTA	0.00	0	0	1.0000	858.	
20 TRAF. CDN	0.00	20	0	1.0000	0.	
21 TRAF. CDI	0.00	20	0	1.0000	0.	
22 Y. ESPECIAL	0.00	20	0	1.0000	0.	
TOTAL	0.00	420	0			
TAMDEN	AIT	KIT	NIT	EIT	COSTO	V/M
23 TAMD. CENTRO	0.00	20	0	0.0000	775.	1.00
24 TAMD. BELLAV	0.00	20	0	0.0000	802.	1.00

T A B L A II
(CONTINUACION

TRAFICO DESDE LA CENTRAL 3 CENTRO III (10000) HACIA ..

DESTINO	AIJ	KIJ	NIJ	EIJ	COSTO	
1 CENTRO I	60.00	**	78	0.0050	831.	
2 CENTRO II	35.00	**	49	0.0050	831.	
3 CENTRO III	90.00	**	117	0.0010	0.	
4 BOYACA I	60.00	**	78	0.0050	974.	
5 BOYACA II	32.00	**	46	0.0050	974.	
6 NORTE I	40.00	**	55	0.0050	988.	
7 NORTE II	50.00	**	66	0.0050	841.	
8 OESTE I	40.00	**	55	0.0050	989.	
9 OESTE II	22.00	**	34	0.0050	989.	
10 SUR I	45.00	**	61	0.0050	1006.	
11 SUR II	21.00	**	33	0.0050	1006.	
12 F. CORDERO	27.00	**	40	0.0050	976.	
13 PORTETE	20.00	**	32	0.0050	1005.	
14 EL GUASMO	28.00	**	41	0.0050	1005.	
15 ALBORADA	12.00	**	22	0.0050	1016.	
16 DURAN	25.00	**	38	0.0050	755.	
17 URDESA	38.00	**	53	0.0050	982.	
18 LOS CEIBOS	24.00	**	36	0.0050	990.	
19 BELLAVISTA	25.00	**	38	0.0050	755.	
20 TRAF. DCN	100.00	**	121	0.0050	0.	
21 TRAF. DCI	12.00	**	22	0.0050	0.	
22 T. ESPECIAL	12.00	**	22	0.0050	0.	
TOTAL	818.00	0	1137			
TAMDEN	AIT	KIT	NIT	EIT	COSTO	V/M
23 TAMD. CENTRO	0.00	**	0	0.0000	620.	1.00
24 TAMD. BELLAV	0.00	**	0	0.0000	604.	1.00

T A B L A II
(CONTINUACION

TRAFICO DESDE LA CENTRAL 4 BOYACA I (10000) HACIA ..

DESTINO	AIJ	KIJ	NIJ	EIJ	COSTO
1 CENTRO I	80.00	20	101	0.0263	662.
2 CENTRO II	55.00	20	70	0.0304	662.
3 CENTRO III	95.00	20	104	0.0852	974.
4 BOYACA I	140.00	40	183	0.0010	0.
5 BOYACA II	65.00	20	92	0.0050	776.
6 NORTE I	70.00	20	86	0.0379	831.
7 NORTE II	85.00	10	89	0.1593	980.
8 CESTE I	38.00	10	48	0.0813	877.
9 CESTE II	22.00	10	28	0.0874	877.
10 SUR I	46.00	20	56	0.0492	913.
11 SUR II	80.00	10	59	0.0780	913.
12 F. CORDERO	48.00	20	60	0.0388	835.
13 PORTETE	12.00	10	15	0.1017	959.
14 EL GUASMO	42.00	20	50	0.0556	980.
15 ALBORADA	18.00	10	22	0.1061	986.
16 DURAN	30.00	10	30	0.1935	1050.
17 URDESA	55.00	10	69	0.0802	889.
18 LOS CEIBOS	48.00	20	58	0.0527	951.
19 BELLAVISTA	22.00	0	0	1.0000	992.
20 TRAF. CDN	135.00	20	184	0.0050	0.
21 TRAF. CDI	16.00	20	27	0.0050	0.
22 T. ESPECIAL	12.00	0	0	1.0000	0.
TOTAL	1214.00	340	1471		

TAMDEN	AIT	KIT	NIT	EIT	COSTO	V/M
23 TAMD. CENTRO	95.82	0	123	0.0050	918.	2.03
24 TAMD. BELLAV	0.00	0	0	0.0000	935.	1.00

T A B L A II
(CONTINUACION ----)

TRAFICO DESDE LA CENTRAL 5 BOYACA II (5000) HACIA ..

DESTINO	AIJ	KIJ	NIJ	EIJ	COSTO	
1 CENTRO I	0.00	20	0	1.0000	662.	
2 CENTRO II	0.00	20	0	1.0000	662.	
3 CENTRO III	0.00	20	0	1.0000	974.	
4 BOYACA I	0.00	20	0	1.0000	776.	
5 BOYACA II	0.00	40	0	1.0000	0.	
6 NORTE I	0.00	20	0	1.0000	831.	
7 NORTE II	0.00	10	0	1.0000	980.	
8 DESTE I	0.00	10	0	1.0000	877.	
9 DESTE II	0.00	10	0	1.0000	877.	
10 SUR I	0.00	20	0	1.0000	913.	
11 SUR II	0.00	10	0	1.0000	913.	
12 F. CORDERO	0.00	20	0	1.0000	835.	
13 PORTETE	0.00	10	0	1.0000	959.	
14 EL GUASMO	0.00	20	0	1.0000	980.	
15 ALBORACA	0.00	10	0	1.0000	986.	
16 DURAN	0.00	10	0	1.0000	1050.	
17 URDESA	0.00	10	0	1.0000	889.	
18 LOS CEIBOS	0.00	20	0	1.0000	951.	
19 BELLAVISTA	0.00	0	0	1.0000	992.	
20 TRAF. CDN	0.00	20	0	1.0000	0.	
21 TRAF. CDI	0.00	20	0	1.0000	0.	
22 T. ESPECIAL	0.00	0	0	1.0000	0.	
TOTAL	0.00	340	0			
TAMDEN	AIT	KIT	NIIT	EIT	COSTO	V/M
23 TAMC. CENTRO	0.00	0	0	0.0000	918.	1.00
24 TAMC. BELLAV	0.00	0	0	0.0000	935.	1.00

T A B L A II
(CONTINUACION

TRAFICO DESDE LA CENTRAL 6 NORTE I (10000) HACIA ..

DESTINO	AIJ	KIJ	NIJ	EIJ	COSTO	
1 CENTRO I	45.00	20	57	0.0356	717.	
2 CENTRO II	25.00	20	32	0.0427	717.	
3 CENTRO III	50.00	20	53	0.1114	988.	
4 BOYACA I	48.00	20	60	0.0388	831.	
5 BOYACA II	27.00	10	35	0.0771	831.	
6 NORTE I	90.00	40	123	0.0010	0.	
7 NORTE II	60.00	20	86	0.0050	1039.	
8 OESTE I	28.00	10	38	0.0599	776.	
9 OESTE II	13.00	10	17	0.0858	860.	
10 SUR I	35.00	10	43	0.0943	944.	
11 SUR II	15.00	10	19	0.0950	944.	
12 F. CORDERO	34.00	20	42	0.0492	892.	
13 PORTETE	8.00	10	10	0.0834	860.	
14 EL GLASMO	24.00	20	28	0.0760	1011.	
15 ALBORADA	24.00	10	30	0.0931	931.	
16 DURAN	18.00	10	20	0.1510	985.	
17 URDESA	48.00	20	57	0.0583	944.	
18 LOS CEIBOS	20.00	10	27	0.0638	776.	
19 BELLAVISTA	18.00	10	15	0.1754	988.	
20 TRAF. CDN	80.00	20	112	0.0050	0.	
21 TRAF. CDI	8.00	20	16	0.0050	0.	
22 T. ESPECIAL	8.00	0	0	1.0000	0.	
TOTAL	726.00	340	924			
TAMDEN	AIT	KIT	NIT	EIT	COSTO	V/M
23 TAMD. CENTRO	44.04	0	66	0.0050	913.	2.27
24 TAMD. BELLAV	0.00	0	0	0.0000	929.	1.00

T A B L A II
(CONTINUACION)

TRAFICO DESDE LA CENTRAL 7 NORTE II (10000) HACIA ..

DESTINO	AIJ	KIJ	NIJ	EIJ	COSTO
1 CENTRO I	48.00	**	51	0.0663	847.
2 CENTRO II	28.00	**	30	0.0856	847.
3 CENTRO III	60.00	**	61	0.0809	841.
4 BOYACA I	55.00	**	57	0.0756	980.
5 BOYACA II	28.00	**	29	0.1038	980.
6 NORTE I	70.00	**	89	0.0050	1039.
7 NORTE II	100.00	**	128	0.0010	0.
8 OESTE I	26.00	**	26	0.1309	1056.
9 OESTE II	12.00	**	12	0.1670	1056.
10 SUR I	34.00	**	34	0.1188	1073.
11 SUR II	15.00	**	15	0.1547	1073.
12 F. CORDERO	25.00	**	26	0.1087	992.
13 PORTETE	9.00	**	9	0.1788	1073.
14 EL GUASMO	25.00	**	26	0.1077	1017.
15 ALBORADA	25.00	**	26	0.1092	1000.
16 DURAN	30.00	**	32	0.0830	755.
17 URDESA	55.00	**	56	0.0808	1058.
18 LOS CEIBOS	25.00	**	25	0.1231	1075.
19 BELLAVISTA	20.00	**	20	0.1361	844.
20 TRAF. DDN	90.00	**	110	0.0050	0.
21 TRAF. DDI	16.00	**	27	0.0050	0.
22 T. ESPECIAL	10.00	**	0	1.0000	0.
TOTAL	806.00	0	889		

TAMDEN	AIT	KIT	NIT	EIT	COSTO	V/M
23 TAMD. CENTRO	61.75	**	55	0.0050	604.	2.91
24 TAMD. BELLAV	0.00	**	0	0.0000	620.	1.00

T A B L A II
(CONTINUACION

TRAFICO DESDE LA CENTRAL 8 GESTE I (10000) HACIA ..

