



DIMENSIONAMIENTO DE LA CENTRAL TELEFONICA TANDEM PARA LA
CIUDAD DE QUITO ECUADOR

*Tesis previa a la obtención del título
de Ingeniero en la especialización de
Electrónica y Telecomunicaciones de la
Escuela Politécnica Nacional.*

Mario Hernán Lozada Cárdenas

Quito, Agosto de 1.979

III



C E R T I F I C O QUE LA PRESENTE TESIS HA
SIDO REALIZADA EN SU TOTALIDAD POR EL SENOR
MARIO HERNAN LOZADA CARDENAS.

Ing. Hugo Carrión

DIRECTOR DE TESIS

Quito, Agosto de 1.979

IV

Dedicado a :

José Lozada Arroyo

Hilda Cárdenas de Lozada

P R O L O G O

Al igual que otras empresas, una instalación telefónica representa enormes inversiones a corto y largo plazo. Resulta por lo tanto de especial importancia llevar a cabo estudios de desarrollo y cálculos económicos antes de tomar una decisión.

Estudios y cálculos que se los trata a lo largo de este trabajo y para cuya realización han contribuido de manera muy especial profesores y autoridades de la Escuela Politécnica Nacional, y sobre todo el señor Ing. Hugo Carrión cuya ayuda y conocimientos han hecho factible la realización de la presente tesis, y para los que dejo constancia mis más sinceros agradecimientos.

Mario Hernán Lozada C.

INDICE GENERAL

NUMERAL	C O N T E N I D O	PAGINA
	CAPITULO I	
	ASPECTOS GENERALES	1
1.1.1	Descripción del funcionamiento de las centrales telefónicas urbanas tipo - AGF.	2
	Introducción	2
	Descripción de funciones	2
	1.1.1.1 Líneas de enlace saliente <u>ha</u> <u>cia</u> otras centrales tipo AGF	5
	1.1.1.2 Líneas de enlace saliente <u>ha</u> <u>cia</u> otras centrales tipo ARF	5
	1.1.1.3 Líneas de enlace entrantes - desde centrales tipo ARF	6
1.1.2	Descripción del funcionamiento de las centrales telefónicas urbanas tipo ARF	9
	Introducción	9
	Descripción de funciones	9
	1.1.2.1 Proceso de conexión cuando el abonado B pertenece a la misma central	12
	1.1.2.2 Proceso de conexión cuando el abonado B pertenece a otra central	14
1.2.	Funciones de la unidades de conmutación	17
	1.2.1 El SR	17
	1.2.2 El RS	17
	1.2.3 El REG	17
	1.2.4 FIR y FUR	17
	1.2.5 Sistemas de vías auxiliares y - selección condicional	20
	1.2.6 Eslabón	20
1.3	Señalización en las centrales telefónicas públicas	22
	1.3.1 Señales de línea	22
	1.3.2 Señales de registro	24

VIII

	3.2.3	Proyección del tráfico futuro	68
	3.2.4	Ubicación de la Central Tandem	73
3.3.		Costos Incrementales	75
	3.3.1	Relación de costos incrementales	80
	3.3.2	Función Mejoradora	84
3.4		Dimensionamiento	86
	3.4.1	Circuitos en la vía directa	86
	3.4.2	Media y varianza del tráfico de desborde	91
	3.4.3	Circuitos tandem	99
3.5		Señalización de registro en la vía alternativa	105
3.6		Determinación del número de órganos y bastidores	107
	3.6.1	Paso GV	108
	3.6.2	FIR y FUR	109
	3.6.3	Bastidores MK y regletas (dobles para MK)	109
	3.6.4	Bastidores KK y regletas para KK	111
	3.6.5	Número total de bastidores	112
	3.6.6	Tiempo de Instalación	112

CAPITULO IV

		PLAN DE IMPLEMENTACION	116
		Introducción	117
4.1		Aplicación del método PERT	117
	4.1.1	Tiempos	119
	4.1.2	Holguras y camino crítico	122
4.2		Costos del Sistema	127
	4.2.1	Costos por enlaces de alta congestión y Tandem	127
	4.2.2	Costos de instalación y pruebas	129

	4.2.3 Monto de inversiones actuales	131
	CAPITULO V	
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	137
5.1	Conclusiones	138
5.2	Recomendaciones	141
	Bibliografía	143
	ANEXO A	145
	Nomenclatura	146
	ANEXO B	149
	Símbología	150
	ANEXO C	152
	Deducción de Fórmulas	153
C1	Tráfico ofrecido	153
C2	Proyección de Tráfico futuro	153
C3	Función Mejoradora	155
	C3.1 Solución exacta	157
	C3.2 Solución aproximada	158
C4	Media y varianza	164
	C4.1 Media y varianza para <u>caracterización</u> del tráfico cursado y tráfico de - desborde	164
C5	Circuitos tandem	168

F I G U R A S

NUMERAL	C O N T E N I D O	PAGINA
Fig. 1-1	Diagrama de circuito	7
Fig. 1-2	Diagrama de vías de tráfico-sistema AGF	8
Fig. 1-3	Diagrama de vías de tráfico-sistema ARF	16
Fig. 1-4	Líneas de enlace con repetidores FIR y FUR	19
Fig. 1-5	Ejemplo sobre eslabones	21
Fig. 1-6	Señales de línea	23
Fig. 1-7	Frecuencias usadas en la señalización MFC	26
Fig. 1-8	Significado de las señales de mando	27
Fig. 1-9	Configuración de las centrales tele- fónicas de Quito en 1.979	32
Fig. 1-10	Cables troncales	33
Fig. 1-11	Atenuación máxima en un circuito local	34
Fig. 2-1	Diagrama de secuencia para sistemas de pérdida y sistemas de espera	43
Fig. 2-2	Diagrama simplificado del medidor de Tráfico (TM)	52
Fig. 2-3	Unidad de indicador	53
Fig. 3-1	Diagramas de vías de tráfico, enrutamiento alternativo	62
Fig. 3-2	Configuración de las centrales telefónicas de Quito a 1.982	71
Fig. 3-3	Campo de empleo para enlaces tandem (T), de alta congestión (H) y directos (D)	82
Fig. 3-4	Función Mejoradora	88
Fig. 3-5	Función Mejoradora	89
Fig. 3-6	Media de tráfico de desborde	93
Fig. 3-7	Media del tráfico de desborde	94
Fig. 3-8	Varianza del tráfico de desborde	96
Fig. 3-9	Varianza del tráfico de desborde	97

Fig. 3-10	Circuitos tandem	101
Fig. 3-11	Diagrama de vías de tráfico	104
Fig. 3-12	Ejemplo de señalización en vías <u>alternativas</u>	106
Fig. 3-13	Número de circuitos tandem	114
Fig. 3-14	Plano de colocación	115
Fig. 4-1	Red PERT	126
Fig. C3-1	Patrón triangular	163
Fig. C4-1	Tráfico rechazado de una vía de alta <u>con</u> gestión - ejemplo	167

T A B L A S

NUMERAL	C O N T E N I D O	- PAGINA
Tabla 1-1	<i>Resistencias permisibles y datos de transmisión para cables</i>	35
Tabla 2-1	<i>Matriz de tráfico cursado (en Erlangs) a Junio de 1.978</i>	55
Tabla 2-2	<i>Matriz del número de circuitos troncales a Junio de 1.978</i>	56
Tabla 2-3	<i>Matriz de congestión aproximada a Junio de 1.978 en %</i>	57
Tabla 3-1	<i>Matriz de tráfico ofrecido (Erlangs) a Junio de 1.978 en la ciudad de Quito</i>	66
Tabla 3-2	<i>Matriz de proyección del tráfico (Erlangs) a 1.982</i>	72
Tabla 3-3	<i>Matriz de longitud de cables troncales (Km.)</i>	78
Tabla 3-4	<i>Matriz de costos incrementales (en miles de sucres) Cij.</i>	79
Tabla 3-5	<i>Matriz de la relación de costos incrementales</i>	83
Tabla 3-6	<i>Matriz de la función mejoradora $F(N,A)$</i>	85
Tabla 3-7	<i>Circuitos en la vía directa (alta congestión)</i>	90
Tabla 3-8	<i>Matriz de valores medios del tráfico de desborde (erlangs)</i>	95
Tabla 3-9	<i>Matriz de varianza de tráfico de desborde</i>	98
Tabla 3-10	<i>Circuitos tandem (entrantes)</i>	102
Tabla 3-11	<i>Circuitos tandem (salientes)</i>	103
Tabla 4-1	<i>Costos por enlaces de alta congestión (por 1.000 sucres)</i>	133
Tabla 4-2	<i>Costos por enlaces tandem (salientes)</i>	134
Tabla 4-3	<i>Costos por enlaces tandem (entrantes)</i>	135
Tabla 4-4	<i>Monto de inversiones realizadas a 1.979 (por 1.000 sucres)</i>	136

C A P I T U L O I

A S P E C T O S G E N E R A L E S

1.1.1. DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS CENTRALES TELEFÓNICAS URBANAS TIPO AGF.

INTRODUCCION

En la ciudad de Quito se utilizan en la actualidad dos sistemas telefónicos automáticos suministrados por la Compañía sueca L.M. Ericsson y que se los a denominado con las abreviaturas AGF * y ARF.

El sistema telefónico AGF a base de selectores paso a paso se usa en centrales locales de ciudades grandes y de tamaño medio, esquemática y mecánicamente el sistema está formado por grupos de 500 líneas de abonado. El tamaño natural de una central es por lo tanto un múltiplo de este número 500, 1.000, 1.500 líneas etc., con una capacidad máxima de 20 - grupos o 10.000 líneas.

DESCRIPCIÓN DE FUNCIONES

Cuando el abonado A levanta el microteléfono, el relé de línea LR correspondiente a este abonado opera marcando el hilo c (hilo de prueba) de la línea en el múltiplo de buscardes de línea S. Ver figura 1-1.

El relé de grupo de líneas LGR, que es común a 20 líneas de abonado, conectadas al cuadro múltiplo opera a través de un

* Nomenclatura en el Anexo A.

contacto en LR, el hilo d del cuadro múltiple queda marcado también con potencial negativo. LGR pone positivo al distribuidor de arranque STR, el cual por medio de cadenas de relés busca a cuatro buscadores de línea S (si tal número de buscadores está libre) cada uno con sus correspondientes registros libres.

Los buscadores de líneas son arrancados, y tan pronto como el muelle d de uno de dichos buscadores encuentra el hilo d del cuadro múltiple se detiene el movimiento giratorio del selector S, el buscador de líneas comienza entonces su movimiento radial hasta que el contacto c de la escobilla alcanza el hilo c del múltiple de la línea que llama. Queda así conectado el registro al bucle del abonado A, produciéndose al mismo tiempo la parada de los demás buscadores de línea, entonces el distribuidor de arranque se libera. El abonado recibe tono de marcar desde el registro REG y envía las cifras del abonado B, que inicialmente se almacenan en una cadena de relés, que a través de sus contactos cierra un circuito para atracción del horizontal correspondiente a la cifra marcada. El horizontal 1 opera si se marca la cifra 1, el horizontal 2 si la cifra marcada es la 2, etc. También se opera en forma inmediata el electroimán de vertical o verticales dependiendo de la ubicación de la cifra dentro del número del abonado.

La primera cifra se almacenará en el vertical 1, la segunda

en el vertical 2, etc. Todo este proceso se realiza en un selector de coordenadas.

La misión del registro desde este instante será la de controlar el funcionamiento del selector de grupo GV y también del selector final LV. Ver figura 1-2.

Cada cuadro del múltiple de selectores de grupo está conectado a los selectores finales comunes a un grupo determinado de 500 líneas, así como a los repetidores salientes FUR hacia otras centrales, el brazo de escobillas del selector de grupo gira hasta llegar frente al cuadro del grupo de abonados que contiene la línea deseada, seguidamente entra en el cuadro buscado una salida a un selector final libre. El selector final arranca girando su brazo de escobillas hasta el cuadro múltiple (grupo de 20 líneas) al cual está conectada la línea deseada y después se mueve radialmente hasta la línea correspondiente al número marcado, luego prueba es decir investiga la situación de la línea llamada. Hay tres clases de pruebas a saber, en llamadas locales, interurbanas y a PBX.