DESTINO	AIJ	KIJ	NIJ	EIJ	COSTO
1 CENTRO I	50.00	20	63	0.0354	748.
2 CENTRO II	40.00	20	50	0.0422	748.
3 CENTRO III	55.00	20	59	0.1040	989.
4 BOYACA I	38.00	20	47	0.0468	877.
5 BOYACA II	21.00	0	0	1.0000	877.
6 NORTE I	36.00	20	46	0.0369	776.
7 NORTE II	45.00	0	0	1.0000	1056.
8 GESTE I	90.00	40	123	0.0010	0.
9 GESTE II	45.00	20	66	0.0050	776.
10 SUR I	40.00	20	50	0.0422	858.
11 SUR II	20.00	10	26	0.0809	860.
12 F. CORDERO	40.00	20	50	0.0422	825.
13 PORTETE	22.00	20	29	0.0363	776.
14 EL GUASMO	30.00	20	37	0.0518	927.
15 ALBORACA	16.00	10	20	0.0987	1016.
16 DURAN	20.00	10	22	0.1547	991.
17 URDESA	32.00	20	40	0.0505	860.
18 LGS CEIBOS	26.00	10	32	0.1037	958.
19 BELLAVISTA	20.00	10	21	0.1773	994.
20 TRAF. CDN	60.00	20	66	0.0050	0.
21 TRAF. CDI	10.00	0	0	1.0000	0.
22 T. ESPECIAL	10.00	0	0	1.0000	0.
TOTAL	766.00	330	867		

TAMDEN	AIT	KIT	NIIT	EIT	COSTO	V/M
23 TAMD. CENTRO	108.15	0	132	0.0050	930.	1.49
24 TAMD. BELLAV	0.00	0	0	0.0000	935.	1.00

T A B L A II
(CONTINUACION

TRAFICO DESDE LA CENTRAL 9 CESTE II (5000) HACIA ..

DESTINO	AIJ	KIJ	NIJ	EIJ	COSTO	
1 CENTRO I	0.00	20	C	1.0000	748.	
2 CENTRO II	0.00	20	C	1.0000	748.	
3 CENTRO III	0.00	20	C	1.0000	989.	
4 BOYACA I	0.00	20	C	1.0000	877.	
5 BOYACA II	0.00	0	C	1.0000	877.	
6 NORTE I	0.00	20	C	1.0000	860.	
7 NORTE II	0.00	0	C	1.0000	1056.	
8 CESTE I	0.00	20	C	1.0000	776.	
9 CESTE II	0.00	40	C	1.0000	0.	
10 SUR I	0.00	20	C	1.0000	858.	
11 SUR II	0.00	10	C	1.0000	860.	
12 F. CROERG	0.00	20	C	1.0000	825.	
13 PORTETE	0.00	20	C	1.0000	776.	
14 EL GUASMO	0.00	20	C	1.0000	927.	
15 ALBORADA	0.00	10	C	1.0000	1016.	
16 DURAN	0.00	10	C	1.0000	991.	
17 URDESA	0.00	20	C	1.0000	860.	
18 LOS CEIBOS	0.00	10	C	1.0000	937.	
19 BELLAVISTA	0.00	10	C	1.0000	994.	
20 TRAF. DGN	0.00	20	C	1.0000	0.	
21 TRAF. COI	0.00	20	C	1.0000	0.	
22 T. ESPECIAL	0.00	0	C	1.0000	0.	
TOTAL	0.00	350	0			
TAMDEN	AIT	KIT	NIJ	EIT	COSTO	V/M
23 TAMD. CENTRO	0.00	0	C	0.0000	930.	1.00
24 TAMD. BELLAV	0.00	0	C	0.0000	935.	1.00

T A B L A I I
(CONTINUACION

TRAFICO DESDE LA CENTRAL 10 SUR I (10000) HACIA ..

DESTINO	AIJ	KIJ	NIJ	EIJ	COSTO	
1 CENTRO I	48.00	20	60	0.0388	749.	
2 CENTRO II	32.00	10	42	0.0694	749.	
3 CENTRO III	55.00	20	58	0.1129	1006.	
4 BOYACA I	45.00	20	55	0.0481	913.	
5 BOYACA II	25.00	10	32	0.0832	913.	
6 NORTE I	45.00	20	54	0.0552	944.	
7 NORTE II	48.00	10	47	0.2010	1073.	
8 CESTE I	38.00	20	47	0.0468	858.	
9 CESTE II	18.00	10	24	0.0736	858.	
10 SUR I	95.00	40	129	0.0010	0.	
11 SUR II	45.00	20	66	0.0050	776.	
12 F. CORDERO	45.00	20	56	0.0415	852.	
13 PORTETE	18.00	10	25	0.0602	776.	
14 EL GUASMO	50.00	20	62	0.0408	843.	
15 ALBORACA	16.00	10	19	0.1190	1100.	
16 DURAN	14.00	10	16	0.1460	991.	
17 URDESA	40.00	10	53	0.0592	776.	
18 LOS CEIBOS	10.00	10	12	0.1089	964.	
19 BELLAVISTA	30.00	10	31	0.1771	1011.	
20 TRAF. DDN	70.00	20	55	0.0050	0.	
21 TRAF. CCI	12.00	20	22	0.0050	0.	
22 T. ESPECIAL	8.00	0	0	1.0000	0.	
TOTAL	807.00	340	1009			
TAMDEN	AIT	KIT	NIT	EIT	COSTO	V/M
23 TAMC. CENTRO	55.48	0	80	0.0050	947.	2.31
24 TAMC. BELLAV	0.00	0	0	0.0000	935.	1.00

T A B L A II
(CONTINUACION

TRAFICO DESDE LA CENTRAL II SUR II (5000) HACIA ..

DESTINO	AIJ	KIJ	NIJ	EIJ	COSTO	
1 CENTRO I	0.00	20	0	1.0000	749.	
2 CENTRO II	0.00	10	0	1.0000	749.	
3 CENTRO III	0.00	20	0	1.0000	1006.	
4 BOYACA I	0.00	20	0	1.0000	913.	
5 BOYACA II	0.00	10	0	1.0000	913.	
6 NORTE I	0.00	20	0	1.0000	944.	
7 NORTE II	0.00	10	0	1.0000	1073.	
8 OESTE I	0.00	20	0	1.0000	860.	
9 OESTE II	0.00	10	0	1.0000	860.	
10 SUR I	0.00	20	0	1.0000	776.	
11 SUR II	0.00	40	0	1.0000	0.	
12 F. CORDERO	0.00	20	0	1.0000	852.	
13 PORTETE	0.00	10	0	1.0000	942.	
14 EL GUASMO	0.00	20	0	1.0000	843.	
15 ALBORACA	0.00	10	0	1.0000	1100.	
16 DURAN	0.00	10	0	1.0000	991.	
17 URDESA	0.00	10	0	1.0000	776.	
18 LOS CEIBOS	0.00	10	0	1.0000	1021.	
19 BELLAVISTA	0.00	10	0	1.0000	1011.	
20 TRAF. DDN	0.00	20	0	1.0000	0.	
21 TRAF. CDI	0.00	20	0	1.0000	0.	
22 T. ESPECIAL	0.00	0	0	1.0000	0.	
TOTAL	0.00	340	0			
TAMDEN	AIT	KIT	NIT	EIT	COSTO	V/M
23 TAMD. CENTRO	0.00	0	0	0.0000	947.	1.00
24 TAMD. BELLAV	0.00	0	0	0.0000	935.	1.00

T A B L A II
(CONTINUACION

TRAFICO DESDE LA CENTRAL 12 F. CORDERO (9000) HACIA ..

DESTINO	AIJ	KIJ	NIJ	EIJ	COSTO	
1 CENTRO I	45.00	20	58	0.0302	673.	
2 CENTRO II	30.00	20	39	0.0350	673.	
3 CENTRO III	50.00	20	54	0.1018	976.	
4 BOYACA I	32.00	20	40	0.0461	835.	
5 BOYACA II	18.00	20	23	0.0500	835.	
6 NORTE I	28.00	20	35	0.0484	892.	
7 NORTE II	33.00	10	34	0.1778	992.	
8 OESTE I	30.00	20	38	0.0429	825.	
9 OESTE II	14.00	10	19	0.0734	825.	
10 SUR I	34.00	20	42	0.0492	852.	
11 SUR II	13.00	10	18	0.0720	852.	
12 F. CORDERO	60.00	40	86	0.0010	0.	
13 PORTETE	15.00	10	20	0.0764	907.	
14 EL GLASMO	38.00	20	46	0.0547	920.	
15 ALBORACA	16.00	10	19	0.1190	1045.	
16 DURAN	18.00	0	0	1.0000	1062.	
17 URDESA	20.00	20	24	0.0750	951.	
18 LOS CEIBOS	18.00	20	20	0.0864	986.	
19 BELLAVISTA	26.00	0	0	1.0000	999.	
20 TRAF. CDN	60.00	10	105	0.0050	0.	
21 TRAF. DDI	8.00	10	18	0.0050	0.	
22 T. ESPECIAL	6.00	0	0	1.0000	0.	
TOTAL	612.00	330	738			

TAMDEN	AIT	KIT	NIT	EIT	COSTO	V/M
23 TAMD. CENTRO	80.20	0	103	0.0050	967.	1.62
24 TAMD. BELLAV	0.00	0	0	0.0000	920.	1.00

T A B L A II
(CONTINUACION

TRAFICO DESDE LA CENTRAL 13 PORTETE (5000) HACIA ..

DESTINO	AIJ	KIJ	NIJ	EIJ	COSTO
1 CENTRO I	24.00	20	30	0.0508	805.
2 CENTRO II	18.00	20	23	0.0481	805.
3 CENTRO III	27.00	20	29	0.1109	1005.
4 BOYACA I	14.00	20	16	0.0893	959.
5 BOYACA II	6.00	20	7	0.1228	959.
6 NORTE I	12.00	20	15	0.0608	860.
7 NORTE II	14.00	0	0	1.0000	1073.
8 CESTE I	18.00	20	24	0.0365	776.
9 CESTE II	8.00	20	12	0.0507	776.
10 SUR I	12.00	20	15	0.0617	776.
11 SUR II	6.00	20	7	0.1242	942.
12 F. CORDERG	10.00	20	12	0.0864	907.
13 PORTETE	25.00	40	41	0.0010	0.
14 EL GUASMO	14.00	20	16	0.0895	1009.
15 ALBORACA	6.00	10	8	0.1211	1098.
16 DURAN	7.00	0	0	1.0000	1003.
17 URDESA	9.00	10	10	0.1231	942.
18 LOS CEIBOS	7.00	10	10	0.0751	937.
19 BELLAVISTA	7.00	10	7	0.1823	1014.
20 TRAF. DDN	16.00	20	27	0.0050	0.
21 TRAF. DDI	0.00	0	0	1.0000	0.
22 T. ESPECIAL	6.00	0	0	1.0000	0.
TOTAL	266.00	340	309		

TAMDEN	AIT	KIT	NIT	EIT	COSTO	V/M
23 TAMD. CENTRO	43.10	0	60	0.0050	947.	1.51
24 TAMD. BELLAV	0.00	0	0	0.0000	947.	1.00

T A B L A II
(CONTINUACION

TRAFICO DESDE LA CENTRAL 14 EL GUASMO (9000) HACIA ..