Para estas tres clases de llamadas se usan las siguientes unidades de relés de control.

LVR para llamadas locales a abonados ordinarios

LXR para llamadas locales a abonados ordinarios y de PBX.

LKR para llamadas locales e interurbanas a abonados ordinarios.

LXKR para llamadas locales e interurbanas a abonados ordina
rios y de PBX.

Todos los selectores finales de un grupo de 500 se usan pa
ra llamadas locales, pero 20 de ellos se usan también para
llamadas interurbanas.

En un grupo de 500 previstos para tráfico local e interurba
no a abonados ordinarios habrá 20 LKR y el resto LVR.

En un grupo de 500 previsto para abonados ordinarios y PBX
habrá 20 LXKR y el resto LXR.

1.1.1.1. Líneas de enlace saliente hacia otras centrales tipo AGF

Cuando el selector de grupo encuentra un enlace libre duran
te la búsqueda radial pone en operación al equipo terminal
para tráfico entrante GIVR en la otra central, el cual da
arranque al selector de grupo GIV (todas estas operaciones
son controladas por el registro central a la cual está conec
tado el abonado A) al cual están conectados los selectores
finales y por consiguiente el abonado B deseado.

1.1.1.2 Líneas de enlace saliente hacia otras centrales tipo ARF

Una vez que el abonado ha recibido el tono de marcar, envía
al registro las dos primeras cifras que determinarán el avan
ce del GV hacia una línea libre, continúa recibiendo y al

macenando las cifras, una vez que ha recibido la quinta cifra y si esa llamada es hacia un abonado de una central ARF opera en el registro un relé que conecta un emisor de código KS vía un buscador de emisor de código SS para emitir las cifras en código multifrecuencial hacia la central de destino.

1.1.1.3 Líneas de enlace entrantes desde centrales tipo ARF

En este caso la información en código multifrecuencial recibida en el repetidor entrante FIR es traducido al sistema decádico haciendo uso de un REG-U y receptor de código KM, que enviará información hacia adelante en este sistema de señalización.

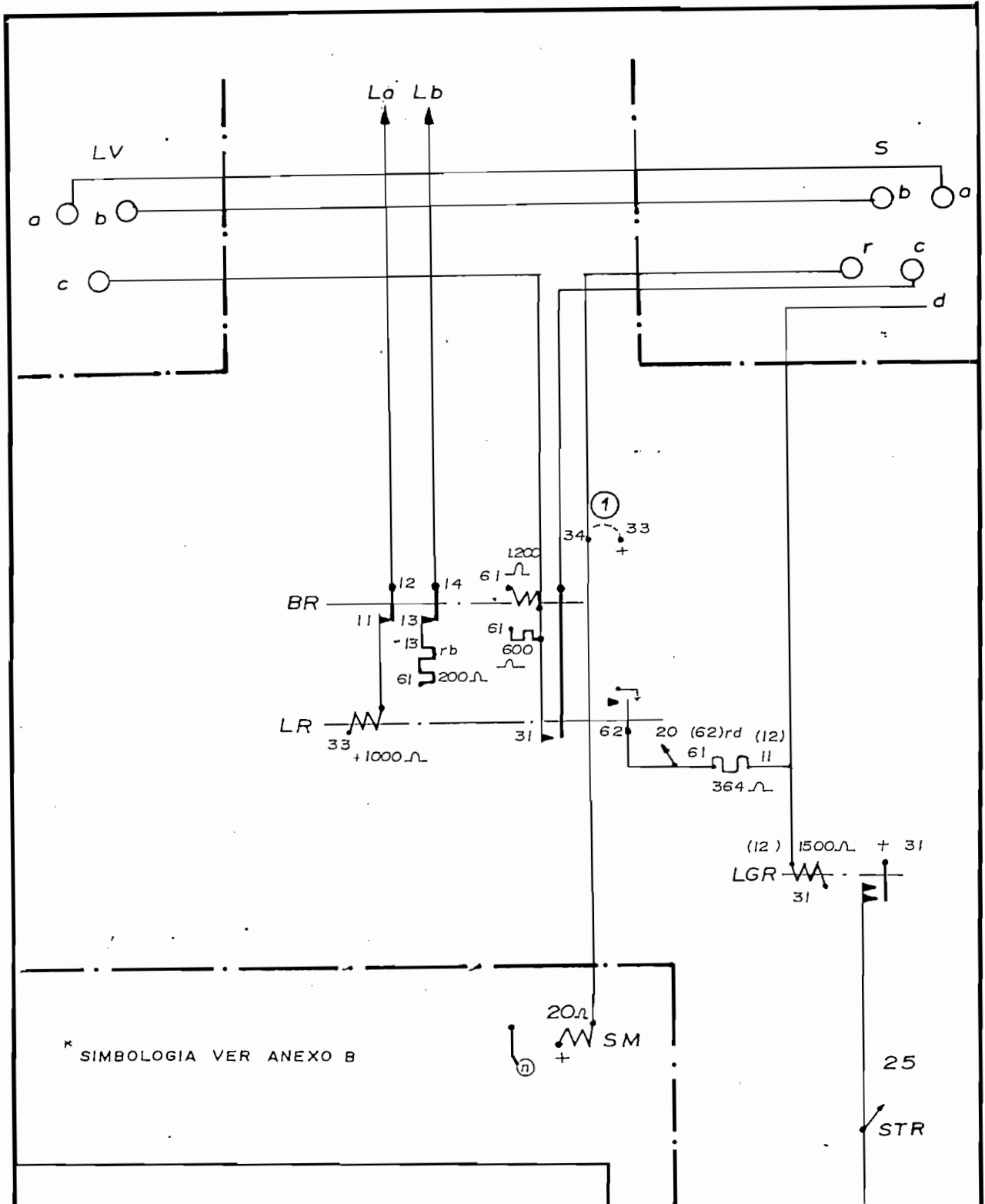
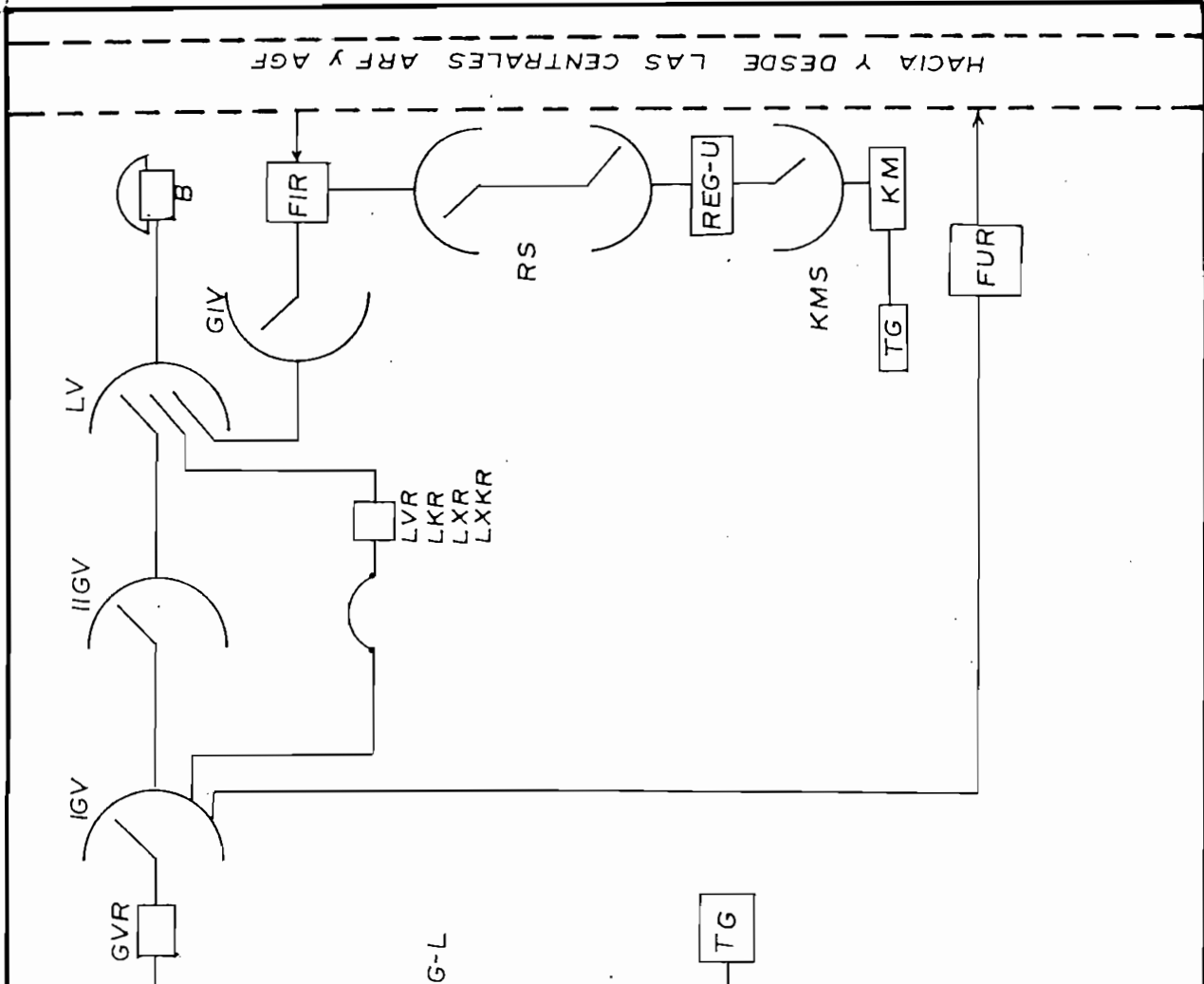


FIG. 1-1 DIAGRAMA DE CIRCUITO

Diseñado: *[Signature]*

TESIS PREVIA A LA OBTENCION
DEL TITULO DE INGENIERO
ELECTRONICO.

Aprobado: *[Signature]*



<p>FIG: 1-2 DIAGRAMA DE VIAS DE TRAFICO - SISTEMA AGF</p>	
<p>Diseñado:</p> <p><i>[Signature]</i></p>	<p>TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO. ELECTRONICO.</p>
<p>Aprobado:</p> <p><i>[Signature]</i></p>	

1.1.2

DESCRIPCION DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS CENTRALES TELEFONICAS URBANAS TIPO ARF.

INTRODUCCION

El sistema telefónico ARF 102 de la L.M. Ericsson es un sistema de selectores de coordenadas dirigido por registrados - res, se emplean para centrales locales a partir de 1.000 líneas de abonado hasta un máximo de 10.000. El sistema es - también económico para centrales menores a partir de unos - 400 abonados.

El sistema está formado por pasos de abonado y pasos de selectores de grupo. El paso de abonado, llamado SI se construyen en grupos de 1.000 líneas de abonado formados por 5 subgrupos de 200 abonados cada uno.

Los selectores de grupo están contruïdos en unidades de 80 entradas y 400 salidas.

Este tipo de centrales son en la actualidad las de mayor - uso en las principales ciudades del país.

DESCRIPCION DE FUNCIONES

Cada línea de abonado tiene en la central un equipo de línea individual compuesto de un relé de línea LR y un relé de - corte BR. Ver figura 1-3.

LR opera cuando el abonado levanta su microteléfono y un contacto en LR llama al marcador del paso de abonado SLM vía un indicador de llamada CI, que selecciona a uno de los dos marcadores. SLM identifica al abonado que llama, en otras palabras decide la posición del abonado en el múltiple^{el} del selector y comienza a buscar trayectorias libres de acoplamiento hacia un circuito de cordón SR que tiene acceso a un REG libre (selección condicional).

Al mismo tiempo SLM envía el número del abonado al analizador de categoría AN-K para saber si la llamada viene desde un abonado común, un abonado bloqueado, un teléfono alcancía o cualquier otro tipo de abonado, esta información de categoría se almacena en SLM para posteriormente ser enviado hacia el REG, vía el marcador de buscador de registro - RSM.

Cuando SLM ha seleccionado una trayectoria de acoplamiento hacia un SR, se inicia la conexión de los selectores y al mismo tiempo se llama al RSM. RSM conecta la unión entre SR y REG, vía el buscador de registro RS.

El REG envía tono de marcar hacia el abonado A (abonado que hace la llamada) y una polaridad a su relé de corte.

El relé de corte interrumpe la llamada a SLM, el cual libera al igual que RSM.

El REG recibe los impulsos desde el disco dactilar del abonado A y almacena las cifras del número del abonado llamado

(abonado B).

Normalmente el REG decide por sí mismo cuando debe comenzar la emisión de cifras al paso siguiente.

En redes complicadas se puede incluir un AN-REG, analizador de registro que tiene como misión el determinar a partir de qué cifra se iniciará la transmisión hacia el paso selector de grupo GV.

La transmisión de cifras hacia el primer paso selector de grupo IGV se efectúa en código multifrecuencial de secuencia obligada MFC, para lo cual se necesita un emisor de código KS, el cual se conecta al REG vía un paso buscador de emisor de código SS, el cual es controlado por un marcador SSM, KS lee del REG las cifras almacenadas y la categoría del abonado A, estas informaciones se transmiten al analizador AN-KS, el cual analiza los dígitos recibidos para determinar la clase de servicio de la llamada, llamada local, llamada fuera de la misma central, llamada fuera de la región. Inicia ahora KS la llamada hacia el paso IGV, vía REG y SR. En el paso IGV se identifica al SR que llama y se conecta un receptor de código GV-KM a este SR.

GV-KM recibe desde KS tantas cifras como sean necesarias para decidir la vía en el paso selector de grupo. Después se llama a GVM, el cual selecciona una salida libre en la vía después de efectuar las pruebas necesarias y luego conecta los pasos selectores GVA y GVB. En este punto y dependien-

do de si el abonado B está dentro de la misma central o fuera de ella, el proceso de conexión puede seguir de dos distintas maneras.

1.1.2.1. Proceso de conexión cuando el abonado B pertenece a la misma central

Al recibir GV-KM las primeras cifras escoge un eslabón de ruta interna IGVB-IIGVA y se conecta un nuevo GV-KM en el segundo paso selector de grupo que recibe normalmente el último dígito que recibió el primer paso GV. Esto es necesario para distinguir el grupo de 10.000 a donde pertenece el grupo de 1.000 en cuestión, el paso II GV selecciona y ocupa una salida libre desde el paso II GV hacia SLD, se inicia entonces la identificación de esta entrada SLD en CD-KM. El receptor de código CD-KM recibe las tres últimas cifras desde el REG y llama posteriormente al equipo PBX, el cual investiga si el número es un número de grupo para un abonado PBX.

Un abonado PBX, es aquel que tiene un Conmutador Privado, - automático o manual, el cual está conectado a la central pública por varias líneas telefónicas que forman un grupo de líneas. Para llamar al conmutador se marca el número de éste y en la central pública se selecciona una línea libre - cualquiera dentro del grupo.

De este modo se marca el número del abonado deseado y la central automática pública averigua si hay línea libre. En caso contrario se manda tono de ocupado y el que efectúa la llamada sabe que por el momento no hay línea libre marcando una vez solamente en lugar de marcar el número de cada línea individual.

Dependiendo del resultado de esta investigación, el curso puede continuar en dos formas diferentes.

1.- El número marcado no es un número de grupo

CD-KM recibe esta información y llama después a SLM, para el acoplamiento hacia el abonado B.

2.- El número marcado es un número de grupo

El equipo PBX selecciona por prueba, una línea libre hacia el abonado PBX en cuestión. Después de esto se transmite el número de la línea seleccionada hacia CD-KM, en donde se hace la sustitución por el número de grupo. Ahora se llama a SLM para el acoplamiento hacia la línea PBX seleccionada.

Cuando se ocupa a SLM y recibe el número del abonado B, SLM realiza las siguientes tareas:

a) El número del abonado B se transmite hacia el analizador de categoría AN-K para decidir la categoría. El abonado B puede por ejemplo, estar bloqueado para llamadas entrantes.

b) SLM prueba la línea del abonado para saber si la línea está ocupada o libre.

c) SLM investiga las trayectorias de acoplamiento en -tre la vertical SLD y el abonado B.

SLM transmite hacia CD-KM el resultado de la prueba de abonado y la decisión de categoría. CD-KM envía después el resultado de la prueba libre u ocupado hacia el REG, el cual en el caso de libre termina la conexión de SR, y en el caso de ocupado desconecta toda la unión. Después de esto se libera el REG.

Durante este tiempo SLM acopla los pasos de selección - SLD, SLC, SLB y SLA, después de lo cual se liberan CD-KM y SLM. SR envía tono de timbre al abonado B y tono de -control de llamada al abonado A.

Cuando el abonado B contesta se corta el repique del tímbre y la conferencia puede iniciarse.

1.1.2.2. Proceso de conexión cuando el abonado B pertenece a otra cen- tral

Después de que se ha marcado el número del abonado B, se hace el análisis del mismo, y los primeros dígitos se emiten desde KS conectado al REG al receptor de código GV-KM del IGV de la central a la que pertenece el abonado A, con el objeto de de-terminar la vía.

El marcador de selector de grupo GVM efectúa pruebas en la vía y ocupa una línea libre. El repetidor saliente FUR llama a su correspondiente repetidor entrante FIR, que está conectado a II GV de la central a la que pertenece el abonado B.

El receptor de código del paso II GV también recibe el último dígito que fue pedido por el precedente paso IGV, esto es necesario para distinguir el grupo de 10.000 a donde pertenece el grupo de 1.000. Después de que el receptor de código ha recibido información suficiente para decidir la vía hacia el grupo de 1.000 en cuestión, el paso II GV selecciona y ocupa una salida a una vertical SLD libre. Los restantes pasos son idénticos a lo descrito en el subcapítulo 1.1.2.1.

HACIA Y DESDE OTRAS CENTRALES ARF O AGF

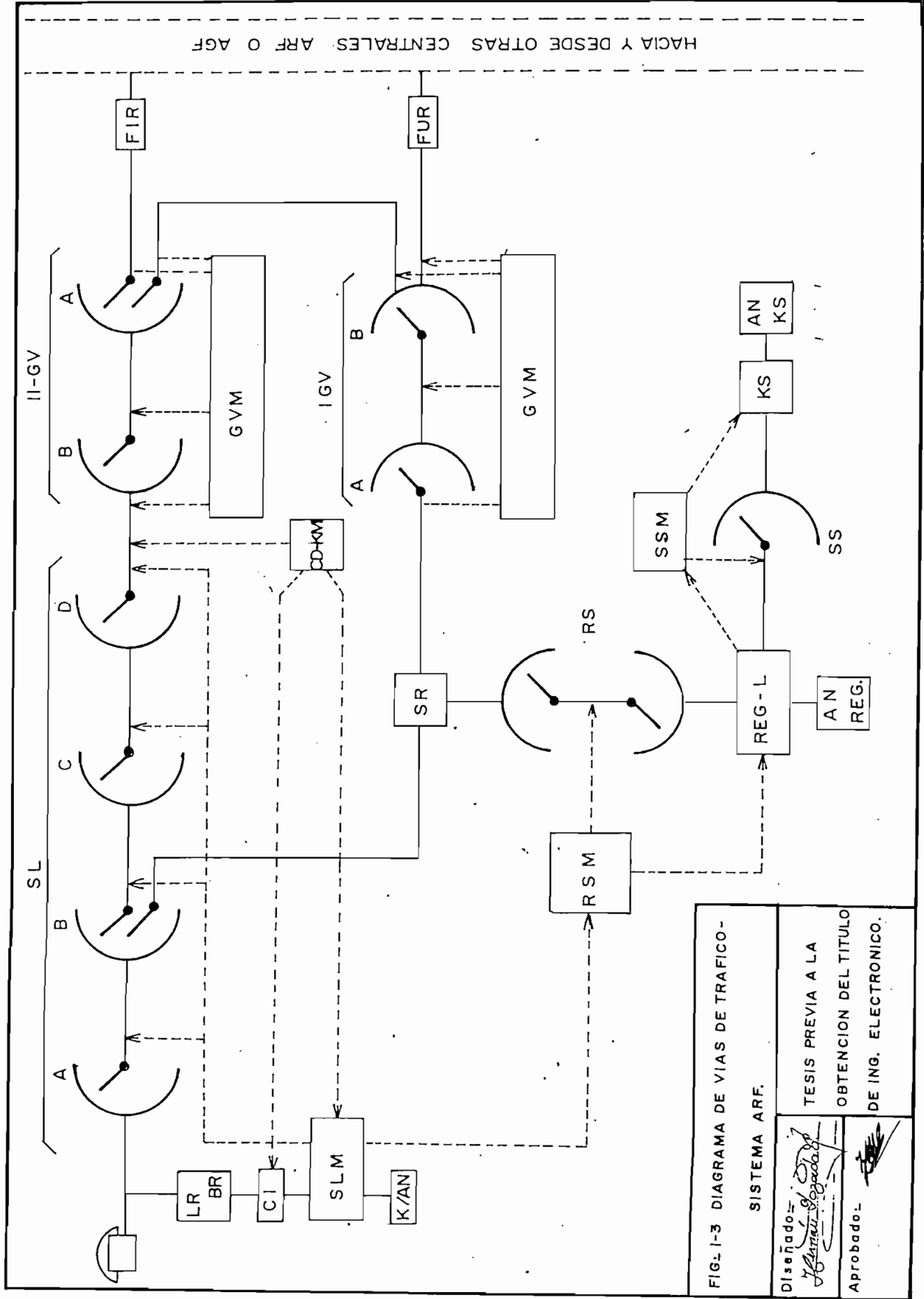


FIG. 1-3 DIAGRAMA DE VIAS DE TRAFICO - SISTEMA ARF.

Diseñado: *[Signature]*
 TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE ING. ELECTRONICO.
 Aprobado: *[Signature]*

1.2 Funciones de las Unidades de Conmutación

- 1.2.1 El SR .- Llamado circuito de cordón, tiene como misión controlar la conexión establecida durante la conversación, tiene relés para alimentación de corriente para los dos abonados, - relés de señalización, de llamada y supervisión de tiempo.
- 1.2.2 El RS .- Denominado buscador de registro es un paso selector con el cual los juegos de relés de circuito de cordón SR de cada grupo de 1.000 líneas pueden tener acceso a los registradores comunes a un grupo de 10.000 abonados. El paso-RS es equipado por 2, 3 o 4 unidades RS por grupo de 1.000 líneas. Una unidad RS tiene 40 entradas desde SR y 10 salidas a REG, cada unidad RS está equipada con su propio marcador RSM.
- 1.2.3 El REG .- Tiene como misión recibir, almacenar y transmitir las informaciones necesarias para establecer una conexión, - es posible en los juegos comunes de relés añadir una unidad adicional denominada A-ID para almacenar el número del abonado A con el objeto de incorporar tasación en llamadas locales.
- 1.2.4 FIR y FUR .- Cada línea troncal tiene a sus extremos los denominados repetidores salientes FUR y entrantes FIR o tam-

bién juegos de relés de líneas de enlace. Ver figura 1-4. Si el equipo FIR y su línea de enlace está libre, existe un circuito de corriente de reposo con el repetidor saliente - FUR. Este circuito de reposo está controlado por contactos en FIR y GVA por lo cual un FUR no puede probar en un FIR - que ya ha sido ocupado, averiado o bloqueado.

En caso de una llamada el selector de grupo GVB que busca - una línea libre prueba en todos los FURES libres (polaridad negativa), luego de todos ellos elige a uno y conecta directamente. La misión del repetidor entrante FIR es la de recibir y repetir la señal de llamada y después de la conexión del paso de selección dar corriente de repique al abonado B y tono de control de repique al abonado que llama.

Dá alimentación de corriente al microteléfono del abonado - llamado cuando éste ha contestado.