DESTINO	AIJ	KIJ	NIJ	EIJ	COSTO	
1 CENTRO I	26.00	20	32	0.0548	817.	
2 CENTRO II	22.00	20	28	0.0464	817.	
3 CENTRO III	32.00	20	34	0.1148	1005.	
4 BOYACA I	30.00	20	36	0.0619	980.	
5 BOYACA II	15.00	10	19	0.0981	980.	
6 NORTE I	22.00	20	26	0.0720	1011.	
7 NORTE II	30.00	10	31	0.1771	1017.	
8 OESTE I	22.00	20	27	0.0583	927.	
9 OESTE II	12.00	10	16	0.0812	927.	
10 SUR I	38.00	20	48	0.0396	843.	
11 SUR II	18.00	20	23	0.0481	843.	
12 F. CORDERO	32.00	20	39	0.0551	920.	
13 PORTETE	10.00	10	13	0.0916	1009.	
14 EL GUASMO	70.00	40	98	0.0010	0.	
15 ALBORADA	10.00	10	10	0.1747	1167.	
16 DURAN	12.00	0	0	1.0000	1006.	
17 URDESA	14.00	10	16	0.1233	1050.	
18 LOS CEIBOS	10.00	10	12	0.1076	1009.	
19 BELLAVISTA	10.00	10	10	0.1681	1019.	
20 TRAF. DON	50.00	0	0	1.0000	0.	
21 TRAF. CDI	12.00	10	24	0.0050	0.	
22 T. ESPECIAL	8.00	10	0	1.0000	0.	
TOTAL	505.00	320	542			
TAMDEN	AIT	KIT	NIT	EIT	COSTO	V/M
23 TAMD. CENTRO	49.88	10	71	0.0050	949.	1.90
24 TAMD. BELLAV	0.00	10	0	0.0000	963.	1.00

T A B L A II
(CONTINUACION)

TRAFICO DESDE LA CENTRAL 15 ALBORADA (5000) HACIA ..

DESTINO	AIJ	KIJ	NIJ	EIJ	COSTO	
1 CENTRO I	16.00	20	19	0.0658	871.	
2 CENTRO II	12.00	20	14	0.0885	871.	
3 CENTRO III	20.00	20	20	0.1402	1016.	
4 BOYACA I	17.00	20	20	0.0666	986.	
5 BOYACA II	9.00	10	10	0.1263	986.	
6 NORTE I	25.00	20	31	0.0529	931.	
7 NORTE II	30.00	10	31	0.1771	1000.	
8 OESTE I	12.00	20	14	0.0881	1016.	
9 OESTE II	7.00	10	8	0.1263	1016.	
10 SUR I	12.00	20	13	0.1231	1100.	
11 SUR II	8.00	10	9	0.1246	1100.	
12 F. CORDERO	12.00	20	14	0.0879	1045.	
13 PORTETE	5.00	10	7	0.1184	1098.	
14 EL GUASMO	14.00	20	15	0.1210	1167.	
15 ALBORADA	40.00	40	61	0.0010	0.	
16 DURAN	8.00	0	0	1.0000	1070.	
17 URDESA	16.00	20	18	0.0868	1026.	
18 LOS CEIBOS	12.00	20	13	0.1187	1091.	
19 BELLAVISTA	9.00	10	9	0.1739	1019.	
20 TRAF. DDN	32.00	0	0	1.0000	0.	
21 TRAF. DDI	5.00	10	12	0.0050	0.	
22 T. ESPECIAL	4.00	10	0	1.0000	0.	
TOTAL	325.00	340	338			
TAMDEN	AIT	KIT	NIT	EIT	COSTO	V/M
23 TAMD. CENTRO	37.96	10	58	0.0050	960.	1.93
24 TAMD. BELLAV	0.00	10	0	0.0000	963.	1.00

T A B L A II
(CONTINUACION

TRAFICO DESDE LA CENTRAL 16 DURAN (5000) HACIA ..

DESTINO	AIJ	KIJ	NIJ	EIJ	COSTO	
1 CENTRO I	16.00	**	17	0.1167	917.	
2 CENTRO II	12.00	**	13	0.1209	917.	
3 CENTRO III	26.00	**	28	0.0853	755.	
4 BOYACA I	25.00	**	26	0.1083	1050.	
5 BOYACA II	12.00	**	12	0.1636	1050.	
6 NORTE I	26.00	**	28	0.0875	985.	
7 NORTE II	32.00	**	35	0.0677	755.	
8 OESTE I	10.00	**	11	0.1227	991.	
9 OESTE II	5.00	**	5	1.0000	991.	
10 SUR I	14.00	**	15	0.1198	991.	
11 SUR II	7.00	**	7	0.1870	991.	
12 F. CORDERO	12.00	**	12	0.1659	1062.	
13 PORTETE	5.00	**	5	1.0000	1003.	
14 EL GUASMO	16.00	**	16	0.1529	1086.	
15 ALBORADA	10.00	**	10	0.1739	1070.	
16 DURAN	35.00	**	54	0.0010	0.	
17 URDESA	14.00	**	16	0.1146	996.	
18 LOS CEIBOS	10.00	**	12	0.1180	1009.	
19 BELLAVISTA	24.00	**	26	0.0860	782.	
20 TRAF. CDN	38.00	**	53	0.0050	0.	
21 TRAF. CDI	8.00	**	16	0.0050	0.	
22 T. ESPECIAL	6.00	**	0	1.0000	0.	
TOTAL	363.00	0	417			
TAMDEN	AIT	KIT	NIT	EIT	COSTO	V/M
23 TAMD. CENTRO	45.88	**	69	0.0050	674.	2.04
24 TAMD. BELLAV	0.00	**	0	0.0000	690.	1.00

T A B L A II
(CONTINUACION

TRAFICO DESDE LA CENTRAL 17 URDESA (9000) HACIA ..

DESTINO	AIJ	KIJ	NIJ	EIJ	COSTO	
1 CENTRO I	34.00	20	42	0.0471	774.	
2 CENTRO II	28.00	20	34	0.0550	774.	
3 CENTRO III	45.00	20	48	0.1094	982.	
4 BOYACA I	42.00	20	51	0.0543	889.	
5 BOYACA II	22.00	20	26	0.0687	889.	
6 NORTE I	48.00	20	57	0.0596	944.	
7 NORTE II	50.00	20	51	0.1318	1058.	
8 OESTE I	24.00	20	29	0.0613	860.	
9 OESTE II	12.00	10	15	0.1024	860.	
10 SUR I	30.00	20	38	0.0415	776.	
11 SUR II	12.00	10	16	0.0781	776.	
12 F. CORDERO	22.00	20	26	0.0671	951.	
13 PORTETE	8.00	10	11	0.0862	942.	
14 EL GUASMO	14.00	10	16	0.1289	1050.	
15 ALBORACA	16.00	10	18	0.1350	1026.	
16 DURAN	10.00	10	10	0.1674	996.	
17 URDESA	140.00	40	183	0.0010	0.	
18 LOS CEIBOS	27.00	20	32	0.0683	1021.	
19 BELLAVISTA	14.00	0	0	1.0000	969.	
20 TRAF. DDN	55.00	0	0	1.0000	0.	
21 TRAF. DD1	8.00	10	18	0.0050	0.	
22 T. ESPECIAL	6.00	10	0	1.0000	0.	
TOTAL	667.00	340	721			
TAMDEN	AIT	KIT	NIT	EIT	COSTO	V/M
23 TAMD. CENTRO	0.00	10	0	0.0000	932.	1.00
24 TAMD. BELLAV	55.83	10	79	0.0050	940.	2.11

T A B L A II
(CONTINUACION

TRAFICO DESDE LA CENTRAL 18 LOS CEIBOS (5000) HACIA ..

DESTINO	AIJ	KIJ	NIJ	EIJ	COSTO	
1 CENTRO I	16.00	20	19	0.0646	837.	
2 CENTRO II	12.00	10	19	0.0953	837.	
3 CENTRO III	22.00	20	24	0.1052	990.	
4 BOYACA I	36.00	20	43	0.0619	951.	
5 BOYACA II	17.00	10	20	0.1138	951.	
6 NORTE I	25.00	20	31	0.0479	776.	
7 NORTE II	30.00	10	29	0.2106	1075.	
8 OESTE I	11.00	10	13	0.1161	958.	
9 OESTE II	6.00	10	8	0.1202	937.	
10 SUR I	18.00	20	20	0.0877	964.	
11 SUR II	8.00	10	10	0.1213	1021.	
12 F. CORDERO	12.00	20	15	0.0858	986.	
13 PORTETE	6.00	10	8	0.1206	937.	
14 EL GUASMO	12.00	20	13	0.1175	1089.	
15 ALBORACA	8.00	10	10	0.1194	1091.	
16 DURAN	12.00	10	12	0.1766	1009.	
17 URDESA	18.00	20	20	0.0972	1021.	
18 LOS CEIBOS	40.00	40	61	0.0010	0.	
19 BELLAVISTA	9.00	0	0	1.0000	987.	
20 TRAF. CON	45.00	0	0	1.0000	0.	
21 TRAF. COI	8.00	20	16	0.0050	0.	
22 T. ESPECIAL	5.00	10	0	1.0000	0.	
TOTAL	376.00	320	387			
TAMDEN	AIT	KIT	NIJ	EIT	COSTO	V/M
23 TAMD. CENTRO	0.00	10	0	0.0000	950.	1.00
24 TAMD. BELLAV	42.70	10	63	0.0050	953.	1.93

T A B L A II
(CONTINUACION

TRAFICO DESDE LA CENTRAL 19 BELLAVISTA (5000) HACIA ..

DESTINO	AIJ	KIJ	NIJ	EIJ	COSTO	
1 CENTRO I	18.00	**	19	0.1108	858.	
2 CENTRO II	14.00	**	15	0.1157	858.	
3 CENTRO III	28.00	**	30	0.0835	755.	
4 BOYACA I	22.00	**	23	0.1060	992.	
5 BOYACA II	12.00	**	12	0.1561	992.	
6 NORTE I	18.00	**	19	0.1105	988.	
7 NORTE II	24.00	**	24	0.1277	844.	
8 OESTE I	12.00	**	12	0.1559	994.	
9 OESTE II	6.00	**	7	0.1823	994.	
10 SUR I	18.00	**	19	0.1100	1011.	
11 SUR II	10.00	**	10	0.1637	1011.	
12 F. CORDERO	16.00	**	17	0.1127	999.	
13 PORTETE	6.00	**	7	0.1823	1014.	
14 EL GUASMO	15.00	**	17	0.1121	1019.	
15 ALBORACA	8.00	**	9	0.1718	1019.	
16 DURAN	12.00	**	13	0.1184	782.	
17 URDESA	18.00	**	19	0.1291	969.	
18 LOS CEIBOS	8.00	**	8	0.1931	1014.	
19 BELLAVISTA	35.00	**	54	0.0010	0.	
20 TRAF. CDN	34.00	**	48	0.0050	0.	
21 TRAF. CDI	6.00	**	14	0.0050	0.	
22 T. ESPECIAL	5.00	**	0	1.0000	0.	
TOTAL	345.00	0	396			
TAMDEN	AIT	KIT	NIT	EIT	COSTO	V/M
23 TAMC. CENTRO	0.00	**	0	0.0000	623.	1.00
24 TAMC. BELLAV	38.04	**	61	0.0050	631.	2.30

T A B L A II
(CONTINUACION

TRAFICO DESDE LA CENTRAL 20 TRAF. DDN () HACIA ..