Además se encarga de emitir las denominadas señales de línea en forma de cambios de polaridad como veremos en el subcapítulo 1.3.1.

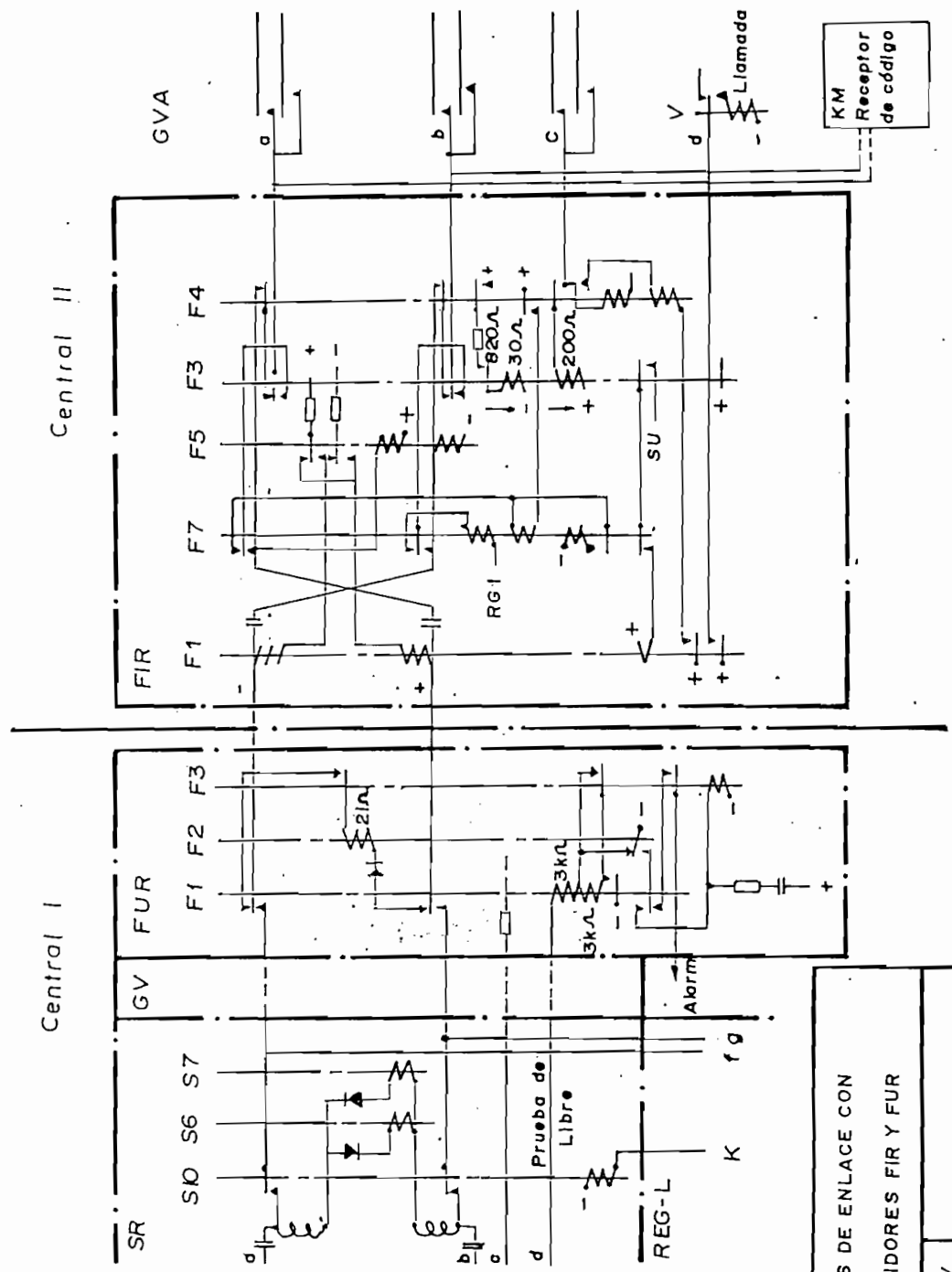


FIG. 1-4 LINEAS DE ENLACE CON REPETIDORES FIR Y FUR

Diseñado: *[Signature]*
 Aprobado: *[Signature]*

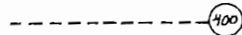
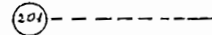
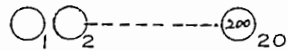
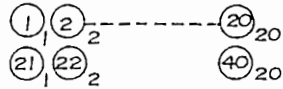
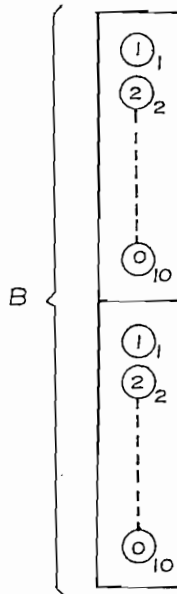
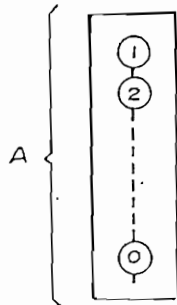
TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE ING. ELECTRONICO.

1.2.5 Sistema de vías auxiliares y selección condicional

Puesto que el equipo de control común (marcadores y registros) adquieren la información acerca del estado de todas las posibles vías de comutación, por vías separadas de las vías de habla, antes de que sea establecida una de éstas, se le ha denominado sistema de vías auxiliares, y si además de esto, por estas vías auxiliares el equipo de control común está en posibilidades de impedir la selección de un selector libre que no pueda ser usado debido a congestión más adelante en la red de comutación, ha tomado el nombre de selección condicional.

1.2.6 Eslabón

Los pasos de selectores se dividen en dos, tres o cuatro pasos parciales, que están interconectados entre sí. De esta manera se consigue aumentar la capacidad del paso selector mucho más allá de la capacidad del elemento selector básico, que es una vertical con 20 salidas. A esta disposición, que implica un excelente aprovechamiento del selector de coordenadas, se le llama conexión por eslabones. Ver figura 1-5.



UN PASO CON 10
ENTRADAS (= AL
NUMERO DE VERTICALES A)
20 ESLABONES (= AL
NUMERO DE VERTICALES B
Y 400 SALIDAS

FIG. 1-5 EJEMPLO SOBRE ESLABONES

Diseñado:	TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO ELECTRONICO.
Aprobado:	

1.3 Señalización en las Centrales Telefónicas Públicas

Para establecer, mantener y terminar una llamada telefónica, tiene que intercambiarse información entre los diferentes equipos implicados en la conexión.

Estas informaciones son transmitidas mediante señales de diferentes características.

Las señales se dividen en dos grupos principales: señales de línea y señales de registro.

1.3.1 Señales de línea

El método para la transmisión de las señales de línea, es la denominada señalización de corriente continua por bucle. El circuito de señalización consta de un bucle, formado por los relés afectados en el lado saliente FUR, los conductores de la línea y una fuente de corriente continua a través de los relés correspondientes del lado entrante FIR, como se explicó en el subcapítulo 1.2.4.


Los seis primeros tipos de señales se muestran en la figura 1-6 y se refieren a condiciones de tráfico normales, mientras que la señal de bloqueo la usa el personal de mantenimiento para el bloqueo a distancia de los juegos de relés de la línea de enlace FUR (salientes).

Señal	Dirección de señal	Estado o cambio de estado	
		Lado saliente FUR	Lado entrante FIR
Accesibilidad		H	B
Ocupación	→	H → L	B
Contestación	←	L	B → B*
Reposición hacia atrás	←	L	B* → B
Reposición hacia adelante	→	L → O → H	B* → B
Accesibilidad		H	B
Bloques ^o	←	H	\bar{O}

H = bucle cerrado con alta resistencia B* = alimentación de batería - a + b
 L = bucle cerrado con baja resistencia B = alimentación de batería + a - b
 O = bucle abierto 600ms
 \bar{O} = bucle abierto

FIG. 1-6 SEÑALES DE LINEA

Diseñado:
Hernández Vojta

Aprobado:


TESIS PREVIA A LA OBTENCION
 DEL TITULO DE INGENIERO
 ELECTRONICO.

1.3.2 Señales de Registro

Las señales de registro son requeridas para el establecimiento de las conexiones entre los abonados y están divididas en dos grupos.

a) Señales numéricas

Estas señales se emplean para la transmisión de las cifras.

b) Señales de mando

Estas señales se emplean para el envío de "Señales de control" como se muestra en las figuras 1-7 y 1-8.

La señalización de registro se efectúa con código multifrecuencial de secuencia obligada MFC, entre registradores con emisores de código comunes en la central de origen y receptores de código (que también emiten señales hacia atrás) conectados a los marcadores de los diferentes pasos de selector o a registradores entrantes o de tránsito en los diferentes puntos de conmutación de la vía.

Cada señal hacia adelante o hacia atrás, está compuesta por dos frecuencias vocales continuas, que aparecen simultáneamente. Una señal hacia adelante siempre va acompañada por una señal hacia atrás; la transmisión de una señal hacia adelante sigue hasta que se recibe una señal hacia atrás.

Esta señal hacia atrás continúa hasta que cesa la señal hacia adelante. La transmisión de la próxima señal hacia adelante empieza cuando la señal hacia atrás cesa.

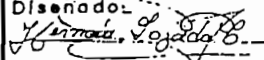


SEÑAL N.º	FRECUENCIAS EN Hz				
	f0	f1	f2	f4	f7
HACIA ADELANTE O SEÑALES NUMERICAS	1380	1500	1620	1740	1860
HACIA ATRAS O SEÑALES DE MANDO	1140	1020	900	780	
1	X	X			
2	X		X		
3		X	X		
4	X			X	
5		X		X	
6			X	X	
7	X				X
8		X			X
9			X		X
10				X	X

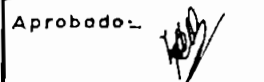
CODIGO 2 de 5

$$C = \frac{5 \times 4}{5 \times 1 \times 2} = 10$$

FIG. 1-7 FRECUENCIAS USADAS EN LA SEÑALIZACION MFC.

Diseñado: 

TESIS PREVIA A LA OBTENCION
DEL TITULO DE INGENIERO
ELECTRONICO.

Aprobado: 

SEÑAL N.º	GRUPO A - SEÑALES DE CONTROL PARA TRASMISION DEL NUMERO B	GRUPO B - CONDICION DE LA LINEA DEL ABONADO B
1	EMITIR LA SIGUIENTE CIFRA	LIBRE
2	EMITIR LA PRIMERA CIFRA	OCUPADO
3	PASAR A SEÑALES B	INTERCEPTADO *
4	CONGESTION	CONGESTION

* SEÑALES QUE NO SE UTILIZAN PERO SE LAS PUEDE PONER EN FUNCIONAMIENTO

FIG. 1-8 SIGNIFICADO DE LAS SEÑALES DE MANDO

Diseñado:
[Firma]
Aprobado:
[Firma]

TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO ELECTRONICO.

1.4 Configuración y capacidad de las centrales telefónicas urbanas existentes en la ciudad de Quito

La ciudad de Quito contaba hasta comienzos de 1.979 con 10 - centrales telefónicas automáticas (AGF + ARF) en servicio y que debido a la topografía propia de nuestra ciudad se ha - distribuido en forma longitudinal SUR - NORTE como se mues - tra en la figura 1-9, en la cual incluimos también el núme - ro de enlaces físicos a dos hilos, existentes entre cada si - tío de central y cuyas capacidades se dan a continuación:

C e n t r a l	Sistema (tipo).	Capacidad (líneas de abonado).
Villa Flora 1	AGF	10.000
Villa Flora 2	ARF	2.000
Quito Centro 1	AGF	10.000
Quito Centro 2	ARF	10.000
Mariscal Sucre 1	AGF	10.000
Mariscal Sucre 2	ARF	10.000
Mariscal Sucre 3	ARF	8.000
Iñaquito 1	AGF	10.000
Iñaquito 2	ARF	4.000
Cotocollao	ARF	5.000

El sistema que se utiliza para la conexión de los enlaces en - tre los sitios de central es:

El cable troncal entre dos sitios de central tiene a cada extremo las denominadas regletas terminales con una capacidad de 50 pares de hilos, que están instaladas en el denominado distribuidor general o KK. Ver figura 7-10.