DESTINO	AIJ	KIJ	NIJ	EIJ	COSTO	
1 CENTRO I	47.00	20	69	0.0050	0.	
2 CENTRO II	36.00	20	54	0.0050	0.	
3 CENTRO III	60.00	20	86	0.0050	0.	
4 BOYACA I	56.00	20	81	0.0050	0.	
5 BOYACA II	25.00	20	40	0.0050	0.	
6 NORTE I	58.00	20	83	0.0050	0.	
7 NORTE II	60.00	20	86	0.0050	0.	
8 OESTE I	35.00	20	53	0.0050	0.	
9 OESTE II	18.00	20	30	0.0050	0.	
10 SUR I	36.00	20	54	0.0050	0.	
11 SUR II	18.00	20	30	0.0050	0.	
12 F. CORDERO	40.00	20	59	0.0050	0.	
13 PORTETE	14.00	20	24	0.0050	0.	
14 EL GUASMO	30.00	20	46	0.0050	0.	
15 ALBORADA	20.00	20	33	0.0050	0.	
16 DURAN	34.00	20	52	0.0050	0.	
17 URDESA	40.00	20	59	0.0050	0.	
18 LOS CEIBOS	34.00	20	52	0.0050	0.	
19 BELLAVISTA	36.00	20	54	0.0050	0.	
20 TRAF. DDN	0.00	C	C	1.0000	0.	
21 TRAF. CDI	0.00	20	C	1.0000	0.	
22 T. ESPECIAL	10.00	20	19	0.0050	0.	
TOTAL	707.00	420	1064			
TAMDEN	AIT	KIT	NIT	EIT	COSTO	V/M
23 TAMC. CENTRO	0.00	20	C	0.0000	0.	1.00
24 TAMC. BELLAV	0.00	20	C	0.0000	0.	1.00

T A B L A II
(CONTINUACION

TRAFICO DESDE EL TAMDEN I, TAMD. CENTRO HACIA ..

DESTINO	ATJ	KTJ	NTJ	ETJ	COSTO	V/M
1 CENTRO I	17.44	**	36	0.0050	775.	3.03
2 CENTRO II	14.49	**	30	0.0050	775.	2.71
3 CENTRO III	47.23	**	78	0.0050	620.	3.11
4 BOYACA I	18.38	**	38	0.0050	918.	3.14
5 BOYACA II	34.27	**	49	0.0050	918.	1.55
6 NORTE I	13.73	**	29	0.0050	913.	2.90
7 NORTE II	100.85	**	126	0.0050	604.	1.57
8 OESTE I	15.45	**	31	0.0050	930.	2.59
9 OESTE II	14.66	**	26	0.0050	930.	1.77
10 SUR I	18.36	**	36	0.0050	947.	2.76
11 SUR II	16.46	**	31	0.0050	947.	2.27
12 F. CORDERO	15.48	**	32	0.0050	967.	2.75
13 PORTETE	13.03	**	24	0.0050	947.	1.71
14 EL GUASMO	18.09	**	36	0.0050	949.	2.78
15 ALBORADA	16.48	**	32	0.0050	960.	2.30
16 DURAN	61.15	**	81	0.0050	674.	1.37
17 URDESA	22.97	**	23	0.1762	932.	2.81
18 LOS CEIBOS	16.43	**	16	0.2216	950.	2.51
19 BELLAVISTA	69.32	**	91	0.0050	623.	1.41
22 T. ESPECIAL	78.00	**	98	0.0050	0.	1.00
TOTAL	622.27	0	943			
23 TAMD. CENTRO	0.00	**	0	0.0000	0.	1.00
24 TAMD. BELLAV	10.60	**	33	0.0050	452.	4.34

T A B L A II
(CONTINUACION

TRAFICO DESDE EL TAMDEN 2, TAMD. BELLAV HACIA ..

DESTINO	ATJ	KTJ	NTJ	ETJ	CCSTO	V/M
1 CENTRO I	4.63	**	2	0.2999	802.	2.72
2 CENTRO II	4.30	**	3	0.2774	802.	2.50
3 CENTRO III	9.57	**	11	0.1198	604.	2.96
4 BOYACA I	6.84	**	5	0.2450	935.	2.91
5 BOYACA II	5.32	**	4	0.2529	935.	2.38
6 NORTE I	6.05	**	4	0.2882	929.	2.84
7 NORTE II	15.97	**	18	0.1000	620.	2.65
8 OESTE I	4.62	**	3	0.3269	935.	2.39
9 OESTE II	3.04	**	2	0.3935	935.	1.96
10 SUR I	4.80	**	2	0.2743	935.	2.71
11 SUR II	3.55	**	2	0.3046	935.	2.10
12 F. CORDERO	4.31	**	3	0.2693	920.	2.58
13 PORTETE	2.51	**	1	0.4342	947.	1.90
14 EL GUASMO	4.50	**	3	0.2755	963.	2.33
15 ALBORACA	4.49	**	4	0.2726	963.	2.10
16 DURAN	5.21	**	5	0.2635	690.	2.17
17 URDESA	4.07	**	13	0.0050	940.	2.64
18 LOS CEIBOS	3.39	**	12	0.0050	953.	2.43
19 BELLAVISTA	23.00	**	33	0.0050	631.	1.00
22 T. ESPECIAL	16.00	**	26	0.0050	0.	1.00
TOTAL	136.57	0	156			
23 TAMD. CENTRO	37.62	**	66	0.0050	452.	3.13
24 TAMD. BELLAV	0.00	**	0	0.0000	0.	1.00

T A B L A II
(CONTINUACION)

RESUMEN DEL TRAFICO DE DISCADO DIRECTO NACIONAL (DDN)

ORIGEN	AIJ	KIJ	NIJ	EIJ
1 CENTRO I	70.00	20	99	0.0050
2 CENTRO II	0.00	20	0	1.0000
3 CENTRO III	100.00	**	121	0.0050
4 BOYACA I	135.00	20	184	0.0050
5 BOYACA II	0.00	20	0	1.0000
6 NORTE I	80.00	20	112	0.0050
7 NORTE II	90.00	**	110	0.0050
8 OESTE I	60.00	20	66	0.0050
9 OESTE II	0.00	20	0	1.0000
10 SUR I	70.00	20	99	0.0050
11 SUR II	0.00	20	0	1.0000
12 F. CORDERO	60.00	10	105	0.0050
13 PORTETE	16.00	20	27	0.0050
14 EL GUASMO	50.00	0	0	1.0000
15 ALBGRADA	32.00	0	0	1.0000
16 DURAN	38.00	**	53	0.0050
17 URDESA	55.00	0	0	1.0000
18 LOS CEIBES	45.00	0	0	1.0000
19 BELLAVISTA	34.00	**	48	0.0050

T A B L A II
(CONTINUACION)

RESUMEN DEL TRAFICO DE DISCADO DIRECTO INTERNACIONAL (DDI)

ORIGEN	AIJ	KIJ	NIJ	EIJ
1 CENTRO I	0.00	20	0	1.0000
2 CENTRO II	0.00	20	0	1.0000
3 CENTRO III	12.00	**	22	0.0050
4 BOYACA I	16.00	20	27	0.0050
5 BOYACA II	0.00	20	0	1.0000
6 NORTE I	8.00	20	16	0.0050
7 NORTE II	16.00	**	27	0.0050
8 CESTE I	10.00	0	0	1.0000
9 CESTE II	0.00	20	0	1.0000
10 SUR I	12.00	20	22	0.0050
11 SUR II	0.00	20	0	1.0000
12 F. CORDERO	8.00	10	18	0.0050
13 PORTETE	0.00	0	0	1.0000
14 EL GUASMO	12.00	10	24	0.0050
15 ALBORADA	5.00	10	12	0.0050
16 DURAN	8.00	**	16	0.0050
17 URDESA	8.00	10	18	0.0050
18 LOS CEIBOS	8.00	20	16	0.0050
19 BELLAVISTA	6.00	**	14	0.0050

T A B L A 11
(CONTINUACION

CALCULO DE RED TELEFONICA INTERCENTRAL
DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

NOMBRE DE ALTERNATIVA. 1585
 SOLICITADA POR EL USUARIO. U30CE5
 FECHA Y HORA DE ELABORACION.
 FORMATOS (MM/DD/AA) (HH.MM.SS). 01/31/86 - 16.25.46

NOMBRES CENTRALES		CAPACIDAD SISTEMA	TRAFICO TOTAL TRAF.	ERL/ABN.	
1	CENTRO I	10000	AGF	1100.00	0.0611
2	CENTRO II	8000	AGF	0.00	0.0000
3	CENTRO III	10000	DIG	818.00	0.0137
4	BOYACA I	10000	ARF	1214.00	0.0809
5	BOYACA II	5000	ARF	0.00	0.0000
6	NORTE I	10000	ARF	726.00	0.0726
7	NORTE II	10000	DIG	806.00	0.0806
8	OESTE I	10000	ARF	766.00	0.0511
9	OESTE II	5000	ARF	0.00	0.0000
10	SUR I	10000	ARF	807.00	0.0538
11	SUR II	5000	ARF	0.00	0.0000
12	F. CORDERO	9000	ARF	612.00	0.0680
13	PORTETE	5000	ARF	266.00	0.0532
14	EL GUASMO	9000	ARF	505.00	0.0561
15	ALBORACA	5000	ARF	325.00	0.0650
16	DURAN	5000	DIG	363.00	0.0726
17	URCESA	9000	ARF	667.00	0.0741
18	LOS CEIBOS	5000	ARF	376.00	0.0752
19	BELLAVISTA	5000	DIG	345.00	0.0690
20	TRAF. DCN		ARM	707.00	0.0000
21	TRAF. CCI				
22	T. ESPECIAL				
23	TAMD. CENTRO		DIG		
24	TAMC. BELLAV		DIG		

NUMERO TOTAL DE ENLACES . 15025.00

COSTO TCTAL DE LA RED . 9502362.00

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego del análisis del problema existente con la red telefónica actual y de los resultados obtenidos al aplicar el método de optimización descrito, a la ciudad de Guayaquil, se han obtenido las siguientes conclusiones:

- 1.- El presente estudio no pretende resolver el problema de la falta de líneas telefónicas de la ciudad, tan sólo conduce a optimizar, bajo las condiciones existentes, la calidad del servicio con la que se atiende a tales líneas.
- 2.- Debido al carácter aleatorio de las variables involucradas en el estudio de redes telefónicas, los resultados no deben ser tomados como una solución definitiva, sino que deben servir como ayuda al ingeniero planificador al momento de decidir cual de las alternativas analizadas es la mejor.
- 3.- El método está especialmente adaptado a un tratamiento con computador, puesto que la ecuación de optimización es la misma para todas las rutas primarias de la red, lo cual facilita mucho la programación del algoritmo.

En lo referente a las recomendaciones, estas podemos orientarlas hacia dos objetivos. El primero tendrá relación con el perfeccionamiento de esta Tesis y con su uso como referencia para futuros trabajos. El segundo trata sobre su aplicación de este método al caso de nuestra ciudad.

En lo concerniente al mejoramiento del presente trabajo tenemos:

- 1.- El Sistema elaborado cubre las necesidades de la ciudad de Guayaquil por varios años, puesto que permite estudiar redes telefónicas de hasta 54 centrales de abonados y hasta 9 tandems, con dos niveles de enrutamiento. Sin embargo, se debe intentar generalizar el método con el fin de que analice redes de tipo nacional y no sólo urbanas, lo cual implica generalizar el número de niveles de enrutamiento que pueden ser tratados.
- 2.- El método planteado considera que los costos son lineales con respecto al número de enlaces. Esto puede no ocurrir. Se supone además, la disponibilidad de cables con cualquier número de enlaces. En la práctica estos cables están normalizados y contienen números de enlaces definidos. Puede corregirse esto, aplicando algún método de Programación Entera al evaluar el costo.

En lo relacionado a la aplicación del método al caso de nues

tra ciudad, podemos hacer la siguiente recomendación:

- 1.- Permitir al Instituto Ecuatoriano de Telecomunicaciones (IETEL), mediante algún convenio, el uso del sistema de computación desarrollado. Una alternativa de implementación de esta idea es que cuando CESERCOMP posea una unidad de Comunicaciones o por lo menos un convertidor de protocolo, se conecte a su computador central, un computador personal ubicado en IETEL, que les permitiría ejecutar los programas y transferir en ambos sentidos tanto datos como resultados. Mientras no se disponga de tales medios, se puede prestar el mencionado servicio recibiendo de IETEL los datos y entregándoles los respectivos reportes.

B I B L I O G R A F I A

1. MINA, R.: Teletraffic Engineering
2. HERRERA PEREZ, E.: Fundamentos de Ingeniería Telefónica
3. ELLDIN A. y LIND G.: Elementary Telephone traffic theory, ERICSSON, Estocolmo, 1971
4. WILKINSON, R. I.: Theories for Toll Traffic Engineering in the U.S.A., Bell System Technical Journal, 1956, Vol. 35, pags. 421 -514.
5. WALLSTROM, B.: Congestion Studies in Telephone Systems with Overflow Facilities. ERICSSON TECHNICS, 22(1966).
6. WALLSTROM, B.: Methods for Optimizing Alternative Routing Networks. ERICSSON TECHNICS, 1(1969).
7. ITT, STANDARD ELECTRICA S. A.: Planificación de Redes, Selección de artículos, División de Telecomunicaciones, Madrid, Febrero de 1980.
8. RAPP, Y.: Planning of Junction Network in a Multi-exchange Area. I, General Principles, ERICSSON TECHNICS, 1964
9. RAPP, Y.: Planning of Junction Network in a Multi-exchange Area. II, Extensions of the Principles and Applications, ERICSSON TECHNICS, 21(1965)
10. COOPER AND STEINBERG: Introduction to Methods of Optimization, W. B. Saunders Company, 1970.

A P E N D I C E S

APENDICE A

EVALUACION NUMERICA DE LA FUNCION DE ERLANG MEDIANTE UN ALGORITMO DE FRACCION CONTINUA

A.1 Introduccion.

La función de Erlang define la relación entre Tráfico A número de circuitos N, y probabilidad de pérdida del tráfico ofrecido a los N circuitos. Tiene la siguiente forma :

$$E(A,N) = \frac{A^N e^{-A}}{\int_A^\infty e^{-t} t^N dt} \quad A.1$$

Para valores enteros de N, es posible evaluarla mediante la ecuación recurrente :

$$E(A,N+1) = \frac{A E(A,N)}{N + 1 + A E(A,N)} \quad A.2$$

$$E(A,0) = 1$$

A.2 Fracciones Continuas.

Dada la función $F(x_0, x_1, \dots, x_p)$, se llama desarrollo en fracción continua de F, a la expresión :

$$F(x_0, x_1, \dots, x_p) = b_0 + \frac{a_1}{b_1 + \frac{a_2}{b_2 + \frac{a_3}{b_3 + \dots}}} \quad A.3$$

Donde a_i y b_i son funciones de variable real o comple-

ja de X_p . Esta fracción continua se escribiera mas facilmente con el siguiente simbolismo :

$$F_n(X_1) = b_0 + \frac{a_1}{b_1} + \frac{a_2}{b_2} + \dots + \frac{a_n}{b_n} + \dots \quad A.4$$

Si existe un número finito tanto de a_i como de b_i , se dice que la fracción continua es Limitada y tomaría la forma:

$$F_n(X_1) = b_0 + \frac{a_1}{b_1} + \frac{a_2}{b_2} + \dots + \frac{a_n}{b_n} = \frac{A_n}{B_n} \quad A.5$$

Donde A_n y B_n son polinomios en a_i y b_i , y su cuociente constituye la aproximante enésima de $F_n(X_1)$. Obedecen a las siguientes ecuaciones recurrentes:

$$A_n = b_n A_{n-1} + a_n A_{n-2} \quad A.6$$

$$B_n = b_n B_{n-1} + a_n B_{n-2} \quad A.7$$

$F_{2n}(X_1)$ es la aproximante de orden par y $F_{2n-1}(X_1)$, la de orden impar. En algunos casos es posible deducir dos fracciones continuas $P(X_1)$ e $I(X_1)$, cuyas aproximantes sucesivas son respectivamente las aproximantes pares e impares de $F(X_1)$.

A.3 Desarrollo en Fraccion Continua de $E(A,N)$.

La función gamma incompleta se la define como:

$$\Gamma(a, x) = \int_x^\infty e^{-t} t^{a-1} dt \quad ; \quad \{Re(a) > 0, Re(x) > 0\} \quad A.8$$

De aquí que $E(A,N)$ puede expresarse en términos de

$$\Gamma(1+N, A)$$

$$E(A, N) = \frac{A^N e^{-A}}{\Gamma(1+N, A)} \quad A.9$$

Wall Stieltjes ha probado que la función gamma incompleta puede desarrollarse en la siguiente fracción continua convergente:

$$a = 1 + N > 0$$

$$x = A > 0$$

$$\Gamma(1-a, x) = F(x, a) e^{-x} x^{-a} \quad A.10$$

$$F(x, a) = \frac{1!}{1} + \frac{a!}{x} + \frac{1!}{1} + \frac{a+1!}{x} + \frac{2!}{1} + \frac{a+2!}{x} + \dots$$

cuyo término general $\frac{a_i!}{b_i}$ se expresa por :

$$a_{2k} = a + k - 1 \quad b_{2k} = x$$

$$a_{2k+1} = k \quad b_{2k+1} = 1$$

$$a_1 = 1 \quad b_0 = 0$$

Se obtiene así el desarrollo en fracción continua de E:

$$E(A, N) = \frac{1}{F(A, -N)} \quad A.11$$

Las aproximantes para impar de $E(A, N)$ serían $P(A, -N)$ e $I(A, -N)$, de forma que:

$$E(A, N) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{2} \left[\frac{1}{P_n(A, -N)} + \frac{1}{I_n(A, -N)} \right] \quad A.12$$

$$P_n(A, -N) = \frac{A!}{A-N} + \frac{N!}{A-N+2} + \frac{2(N-1)!}{A-N+4} + \dots \quad A.13$$

$$\dots + \frac{n(N-n+1)!}{A-N+2n}$$

$$I_n(A, -N) = 1 + \frac{N!}{A+1-N} + \frac{N-1!}{A+3-N} + \dots \quad A.14$$

$$\dots + \frac{(n-1)(N-n+1)!}{A+2n-1-N}$$

A.4 Metodo de calculo de $E(A,N)$.

El proceso de cálculo puede empezar por el fin o por el principio de la fracción continua. En el último caso, ha de usarse las relaciones recurrentes A.6 y A.7, la estabilidad no esta garantizada y el resultado se obtiene como el cuociente de dos números grandes casi iguales, lo cual no es conveniente en Análisis Numérico.

Se ha decidido por lo tanto empezar por el final, con lo que se obtiene la fácil secuencia programable:

$$\begin{aligned} & b_n \\ & a_n/b_n \\ & b_{n-1} + a_n/b_n \\ & a_{n-1} / (b_{n-1} + a_n/b_n) \\ & \dots\dots\dots \end{aligned}$$

Para cualquier $N < A$, el algoritmo de fracción continua puede usarse directamente porque la convergencia es regular y rápida. Pero en los cálculos de tráfico usuales, N es mayor que A .

Sin embargo puede escribirse $N = p + q$, siendo q la parte fraccionaria de N y $p > A$. Si hacemos $B = \text{int}(A-1)$, podemos calcular $E(A,B+q)$ mediante el algoritmo de fracciones continuas y se emplea la fórmula de recurrencia A.2 para obtener $E(A,N)$.

APENDICE B

CALCULO DE LA PROBABILIDAD DE PERDIDA EN UN SISTEMA CON ACCESIBILIDAD LIMITADA

La probabilidad de pérdida en un sistema telefónico esta definida por la función de Erlang cuando se tiene accesibilidad total, y por la "Fórmula Modificada de Palm-Jacobaeus" cuando se tiene accesibilidad limitada. En el último caso, la probabilidad esta definida por las ecuaciones:

$$B = \frac{E(A_0, N)}{E(A_0, N-K)} \quad B.1$$

$$A - A B = A_0 - A_0 E(A_0, N) \quad B.2$$

despejando A de B.2

$$A = \frac{A_0}{(1-B)} [1 - E(A_0, N)] \quad B.3$$

De esta forma transformamos un sistema de dos ecuaciones (B.1 y B.2) con dos incógnitas (B y A_0), en una ecuación (B.3) con una incógnita (A_0), ya que B puede ser evaluado si se conoce un valor de A_0 .