De acuerdo al número de enlaces requeridos se realizan los puentes necesarios entre estas regletas.

Por ejemplo un enlace de Quito Centro a Iñaquito deberá tener puentes en las regletas terminales de Mariscal Sucre que unirá el cable troncal Quito Centro - Mariscal Sucre con el cable troncal Mariscal Sucre - Iñaquito, este sistema permite una flexibilidad total y un mejor aprovechamiento.

1.4.1 Plan de transmisión

Para obtener un volumen satisfactorio en un extremo lejano la reducción de la señal deberá quedar dentro de ciertos límites. Para evaluar la reducción de la voz todo el circuito o en una parte del mismo se efectúa una comparación con el sistema de referencia del CCITT (NOSFER) y el resultado se expresa en equivalentes de referencia RE del sistema en decibelios.

Los valores negativos de RE indican que el sistema tiene una altura de voz superior al NOSFER y viceversa.

Las pruebas son llevadas a cabo por medio de comparaciones telefónicas (pruebas de voz y oído), sustituyendo el componente que ha de ser comparado (sistema emisor o receptor) por

el componente correspondiente en NOSFER. Una línea artificial de pérdida ajustable, en serie con el sistema más eficaz, permite igualar la eficacia de ambos sistemas, de tal manera que el número de decibelios indicados es el RE del sistema probado.

Estas pruebas podrían ser efectuadas con todos los componentes del circuito, líneas de hilos desnudos, cables sin pupinizar o pupinizados etc., desgraciadamente este tipo de pruebas requiere mucho tiempo.

El nivel de transmisión recomendado por el CCITT para los servicios internacionales no es perfecto pero sí satisfactorio.

Por esta razón resulta recomendable tratar de alcanzar un valor total de RE en un circuito local inferior al recomendado por el CCITT para un circuito internacional (36 dB).

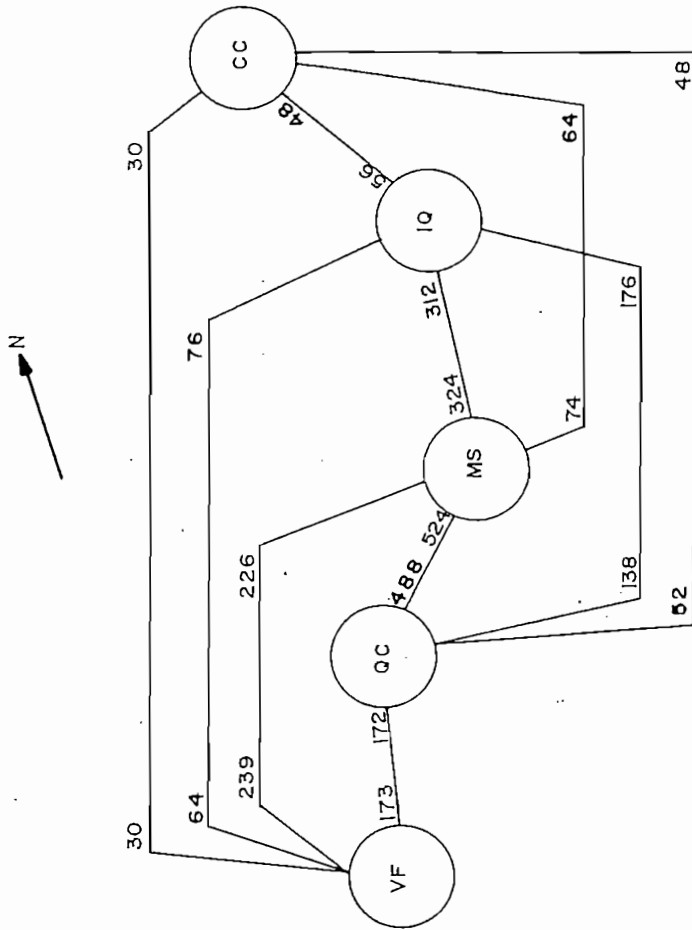
Un valor razonable parece ser de 30 dB. como se puede ver en la figura 1-11.

Las líneas de abonado y los circuitos de unión tienen que transmitir no solamente el habla sino también otras señales como los impulsos de marcación, corriente de llamada, tono de marcar, etc., estas señales pueden ser de corriente continua o alterna. Si la red está bien dimensionada para la transmisión del habla, por lo general la gama operativa de todas las posibles señales de corriente alterna será satisfactoria.

En nuestro medio se ha determinado el diámetro del cable y su longitud considerando como punto de partida la resistencia ohmica permisible para cada sistema (AGF o ARF), como se puede ver en la tabla 1-1.

Por ejemplo si suponemos que la resistencia del elemento transmisor es aproximadamente de 200 ohmios la línea de abonado podrá tener resistencias permisibles máximas de 1.600 ohmios, que corresponden a una línea de 5,7 Km. con cable de cobre sin pupinizar y 0,4 mm de diámetro, líneas de abonado más largas casi nunca son aceptadas desde el punto de vista de la transmisión.

Para los circuitos de unión entre centrales cercanas es conveniente la utilización de cables sin pupinizar, considerando que la resistencia máxima permisible para corriente continua es de 2.000 ohmios, el problema se presenta cuando la distancia entre centrales es considerable, una forma de resolver este problema ha sido la utilización de cables de mayor diámetro y pupinizados que permiten además de una reducción de la resistencia para señalización de corriente continua, disminuir la atenuación para la transmisión del habla, pues el denominado pupín es un juego de bobinas o transformadores que se colocan aproximadamente cada 1.850 metros para elevar la señal de entrada con el objeto de compensar la atenuación de las señales de corriente alterna.



VF: VILLA FLORA
 QC: QUITO CENTRO
 MS: MARISCAL SUCRE
 IQ: IÑAQUITO
 CC: COTOCOLLAO

30, 64, LINEAS SALIENTES

FIG. 1-9 CONFIGURACION DE LAS CENTRALES TELEFONICAS DE QUITO EN 1979

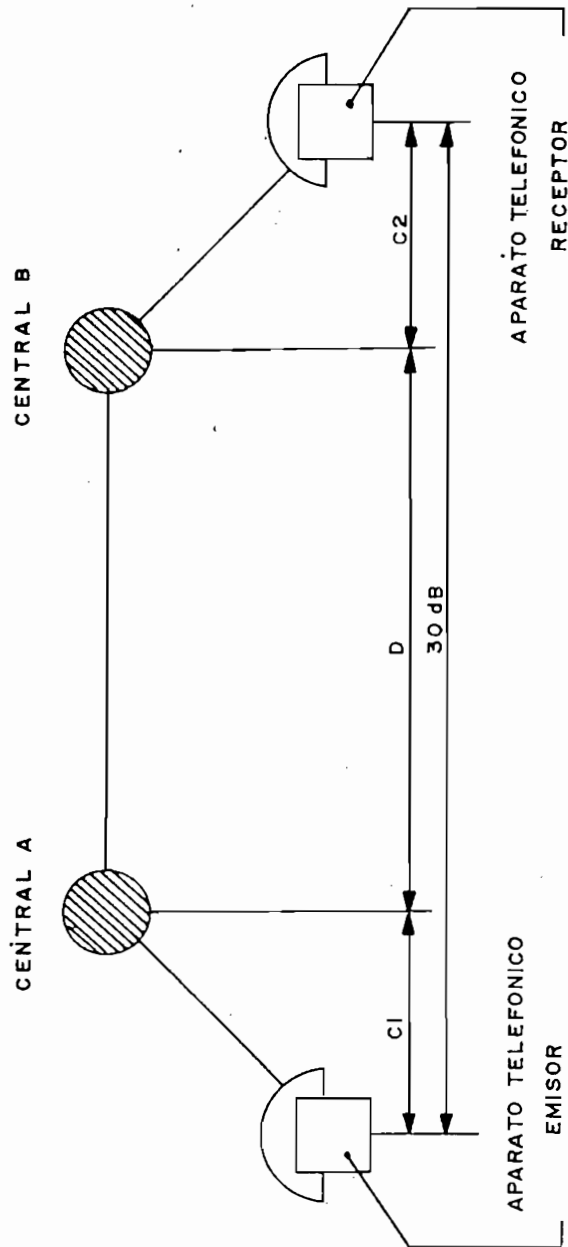
Diseñado:

[Signature]

Aprobado:

[Signature]

TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO ELECTRONICO.



$$C1 + D + C2 = 30 \text{ dB}$$

FIG. 1-11 ATENUACION MAXIMA EN UN CIRCUITO LOCAL (RE)

Diseñado:
[Signature]

Aprobado:
[Signature]

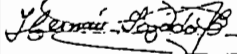
TESIS PREVIA A LA OBTENCION
DEL TITULO DE INGENIERO
ELECTRONICO.

SISTEMA	TENSION DE TRABAJO	TIPO DE SELECTORES	RESISTENCIA PERMISIBLE EN OHMIOS	
			CIRCUITOS DE ABONADO INCL. TELEFONO	CIRCUITOS DE UNION
AGF	24	500	1500	1600
AGF	48	500	1800	2000
ARFIO	48	COORDENADAS	1800	2000

CABLES	RESISTENCIA DE BUCLE ohm/Km	ATENUACION A 800 Hz dB/ Km	VALOR RE dB/Km
CABLE SIN PUPINIZAR, 40nF/Km			
COBRE, 0,4 mm	280	1,45	1,60
COBRE, 0,5 mm	178	1,15	1,21
COBRE, 0,6 mm	124	0,96	0,96
CABLE PUPINIZADO, 40 nF/Km (INDUCTANCIA DE BOBINA 74 mH ESPACIADO DE BOBINA 1850 m)			
COBRE, 0,4 mm	283	—	1,23
COBRE, 0,5 mm	181	—	0,79
COBRE, 0,6 mm	127	—	0,55

TABLA I-1 RESISTENCIAS PERMISIBLES Y DATOS DE TRANSMISION PARA CABLES.

Diseñado:



TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO.

Aprobado:



ELECTRONICO.

C A P I T U L O I I

T R A F I C O T E L E F O N I C O E N L A S

C E N T R A L E S U R B A N A S

2.1

INTRODUCCION

La previsión y mantenimiento de un servicio telefónico eficiente depende, como otros servicios públicos, de la seguridad con la cual se puede predecir la demanda pública. Por eso es de suma importancia realizar las mediciones de tráfico en forma correcta y adecuada.

La teoría matemática de las probabilidades que tiene plena justificación dentro de la teoría de tráfico automático, no será completamente efectiva si no va íntimamente ligada con las mediciones prácticas realizadas en centrales telefónicas en servicio.

No hay otro modo de llegar a conocer la calidad del servicio ofrecido al cliente y de encontrar al mismo tiempo la relación exacta entre la cantidad de equipos en operación y la cantidad mínima necesaria para ofrecer el grado de servicio deseado. Sin esta información no es posible controlar la distribución de carga en las centrales en servicio, ni calcular ampliaciones o nuevas centrales económicamente.

Sin embargo la determinación de las mediciones de tráfico requeridas, la frecuencia con que se efectúan y el período de tiempo en que se apliquen, ha de hacerse solamente en base a la experiencia y criterio, tras una evaluación cuidadosa de los datos suficientes para cada central en particular.

No hay diferencia fundamental entre los datos requeridos pa

ra el cálculo de los equipos de una nueva central y los necesarios para el balance efectivo de carga de centrales en servicio del mismo sistema.