Realizaremos cálculos iterativos para hallar A_0 y la probabilidad de pérdida, B. Usaremos el Método de Newton-Raphson, partiendo del valor inicial $A_0 = A$:

$$X = A_0$$
$$G(X) = \frac{X}{(1-B)} [1 - E(X, N)] - A \quad B.4$$

$$X_{n+1} = X_n - \frac{G(X_n)}{G'(X_n)} \quad B.5$$

Donde $G'(X)$ es la derivada de $G(X)$ con respecto a X , y viene dada por:

$$E_N = E(X, N)$$

$$G'(X) = \frac{(1-B)(1 - E_N - X R'_N) + X(1-E_N)E'}{(1-B)^2} \quad B.6$$

Donde E' y B' son las derivadas de E y B con respecto al tráfico $X = A_0$. Son calculadas mediante las expresiones:

$$S = \int_X e^{-t} t^N dt$$

$$E(X, N) = \frac{X^N e^{-X}}{S} \quad B.7$$

$$\frac{\delta E}{\delta X} = \frac{S(N X^{N-1} e^{-X} - X^N e^{-X}) - X^N e^{-X} S'}{S^2} \quad B.8$$

El integral S es convergente debido a la presencia del término e^{-t} , por lo tanto su derivada es igual al integrando:

$$S' = -e^{-X} X^N \quad B.9$$

$$\frac{\delta E}{\delta X} = \frac{X^N e^{-X} (N/X - 1)}{S} - \frac{X^N e^{-X} (-e^{-X} X^N)}{S^2} \quad B.10$$

$$\frac{\delta E}{\delta A} = (N/A - 1)E_N + E_N^2 = E' \quad B.11$$

$$\frac{\delta B}{\delta X} = \frac{E(X, N-K) E'(X, N) - E(X, N) E'(X, N-K)}{E(X, N-K)^2} \quad B.12$$

$$\frac{\delta B}{\delta X} = \frac{(N/X - 1) E(X, N) + E(X, N)^2}{E(X, N-K)} \quad B.13$$

$$\frac{E(X, N) [(N-K)/X - 1 + E(X, N-K)]}{E(X, N-K)}$$

$$E_{NK} = E(X, N-K)$$

$$\frac{\delta B}{\delta X} = B (E_N - E_{NK} + K/X) = B' \quad B.14$$

Reemplazando estas fórmulas de E' y B' , $G'(X)$ toma la forma:

$$G'(X) = \frac{(1 - E_N - X [(N/X-1)E_N + E_N^2])}{1 - B} + \frac{X B (E_N - E_{NN} + K/X) (1 - E_N)}{(1 - B)^2} \quad \text{B.15}$$

APENDICE C

INVERSION DE LA FUNCION DE ERLANG Y DE LA FORMULA DE PALM-JACOBARUS

La inversión de la función de Erlang supone el cálculo del número de circuitos N , dados un tráfico A y una probabilidad de pérdida $E(A, N)$.

$$M = A E(A, N) \quad \text{C.1}$$

Usaremos el método de Newton-Raphson:

$$X = N$$

$$G(X) = A E(A, X) - M \quad \text{C.2}$$

$$X_{n+1} = X_n - \frac{G(X_n)}{G'(X_n)} \quad \text{C.3}$$

$$G'(X) = A E'(A, X) \quad \text{C.4}$$

El cálculo de $G'(X)$ implica obtener la derivada de $E(A, X)$ con respecto a X . Como se explica en el Apéndice A, $E(A, X)$ está dado en términos de la función gamma, cuya derivada con respecto a X , no es posible obtenerla de manera analítica.

Por esta razón se utiliza una fórmula aproximada de $E'(X)$. Así tenemos:

$$E_x = E(A, X)$$
$$\frac{\delta E}{\delta X} \sim - \frac{E_x}{2} \left[\frac{X}{A(1 - E_x)} - \frac{A}{1 + X + A E_x} \right] \quad \text{C.5}$$

Generalmente X tiene valores mayores que A , por lo tanto un

buen valor de partida para iniciar la iteración es $X_0 = A$.

Un procedimiento similar se sigue para hallar el número de enlaces en un sistema con accesibilidad limitada. Debe invertirse la fórmula de Palm-Jacobaeus (2.7) para hallar la probabilidad de pérdida en tales sistemas:

$$M = A B(A_0, N, K) \quad C.6$$

$$X = N$$

$$H(X) = A B(A_0, X, K) - M \quad C.7$$

$$X_{n+1} = X_n - \frac{H(X_n)}{H'(X_n)} \quad C.8$$

$$H'(X_n) = A B'(A_0, X, K) \quad C.9$$

Donde $B'(A_0, X, K)$ es la derivada de B con respecto al número de enlaces X .

$$B_{XK} = B(A_0, X-K)$$

$$\frac{\partial B}{\partial X} = \frac{B'_{XK} B_{XK} - B''_{XK} B_X}{B^2_{XK}} \quad C.10$$

Debemos recurrir nuevamente a la fórmula aproximada de B' :

$$\frac{\partial B}{\partial X} \sim \frac{-B}{2} \left[\frac{X}{A_0(1-B_X)} - \frac{A_0}{1+X+A_0 B_X} - \frac{X-K}{A_0(1-B_{XK})} - \frac{A_0}{1+X-K+A_0 B_{XK}} \right] \quad C.11$$

APENDICE D

INVERSION DE LAS ECUACIONES DE WILKINSON

Debemos resolver el Sistema de Ecuaciones definido por las ecuaciones:

$$M_I = A^* E(A^*, N^*) \quad D.1$$

$$V_I = M_I \left[1 - M_I + \frac{A^*}{N^* + 1 + M_I - A^*} \right] \quad D.2$$

Las incógnitas son A^* y N^* . Usaremos Newton-Raphson con dos variables, esto es, desarrollo en Taylor alrededor de los puntos A y N . Para ello definimos la ecuación:

$$f(A, N) = A E(A, N) - M \quad D.3$$

$$f(A+dA, N+dN) = f(A, N) + (dA f'_A + dN f'_N) + \dots \quad D.4$$

Donde dA y dN son incrementos diferenciales de A y N , respectivamente. Igualando la ecuación D.4 a cero, obtenemos:

$$dA f'_A + dN f'_N = -f(A, N) \quad D.5$$

Si despejamos N de la ecuación D.2:

$$(N^*)_0 = \frac{(A^*)_0}{Q} - M_I - 1 \quad D.6$$

$$P = \frac{V_I}{M_I} \quad ; \quad Q = 1 - \frac{1}{M_I + P}$$

Derivando D.6

$$dN = \frac{dA}{Q} \quad D.7$$

De esta forma, la ecuación D.5 se transforma en:

$$dA \left(f'_A + \frac{f'_N}{Q} \right) = -f(A, N) \quad D.8$$

Si recordamos, dA representa el incremento entre dos puntos sucesivos A_u y A_{u+1} , de esta forma:

$$\begin{aligned} dA &= A_{u+1} - A_u \\ E &= f'_A + \frac{f'_N}{Q} \end{aligned} \quad D.9$$

$$A_{u+1} = A_u - \frac{f(A, N)}{H} \quad D.10$$

$$N_{u+1} = \frac{A_u}{Q} - M - l \quad D.11$$

Las ecuaciones D.10 y D.11 permiten calcular simultáneamente A y N , realizando iteraciones que parten de los valores iniciales definidos por las ecuaciones 2.20 y 2.21.

f'_A y f'_N son las derivadas parciales de $f(A, N)$ con respecto a A y N .

$$\frac{\delta f}{\delta A} = E(A, N) + A \frac{\delta E}{\delta A} \quad D.12$$

$$\frac{\delta f}{\delta N} = A \frac{\delta E}{\delta N} \quad D.13$$

La derivada de E con respecto a A , está definida por la ecuación B.11, y la derivada de E con respecto a N , por la ecuación C.5

APENDICE E

ECUACION GENERAL DE OPTIMIZACION

La ecuación 3.21 define el valor del componente del gradiente en la dirección de la variable N_k , número de enlaces entre las centrales I y J.

$$\frac{\delta C}{\delta N_k} = C_k + \sum_i \frac{GM_i}{H_{mk}} + \sum_i \frac{GV_i}{H_{vk}} \quad E.1$$

Debemos obtener las ecuaciones que definen GM_i , GV_i , H_{mk} y H_{vk} . De las fórmulas 3.16 y 3.17 obtenemos:

$$\frac{1}{H_m} = \frac{\delta m}{\delta N} \quad E.2$$

$$\frac{1}{H_v} = \frac{\delta v}{\delta N} \quad E.3$$

Puesto que m y v son obtenidas de forma diferente según que la accesibilidad sea total o limitada, sus derivadas parciales con respecto a N , también tendrán esa distinción. Si la accesibilidad es total, tenemos:

$$m = A E(A, N) = A E_N \quad E.4$$

$$\frac{\delta m}{\delta N} \sim -\frac{A}{2} \left[\frac{N}{A(1 - E_N)} - \frac{A}{1 + N + AE_N} \right] E_N = m' \quad E.5$$

$$v = m \left[1 - m + \frac{A}{N + 1 + m - A} \right] = m X \quad E.6$$

$$\frac{\delta v}{\delta N} = \frac{\delta m}{\delta N} X + m \frac{\delta X}{\delta N} \quad E.7$$

$$\frac{\delta X}{\delta N} = -m' - \frac{A(1 + m')}{(N + 1 + m - A)^2} \quad E.8$$

$$\frac{\delta v}{\delta N} = m' \left[1 + \frac{A}{X} - m (2 + X^{-2}) \right] - A m X^{-2} \quad E.9$$

Si la accesibilidad es limitada tenemos:

$$m = A B (A_0, N, K) \quad E.10$$

$$\frac{\delta m}{\delta N} = - \frac{B A}{2} \left[\frac{N}{A_0 (1 - E_m)} - \frac{A_0}{1 + N + A_0 E_m} - \frac{N - K}{A_0 (1 - E_{mK})} + \frac{A_0}{1 + N - K + A_0 E_{mK}} \right] \quad E.11$$

$$v = m + \frac{K}{N} X Y \quad E.12$$

$$X = 1 + 0,25 \left[1 - \frac{K}{N} \right]$$

$$Y = \frac{A}{K + 1 - A_1 (1 - B)} - m$$

$$\frac{\delta v}{\delta N} = \delta m' + X \frac{\delta (m K/N)}{\delta N} + m K/N \frac{\delta X}{\delta N} \quad E.13$$

$$\frac{\delta v}{\delta N} = m' + X K (A - 2m) N m' - m Y N^{-2} + \frac{m Y K^2 N^{-3}}{4} \quad E.14$$

Para obtener GM_i y GV_i recurrimos a las fórmulas 3.18 y 3.19

$$GM_i = C_i \frac{\delta N_i}{\delta M_i} \quad E.15$$

$$GV_i = C_i \frac{\delta N_i}{\delta V_i} \quad E.16$$

Lo cual implica encontrar las derivadas parciales de N_i con respecto a M_i y V_i , media y varianza total del tráfico ofrecido a la ruta Tandem.

De las ecuaciones 2.19 y 2.25 obtenemos:

$$N^* = Q A^* - M - 1 \quad E.17$$

$$Q = \frac{M + VM}{M + VM - 1} \quad VM = \frac{V}{M} \quad E.18$$

$$N = P A^* - N^* - m - 1$$

$$P = \frac{m + v_m}{m + v_m - 1} \quad v_m = \frac{v}{m}$$

$$A^* \approx V + 3 VM (VM - 1) \quad E.19$$

$$\frac{\delta N}{\delta M} = P \frac{\delta A^*}{\delta M} - \frac{\delta N^*}{\delta M} \quad E.20$$

$$\frac{\delta N^*}{\delta M} = A^* \frac{\delta Q}{\delta M} + Q \frac{\delta A^*}{\delta M} - 1 \quad E.21$$

$$\frac{\delta A^*}{\delta M} = 3 M^{-2} V (1 - 2 VM) \quad E.22$$

$$\frac{\delta Q}{\delta M} = \frac{M^{-2} V - 1}{(M + VM - 1)^2} \quad E.23$$

$$\frac{\delta N}{\delta V} = P \frac{\delta A^*}{\delta V} - \frac{\delta N^*}{\delta V} \quad E.24$$

$$\frac{\delta N^*}{\delta V} = A^* \frac{\delta Q}{\delta V} + Q \frac{\delta A^*}{\delta V} \quad E.25$$

$$\frac{\delta A^*}{\delta V} = 1 + 6 M^{-2} V - \frac{3}{M} \quad E.26$$

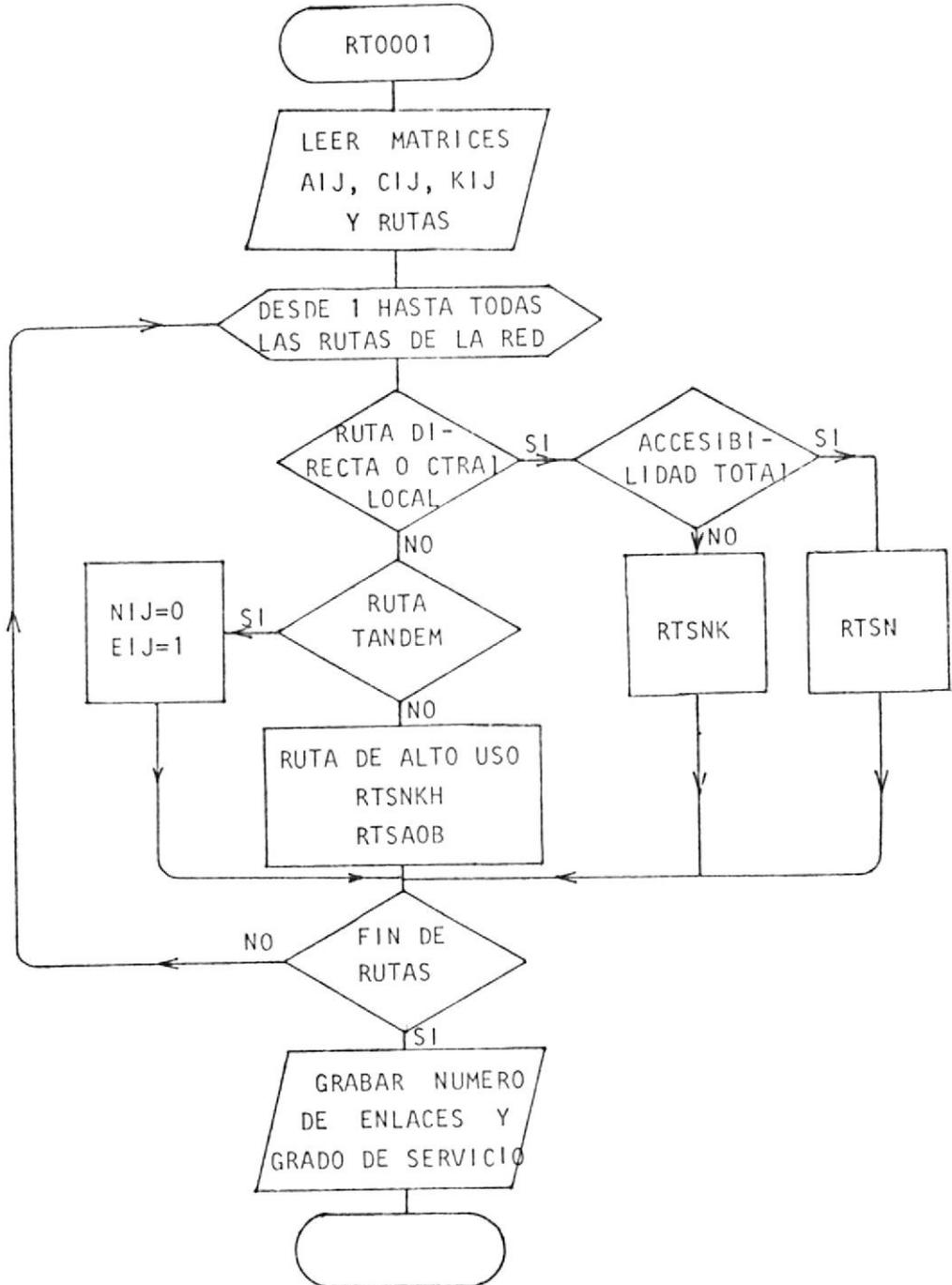
$$\frac{\delta Q}{\delta V} = - \frac{1/M}{(M + VM - 1)^2} \quad E.27$$