2.1.1. Tipos de Tráfico

A continuación vamos a dar los conceptos básicos de los diferentes tipos de tráfico:

- a) Tráfico cursado .- El número promedio de llamadas simultáneas durante un intervalo de tiempo especificado (tráfico despachado).
- b) Tráfico ofrecido .- El número promedio de intentos de llamada que ocurren durante el tiempo medio de ocupación.
- c) Tráfico entrante .- El flujo de tráfico que pasa a través de la red en cuestión, que se origina en otra red, independientemente de su destino.
- d) Tráfico saliente .- El flujo de tráfico que pasa a través de la red en cuestión, cuyo destino es otra red, independientemente de su origen.
- e) Tráfico terminal .- El flujo de tráfico cuyo destino es la red en cuestión.
- f) Tráfico originado .- El flujo de tráfico generado por los abonados dentro de la red en cuestión, cualquiera -

que sea su destino.

- g) Tráfico interno .- El flujo de tráfico originado y terminado dentro de la red en cuestión.
- h) Tráfico de tránsito .- El flujo de tráfico que pasa por la red en cuestión, pero que ni se origina, ni termina en ella.
- i) Volumen de tráfico .- La suma de todos los tiempos de ocupación o de parte de los tiempos de ocupación dentro de un intervalo de tiempo determinado. La unidad de volumen de tráfico es horas -erlang.
- j) Intensidad de tráfico .- El volumen de tráfico por unidad de tiempo. La unidad de intensidad de tráfico es el "erlang", frecuentemente el término intensidad de tráfico se abrevia a "tráfico".
- i) Tráfico de rebose .- El flujo de tráfico que no puede ser cursado por el grupo en cuestión.
- j) Capacidad de Tráfico .- El flujo máximo de tráfico que puede ser tratado por un grupo de órganos, para un valor predeterminado de congestión, tiempo de espera, etc.
- k) Necesidad de tráfico o potencial de tráfico (Demanda de tráfico) .- Es el flujo de tráfico que se podría ofrecer a un sistema de tráfico ideal.

2.2 COMPORTAMIENTO DEL TRAFICO EN LA CENTRAL TELEFONICA

La compilación de datos tiene como finalidad el hacer posible la adaptación continua del sistema telefónico a las necesidades de tráfico, así como también para proyectar la instalación de nuevas centrales.

Las mediciones de tráfico pueden hacerse en forma continua o a intervalos regulares.

Antes de comenzar con una medición de tráfico se determina y es necesario especificar:

- a) variables de medición (qué se ha de medir).
- b) objetos de medición (dónde se ha de medir)
- c) período de medición (cuándo se ha de medir)
- d) precisión de medición (cuánto tiempo se ha de medir).

2.2.1 Sistemas de conmutación

Existen dos tipos de sistemas de cursar el tráfico, sistemas de espera y sistemas de pérdida, en nuestro país se utiliza el segundo, que es aquel sistema de cursar el tráfico en el cual cuando no hay vía libre para la conexión requerida, los intentos de llamada se rechazan inmediatamente. El abonado tendrá que hacer un nuevo intento para establecer la conexión deseada.

Para sistemas de pérdida la probabilidad de que n circuitos estén ocupados en el instante considerado y en el caso de accesibilidad completa ($K = N$) está dado por la expresión:

$$P_n = \frac{A^n}{n!} \frac{1}{\sum_{i=0}^N \frac{A^i}{i!}} \quad (2-1)$$

Donde :

$$n = 1, 2, 3 \dots \dots \dots N$$

Para el caso especial en que $n = N$ esta expresión se transforma en :

$$E_{1,N}(A) = \frac{A^N}{N!} \frac{1}{\sum_{i=0}^N \frac{A^i}{i!}} \quad (2-2) \text{ Primera fórmula de Erlang.}$$

En la cual:

$A =$ tráfico ofrecido

$E_{1,N}(A) =$ la fracción del tiempo en que todos los N órganos están ocupados simultáneamente, se denomina congestión en tiempo.

Si asumimos además que el valor de la congestión en tiempo es igual a la pérdida de llamadas llegamos a la expresión de la denominada fórmula de pérdida de Erlang.

$$E_{1,N}(A) = B = \frac{\frac{A^N}{N!}}{\sum_{i=0}^N \frac{A^i}{i!}} \quad (2-3)$$

La fórmula de pérdida de Erlang para el caso de los sistemas de espera en relación con la fórmula para sistemas de pérdida es :

$$E_{2,N}(A) = \frac{E_{1,N}(A)}{1 - \frac{A}{N} (1 - E_{1,N}(A))} \quad (2-4)$$

A continuación se presenta un diagrama de secuencia para el caso de sistemas de espera y sistemas de pérdida en la figura 2-1.

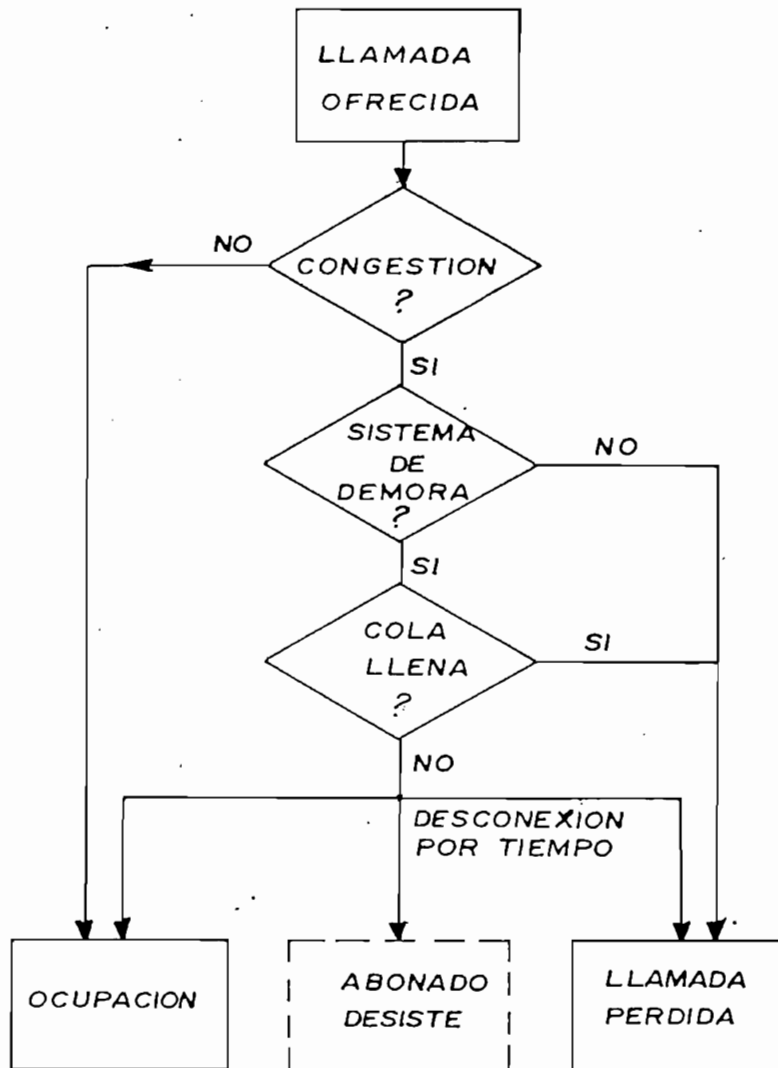
FIG. 2-1 DIAGRAMA DE SECUENCIA PARA SISTEMAS DE PERDIDA Y SISTEMAS DE ESPERA

Diseñado:
[Signature]

TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO

Aprobado:
[Signature]

ELECTRONICO.



2.2.2 El Erlang

El número promedio de llamadas simultáneas en proceso durante un período se conoce como intensidad de tráfico y se mide en la unidad "erlang".

La intensidad de tráfico A , en erlangs, durante un período de tiempo T , puede determinarse por medio del número de llamadas que ocurren L y su tiempo promedio de duración t , en que T y t se expresan en la misma unidad.

Por definición el volumen de tráfico durante un período T es igual a $L \times t$ y también igual al número promedio de llamadas simultáneas A durante el tiempo T , multiplicado por el tiempo T .

$$\text{Volumen de tráfico} = L \times t \quad (2-1)$$

$$\text{Volumen de tráfico} = A \times T \quad (2-2)$$

igualando $L \times t = A \times T$

de donde
$$A = \frac{L \times t}{T} \quad (2-3)$$

La ecuación (2-3) expresa la definición de intensidad de tráfico adoptada por UIT que es :

" La intensidad promedio de tráfico durante un período T de un grupo de órganos, selectores, líneas o cualquier tipo de órganos, es la suma de los tiempos de ocupación dividi-

da por T , mientras estos tiempos de ocupación y el período de tiempo T están expresados en la misma unidad".

Si T es la unidad y t se expresa como una fracción de T , se obtiene :

$$A = L \times t \quad (2-4)$$

2.2.3 Ocupación de los órganos

El uso de una hora como período T da la siguiente definición:

" Un erlang es igual a la intensidad de tráfico de un órgano que está totalmente ocupado durante una hora". El número de erlangs indica entonces, la parte de la hora durante la cual el órgano está ocupado, es decir, si la intensidad de tráfico promedio de un órgano es 0,6 erlang, significa que ese órgano está ocupado 36 minutos en una hora.

Por lo tanto cuando el tráfico es mayor a un erlang, más de un órgano deberá estar ocupado.

2.3 MEDIDORES DE TRAFICO AUTOMATICOS

2.3.1. Aspectos Generales

Existe una gran variedad de medidores de tráfico de los cuales vamos a hablar de :

a) Medidores de tráfico para centrales automáticas con registro en contadores .-

Una central telefónica con este tipo de medidor puede - obtener los siguientes datos :

- número de intentos de llamada.
- número de veces que el último circuito disponible se ocupa.
- número de intentos de llamada durante el tiempo en que todos los circuitos de un grupo están ocupados.

Estos medidores generalmente están incluidos en un equipo de medición de tráfico portatil.

Con este tipo de medidor de tráfico podemos determinar facilmente el tráfico de sobrecarga.

b) Medidores de Tráfico para centrales automáticas para medición automática del uso de troncales .-

Este tipo de equipo sirve para examinar la ocupación individual de selectores, conectores o troncales de un grupo, con grabación del número de circuitos ocupados en un intervalo tan corto como 10 segundos (programable). Desgraciadamente, este tipo de equipo mide solamente tráfico cursado por la ruta o el número de circuitos en cuestión.

c) Medidores de Tráfico para centrales automáticas con registro en papel .-

Este tipo de medidor de tráfico usa veinte plumas para indicar en un papel móvil el tiempo de ocupación de cada circuito o troncal en el período de observación.

Este tipo de medidor de tráfico nos da una idea bastante real de tiempos de ocupación de las troncales y del comportamiento de una determinada comunidad en el uso del servicio telefónico. Para determinar las conveniencias de una administración, en otras palabras si el servicio prestado debe o no tener tasación por tiempo.

d) Medidor de tráfico electrónico para centrales automáticas .-

Este equipo de medición puede rastrear sobre cincuenta puntos al mismo tiempo.

La información puede ser almacenada por escritura en papel si es necesario.

Impresión del número de circuitos ocupados en cada rastro y al mismo tiempo impresión del tráfico individual en cada línea de conexión con sumas parciales de cada 10 rastreos.

Medición en ciclos de 1,3 o 6 minutos y uso universal en líneas troncales, equipos de control y selección.

Durante los años 1.975 a 1.978 se terminó la entrega e instalación de los equipos de medición de tráfico en las centrales telefónicas urbanas del tipo ARF de la ciudad de Quito. Faltando por instalarse y adquirirse en algunos casos los equipos de medición para las centrales tipo AGF como se detalla a continuación :

C e n t r a l	Sistema	Capacidad	Equipo de Me dición
Villa Flora 1	AGF	10.000	no
Villa Flora 2	ARF	2.000	equipo fijo
Quito Centro 1	AGF	10.000	no
Quito Centro 2	ARF	10.000	equipo fijo
Mariscal Sucre 1	AGF	10.000	no
Mariscal Sucre 2	ARF	10.000	equipo fijo
Mariscal Sucre 3	ARF	8.000	equipo fijo
Iñaquito 1	AGF	10.000	no
Iñaquito 2	ARF	4.000	equipo fijo
Cotocollao	ARF	5.000	equipo portátil

2.3.2 Descripción de funciones

El equipo de medición de tráfico TM de la Compañía L.M. Ericson consta de tres unidades TMVS, TMA y TMB de las cuales -

Las dos primeras son dos juegos de relés con funciones específicas de conmutación y la última que consta de varios circuitos impresos, un oscilador de $10 \text{ Hz} \pm 0,1 \text{ Hz}$ y 4 unidades de indicadores (comparadores) Ver figura 2-2.