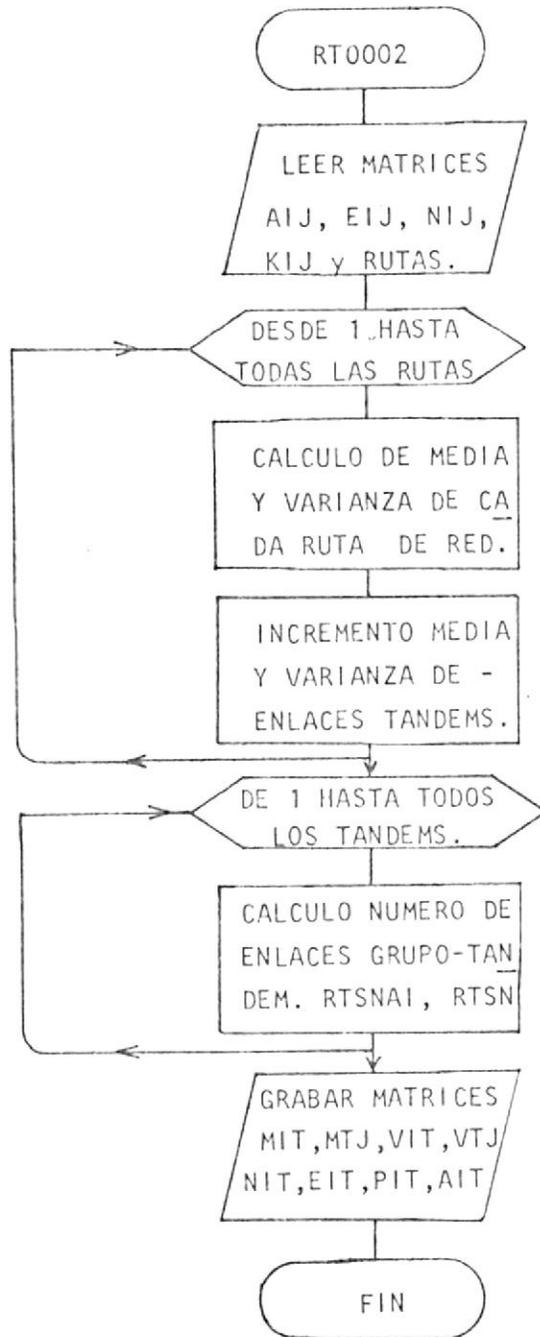


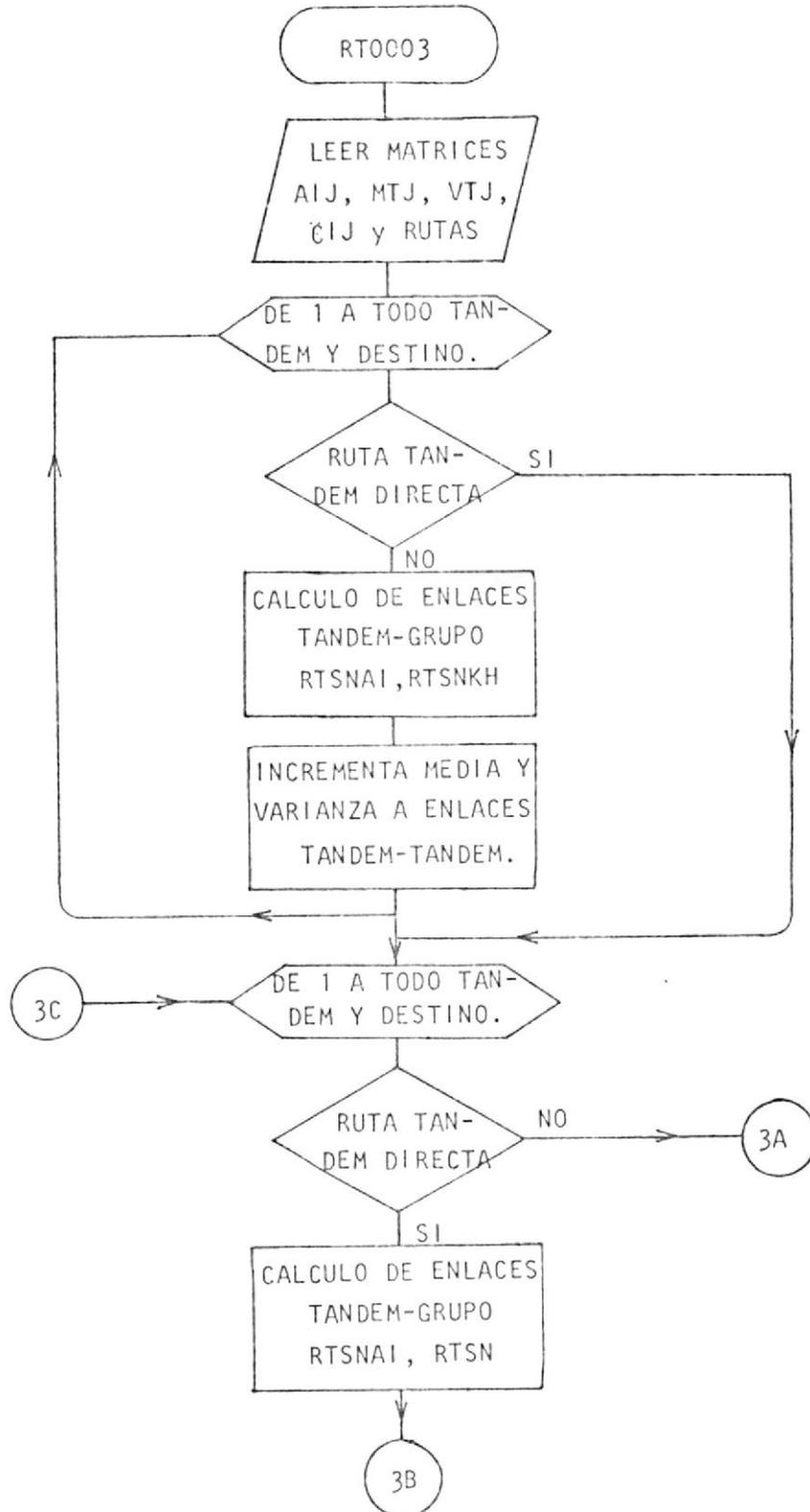
BIBLIOTECA

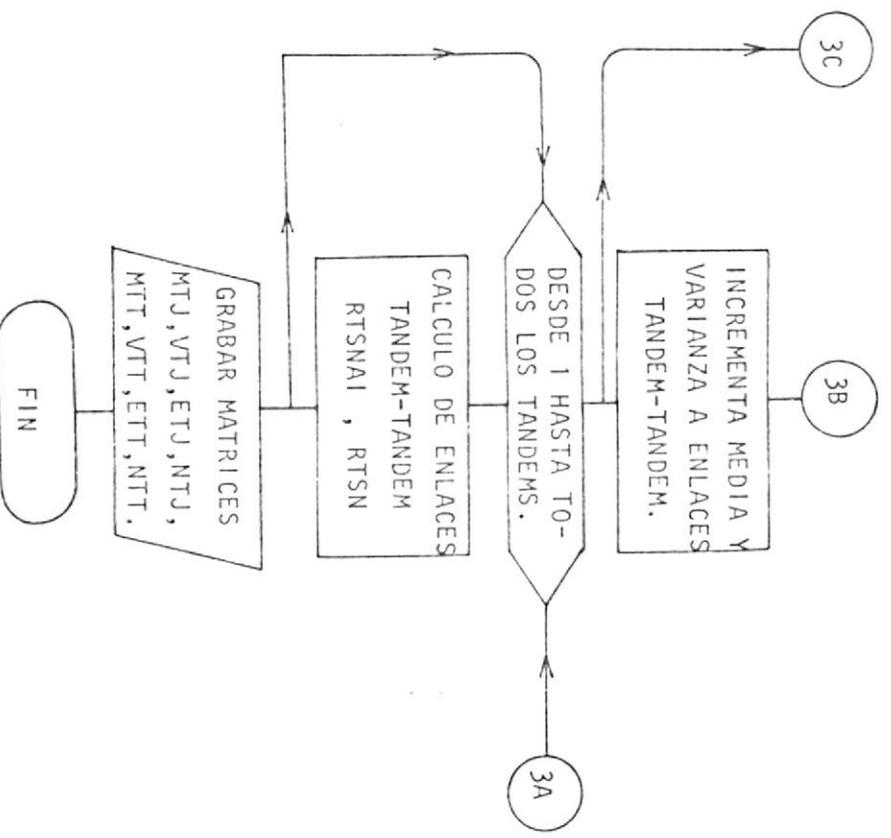
APENDICE F

DIAGRAMAS DE FLUJO DE PROGRAMAS PRINCIPALES









APENDICE G

MANUAL DEL USUARIO

Para acceder al S/4341, el usuario debe seguir los siguientes pasos:

1. Encender el terminal.
2. Presionar la tecla [ENTER] cuando aparezca el logotipo de la ESPOL.
3. Digitar : [L "codigo de usuario"] cuando en la parte inferior derecha de la pantalla, aparezca "CP READ". El código de usuario debe ser asignado por el personal de CESERCOMP.
4. Digite el "password" asignado y presione [ENTER].

Si su máquina virtual ha sido configurada correctamente, Ud. podrá iniciar la ejecución del sistema digitando la palabra "REDES". Luego de presionar [ENTER] aparecerá en la pantalla de su terminal el siguiente menú:

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
 **** FACULTAD DE ING. E L E C T R I C A ****

SISTEMA DE OPTIMIZACION DE REDES TELEFONICAS

MENU PRINCIPAL

1. Ingreso inicial de datos
2. Modificacion de datos
3. Ejecucion de una alternativa
4. Impresion de resultados
5. Lista de codigos existentes
6. Fin de sesion

OPCION 9 CODIGO XXXXXXXX

NOTA.-Para ejecutar cualquier opcion debe ingresar el codigo o nombre de su alternativa. La opcion 5 muestra una lista de los codigos existentes.

==>

PF-KEYS

3=PREVIO

7 = BORRAR

ENTER Continua

Ud. podrá ahora seleccionar cualquiera de las cinco opciones y deberá asignar un nombre o código a su alternativa. Este código de alternativa sirve para mantener en el disco de su máquina virtual, varias posibilidades de implementación de una misma red; esto evita tener que ingresar los datos cada vez que se requiera analizar una determinada alternativa.

A travez de las siguientes pantallas ud. dispondrá de los siguientes comandos:

PF3 .- PREVIO. Permite retornar a la pantalla anterior.
 PF7 .- BORRAR. Elimina los datos ingresados en la pantalla.

ENTER .- CONTINUA. Prosigue con la ejecución del programa.

Opcion 1.- Ingreso Inicial de datos

Debe seleccionarse esta opción cuando se desee ingresar una nueva alternativa. Si el código dado es igual a uno ya existente, el sistema le impedirá continuar. Caso contrario aparecerá la siguiente pantalla.

SISTEMA DE OPTIMIZACION DE REDES TELEFONICAS

Ingreso inicial de datos
numero de centrales

de abonados	99
origen	99
destino	99
tandem	9

Alternativa XXXXXXXX

Los datos que en ella se ingresen servirán para configurar las matrices de datos. Luego de presionar [ENTER] aparecerá el siguiente menú:

SISTEMA DE OPTIMIZACION DE REDES TELEFONICAS

Ingreso inicial de datos

1. Matriz de trafico
2. Matriz de accesibilidad
3. Matriz de costos marginales
4. Lista de nombres de centrales
5. Grado de servicio de la red
6. Fin de ingreso de datos

OPCION 9

Alternativa XXXXXXXX

Si Ud. selecciona la opción 1, 2, 3 o 4, ingresará al editor de texto del CMS, presentándole un archivo conteniendo una matriz con ceros, configurada de acuerdo al número de centrales de su red y en el cual Ud. deberá ingresar los respectivos datos. Si escoge la opción 5 aparecerá :

SISTEMA DE OPTIMIZACION DE REDES TELEFONICAS

Definicion del grado de servicio de la red en

CENTRALES:	Locales	Directas	Tandem
	0.0050	0.0050	0.0050

Minimo numero de circuitos
en rutas de ALTO USO ==> 6

Alternativa XXXXXXXX

Ingrese los datos requeridos y presione [ENTER] para retornar al menú previo.

Opcion 2.- Modificacion de datos

Al seleccionar esta opción aparecerá la siguiente pantalla:

SISTEMA DE OPTIMIZACION DE REDES TELEFONICAS

Modificacion de datos

1. Matriz de costos marginales
2. Matriz de enrutamiento
3. Matriz de trafico
4. Matriz de accesibilidades
5. Nombre de las centrales
6. Grado de servicio de la red

INGRESE OPCION 9

Alternativa XXXXXXXX

La matriz de enrutamiento es generada en base a la matriz de costos, y la opción 9 de esta pantalla permite modificarla.

En caso de que la matriz de costos no haya sido ingresada, el sistema lo obligará a hacerlo.

Las opciones restantes permiten la actualización de los datos ingresados inicialmente.

Opcion 3.- Ejecucion de una alternativa

Con esta opción se muestra la siguiente pantalla:

SISTEMA DE OPTIMIZACION DE REDES TELEFONICAS

EJECUCION DE LA ALTERNATIVA XXXXXXXXX

Desea solo la solucion basica (SI/NO) ==> XX

Si quiere la solucion optimizada, di-
gite el numero de iteraciones deseadas
El maximo de iteraciones es cinco (5) ==> 9

En ella se escoge si desea obtener la solución básica o la solución optimizada. Dependiendo del tipo de solución se ejecutará el respectivo proceso, luego de lo cual se retornará al Menú Principal.

Opcion 4.- Impresion de Resultados

Esta opción envía a la impresora de su máquina virtual, los resultados obtenidos por medio de la opción 3 del Menú Principal. Al finalizar la ejecución del programa de impresión retornará el Menú Principal, mostrándose previamente la siguiente pantalla.

SISTEMA DE OPTIMIZACION DE REDES TELEFONICAS

RESULTADOS DE LA ALTERNATIVA XXXXXXXXX

Sus resultados han sido enviados a la impresora central del sistema, para retirarlos, acerquese al operador de CESERCOMP quien ya ha sido notificado al respecto e indicarle que le entregue los listados pertenecientes al user XXXXXXXXX

Opcion 5.- Lista de codigos existentes

Esta opción provee una lista de todos los códigos de alternativas ingresadas anteriormente. Se permiten mantener hasta diez alternativas a la vez.

Si Ud. desea eliminar alguna de las alternativas que aparecen en esta lista, basta con posicionar el cursor en el respectivo código y presionar la tecla [ERASE OFF].

Opcion 6.- Fin de sesion

Termina la ejecución del sistema.

B I B L I O G R A F I A

1. MINA, R.: Teletraffic Engineering
2. HERRERA PEREZ, E.: Fundamentos de Ingenieria Telefónica
3. ELLDIN A. y LIND G.: Elementary Telephone traffic theory, ERICSSON, Estocolmo, 1971
4. WILKINSON, R. I.: Theories for Toll Traffic Engineering in the U.S.A., Bell System Technical Journal, 1956, Vol. 35, pags. 421 -514.
5. WALLSTROM, B.: Congestion Studies in Telephone Systems with Overflow Facilities. ERICSSON TECHNICS, 22(1966).
6. WALLSTROM, B.: Methods for Optimizing Alternative Routing Networks. ERICSSON TECHNICS, 1(1969).
7. ITT, STANDARD ELECTRICA S. A.: Planificación de Redes, Selección de artículos, División de Telecomunicaciones, Madrid, Febrero de 1980.
8. RAPP, Y.: Planning of Junction Network in a Multi-exchange Area. I, General Principles, ERICSSON TECHNICS, 1964
9. RAPP, Y.: Planning of Junction Network in a Multi-exchange Area. II, Extensions of the Principles and Applications, ERICSSON TECHNICS, 21(1965)
10. COOPER AND STEINBERG: Introduction to Methods of Optimization, W. B. Saunders Company, 1970.