Con la ayuda de este medidor de tráfico se obtiene la intensidad de tráfico en unidades erlang, en contadores que corresponden a los grupos de órganos conectados.

El medidor está dimensionado para una medición simultánea de 60 grupos de órganos con un máximo de 20 órganos por grupo.

Mediante un selector se puede escoger uno de cuatro programas correspondientes a cuatro grupos de órganos de 60×20 . Existe además una clavija para puentes con el objeto de obtener la medición de grupos superiores a 20 órganos en un solo contador.

Todos los órganos de conexión deben estar provistos de resistencias de $9,6 \text{ K}\Omega$ que se conectan a positivo durante todo el tiempo de ocupación del órgano.

El equipo de medición explora los conductores de medición conectados desde la central en grupos de cuatro al mismo tiempo, y emite al contador correspondiente la cantidad de impulso que corresponde a la cantidad de resistencias TKT conectadas en paralelo en ese momento a cada conductor.

Esta exploración se realiza con una periodicidad de 100 veces por hora para cada conductor, por lo tanto el resultado

de los contadores indicará la intensidad media de tráfico en centésimas de erlang.

Puesto que los impulsos de cómputo salen por los hilos - (1-15), (16-30), (31-45) y (46-60) por turno, se puede con centrar en la clavija de puentes los hilos 1, 2, 3 en un solo contador en caso que correspondan a un mismo grupo de órganos y en caso de vías a una misma vía.

Los hilos 1, 6, 31 y 46 no se pueden concentrar pues los impulsos serán emitidos simultáneamente.

La misión de la unidad de indicador es la de comparar la tensión de entrada en A14. Figura 2-3, en el transistor (4) con la tensión desde el divisor de tensión de comparación. El instante en que el número de resistencias TKT (que varía de acuerdo al número de órganos ocupados en ese instante) es igual al número de resistencias TKT de comparación se obtiene que la tensión de entrada es igual a la mitad de la tensión de batería.

La resistencia (19) es una resistencia de compensación pa ra las resistencias de hilo de $0-5\Omega$ en serie con las resistencias TKT de comparación.

Los transistores (4) y (5) podrían recibir la misma tensión básica en sus bases, esto no se produce porque se ha conectado una resistencia (17) de manera que siempre habrá una diferencia de tensión básica aunque las resistencias TKT y de comparación sean iguales, el transistor cu-

ya base sea negativa conducirá.

Conectemos las resistencias TKT a positivo y la resistencia (17) a negativo.

En el caso en que el número de resistencias TKT es mayor al número de resistencias de comparación, la base del transistor (4) será positiva y por lo tanto está bloqueado y el transistor (5) estará inicialmente conduciendo.

La base del transistor (6) deberá conectarse al colector de (5) que es conductor antes del cambio y por lo tanto a positivo. El transistor (6) conduce y opera el relé (8) que cierra los contactos A11 y A12 y se emite por él los impulsos al contador en compás con la conexión de resistencias de comparación.

El momento que las resistencias TKT y de comparación se igualan conduce el transistor (4) y se abre el transistor (5); desprende el relé (8) y cesa la emisión de impulsos de cómputo hacia los contadores.

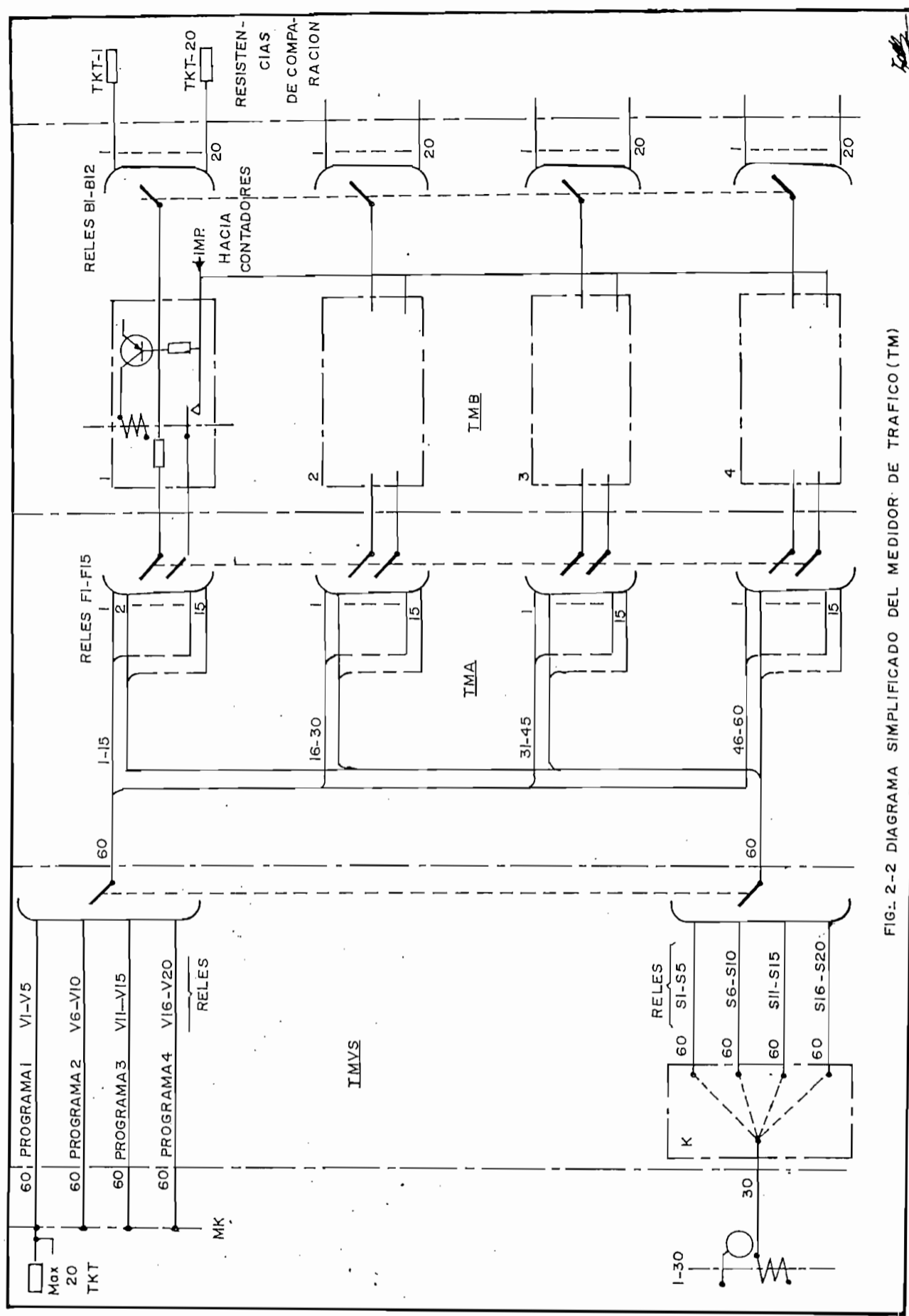


FIG- 2-2 DIAGRAMA SIMPLIFICADO DEL MEDIDOR DE TRAFICO (TM)

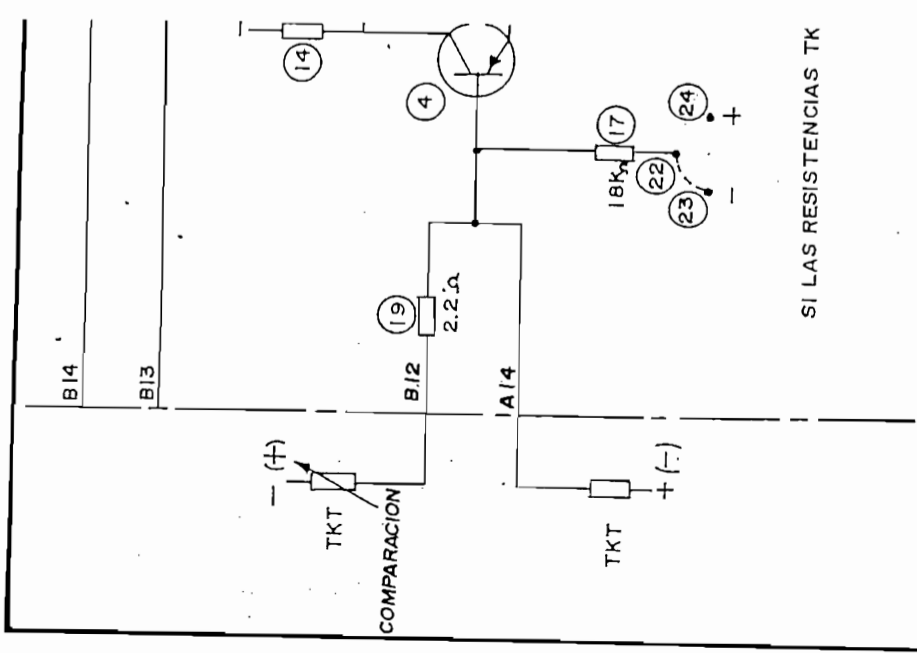


FIG- 2-3 UNIDAD DE INDICADOR

Diseñado: *[Signature]*
 TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRONICO.
 Aprobado: *[Signature]*

HACIA DE	Abonados	QC 1	QC 2	QC 3	MS 1	MS 2	MS 3	MS 4	IQ 1	IQ 2	IQ 3	VF 1	VF 2	CC	SR	LL	AN	T
Quito Centro 1	10.000	94			120	120	42		60	16		66	18	22				
Quito Centro 2	10.000	92			76	80	50		50	12		70	18	30				
Quito Centro 3																		
Mariscal Sucre 1	10.000	120	70		160	90	90		100	20		80	16	30				
Mariscal Sucre 2	10.000	136	76		160	90	90		116	16		48	16	24				
Mariscal Sucre 3	8.000	60	62		88	90			60	12		50	16	20				
Mariscal Sucre 4																		
Iñaquito 1	10.000	80	60		120	80	46			40		40	12	40				
Iñaquito 2	4.000	20	16		24	28	14		40			14	10	16				
Iñaquito 3																		
Villa Flora 1	10.000	85	50		75	76	40		32	12			18	20				
Villa Flora 2	2.000	18	20		16	16	16		14	6		20		10				
Cotacollao	5.000	20	28		22	20	22		36	12		20	10					
Santa Rita																		
La Luz																		
Andalucia																		
Tandem																		

Tabla 2-2 MATRIZ DEL NUMERO DE CIRCUITOS TRONCALES A JUNIO DE 1978

HACIA DE	Abonados	QC 1	QC 2	QC 3	MS 1	MS 2	MS 3	MS 4	IQ 1	IQ 2	IQ 3	VF 1	VF 2	CC	SR	LL	AN	T
Quito Centro 1	10.000		0,103		<0,1	<0,1	23,98		<0,1	8,75		0,106	<0,1	25,58				
Quito Centro 2	10.000	0,2			<0,1	<0,1	0,1		0,1	16,05		<0,1	<0,1	<0,1				
Quito Centro 3																		
Mariscal Sucre 1	10.000	<0,1	<0,1		<0,1	<0,1	5,65		0,16	13,5		<0,1	<0,1	5,76				
Mariscal Sucre 2	10.000	<0,1	<0,1		<0,1		3,59		<0,1	23,43		3,58	<0,1	20				
Mariscal Sucre 3	8.000	<0,1	<0,1		0,45	0,29			0,58	23,7		<0,1	<0,1	25,58				
Mariscal Sucre 4																		
Ñaquito 1	10.000	<0,1	<0,1		<0,1	3,79	21,77			0,29		4,14	3,05	1,2				
Ñaquito 2	4.000	1	1,1		13,62	8,44	2		0,29			2	<0,1	23,43				
Ñaquito 3																		
Villa Flora 1	10.000	<0,1	0,27		<0,1	<0,1	<0,1		25,31	33,7			1,5	6,67				
Villa Flora 2	2.000	<0,1	<0,1		<0,1	<0,1	<0,1		<0,1	<0,1		1		<0,1				
Cotacollo	5.000	16	<0,1		25,58	13,50	25,58		1,81	33,7		1	<0,1					
Santa Rita																		
La Luz																		
Andalucia																		
Tandem																		

Tabla 2-3 MATRIZ DE CONGESTION APROXIMADA A JUNIO DE 1978 EN %

2.4. JUSTIFICACION DEL SISTEMA A UTILIZARSE

De los resultados obtenidos en el subcapítulo 2.3.4 podemos concluir que:

a) La congestión varía de valores menores al 1 por mil a - valores de 33.7 por ciento, si consideramos que la congestión que podemos admitir en las vías es de hasta el 5 por ciento, podemos decir que muchas vías en la actualidad están congestionadas.

Fuera de esta razón de peso podemos anotar además que:

b) La reserva en cables troncales es insignificante en ciertos tramos y nulo en otros; y sobre todo dichos cables troncales cruzan sectores en los cuales se han completa- do las obras de pavimentación y por lo tanto se presen- tan muchas dificultades si se quiere aumentar la red tron- cal de la ciudad aparte del desembolso económico que representa dicho aumento.

c) Por las condiciones pésimas de nuestra red troncal en la cual existen problemas muy graves de humedad y por lo tanto de deficiencias en aislamiento sobre todo en los meses de invierno, no se podrá implementar un sistema de PCM - que podría resolver el problema que nos ocupa, además del alto costo que representa dicha implementación y que ya - fue ensayada por el IETEL en la ciudad de Guayaquil sin -

resultados positivos.

El sistema PCM, parte del modelo eléctrico analógico del habla. La amplitud de la corriente se codifica en forma digital, que se transmite al lado receptor en donde se reproduce la señal de habla analógica eléctrica.

El grupo de 60 conversaciones son almacenadas juntas (frecuencias de 312- a 552 KHz.) mucho mayor que las frecuencias del habla (de 300 a 3.400 Hz.).

- d) Los ingresos en telefonía de la región 1 en los años 1.974, 1.975 y 1.976 que fueron de 10'677.000 sucres, 10'384.000 y 9'433.000 sucres respectivamente, y que a pesar del aumento del número de abonados las rentas por concepto de servicio han ido disminuyendo paulatinamente, esto se debe en gran parte a que el tráfico total cursado ha disminuído.

Pero lo más grave de todo no es esto sino el pésimo servicio que se está ofreciendo al usuario.

Una manera de resolver este problema sería la instalación de una central telefónica tandem que mejore el servicio especialmente en el punto más neurálgico, cual es el de las rutas intercentrales.

C A P I T U L O I I I

D I M E N S I O N A M I E N T O D E L A

C E N T R A L T A N D E M

3.1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

La figura 3-1 muestra un esquema de vías de tráfico de dos - centrales que emplean una central tandem para el desarrollo del tráfico de rebose o tráfico de sobrecarga.

Cuando un abonado de la central 1, llama a un abonado de la central 2, la llamada es dirigida normalmente por la vía directa (1), no obstante si el GVM encuentra por una u otra razón, que no hay líneas accesibles en la vía directa, la llamada es automáticamente conectada para probar la vía alternativa (2) hacia la central tandem, o central de reencaminamiento del tráfico.

El equipo común del selector de grupo tandem GVM pide información al registrador de origen REG-L, que le posibilite conectar el GV-T de la central tandem a una línea en la vía a la central 2. El proceso de conmutación en la central 2, es similar al que se ha descrito en el subcapítulo 1.1. 2.1.

Si el GVM en la central 1 no encontrará líneas libres en la vía directa y tampoco en la vía alternativa se emite señal - de congestión al registrador de la misma central y todos los pasos de selector y equipo común afectado, se desconectan.

Se emite tono de ocupado al abonado que llama, desde su propio equipo de línea.

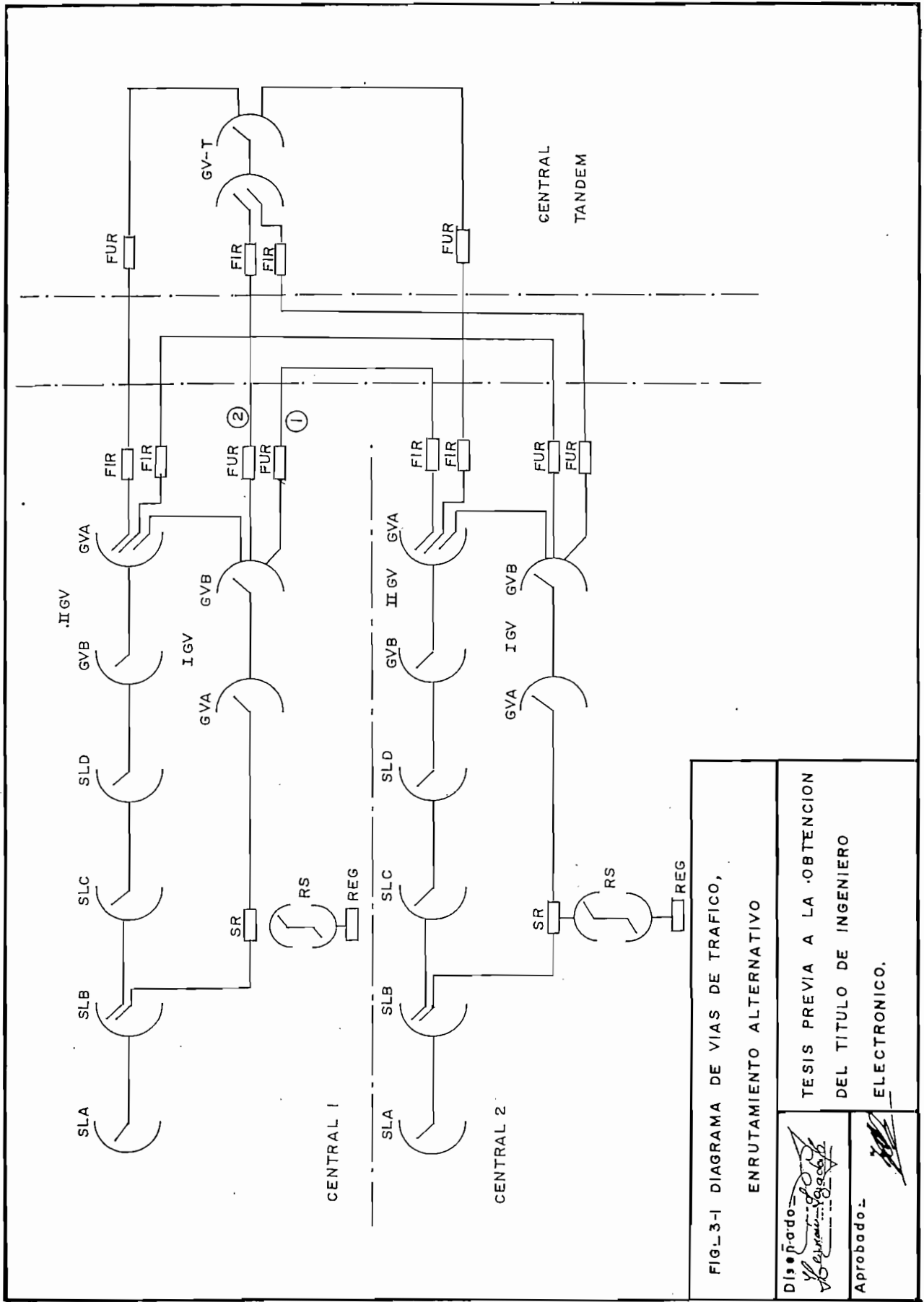


FIG.3-1 DIAGRAMA DE VIAS DE TRAFICO,
ENRUTAMIENTO ALTERNATIVO

Disenado:
[Signature]
 Aprobado:
[Signature]

TESIS PREVIA A LA OBTENCION
 DEL TITULO DE INGENIERO
 ELECTRONICO.

3.1.1 Ventajas de la incorporación de una central tandem en la red local

La experiencia muestra que cuando hay varias centrales trabajando en una misma área local, puede hacerse considerables ahorros en cuanto a la red telefónica, si se emplea la facilidad de vías alternativas. Estos ahorros incluyen cables, circuitos de líneas y selectores.

En una red donde se emplea la facilidad de vías alternativas, hay dos clases de vías entre las centrales: la vía directa y la vía alternativa.

Las vías directas son las vías de primera selección, que están dimensionadas para alta congestión e implican un buen aprovechamiento. Cuando están ocupadas todas las líneas de la vía directa, se selecciona automáticamente una vía alternativa. La vía alternativa termina en una central tandem, vía la cual es dirigida la llamada a la central de destino. La vía alternativa que está dimensionada para baja congestión normalmente lleva el tráfico terminal hacia la central tandem, así como el tráfico de sobrecarga desde varias vías directas de alta congestión. De esta manera puede lograrse grandes ahorros en la costosa red de líneas de enlace.

Los estudios efectuados sobre las variaciones en la carga de tráfico durante el día, muestran que las horas de mayor tráfico no coinciden en todas las centrales de la misma área.

La ventaja de Ésto puede aprovecharse al dimensionar una red telefónica local, teniendo en cuenta la facilidad de enrutamiento alternativo.

La facilidad del enrutamiento alternativo contribuye también a la seguridad de la red telefónica local. Las averías en un cable, entre dos centrales que únicamente están enlazadas por vías directas, tienen como consecuencia el que se corte algunas o todas las comunicaciones entre las centrales, dependiendo de la estructura de la red, causando con Ésto que jas de los abonados y pérdida de los ingresos.

No obstante, la facilidad del enrutamiento alternativo, reen camina el tráfico entre centrales por una vía alternativa pa sando por otra central.

3.2. PROBLEMAS BASICOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO

Para el dimensionamiento de la central telefónica tandem para la ciudad de Quito - Ecuador se utilizará la teoría desarrollada por Yngve Rapp y Wilkinson para lo cual necesitamos como datos previos.

- a) Tráfico ofrecido a las vías intercentrales en 1.978
- b) Proyección de Tráfico futuro a 1.982
- c) Ubicación de la central tandem
- d) Costos incrementales
- e) Relación de costos incrementales

f) Factor de mejora.

3.2.1 Tráfico Ofrecido

El tráfico medido, es el tráfico cursado en cada vía, pero no el tráfico ofrecido a la misma, por ello es necesario para fines de proyección calcular este tráfico ofrecido que se lo puede hacer en forma aproximada si consideramos:

$$T. \text{ ofrecido} = \frac{T \text{ cursado}}{1-B} * \quad (3-1)$$

Ejemplo:

Tráfico cursado desde la central Quito Centro 1 a Mariscal Sucre 3 = 40 Erlangs (ver tabla 2-1)

Número de circuitos troncales = 42 (ver tabla 2-2)

Congestión aproximada = 23,98 % (ver tabla 2-3)

$$\text{Tráfico ofrecido} = \frac{40 \text{ Erlangs}}{1 - 0,2398} \approx 53 \text{ Erlangs.}$$

De la misma manera sacamos los otros valores del tráfico ofrecido como podemos ver en la tabla 3-1 que se muestra a continuación.

* Deducción de fórmulas en el Anexo C

HACIA DE	Abonados	QC 1	QC 2	QC 3	MS 1	MS 2	MS 3	MS 4	IO 1	IO 2	IO 3	VF 1	VF 2	CC	SR	LL	AN	T
Quito Centro 1	10.000	60			45	55	53		35	13		41	8	27				
Quito Centro 2	10.000	60			35	40	29		25	12		33	6	13				
Quito Centro 3																		
Mariscal Sucre 1	10.000	43	35			84	77		65	20		30	4	24				
Mariscal Sucre 2	10.000	50	40		91		73		61	20		37	5	29				
Mariscal Sucre 3	8.000	32	32		60	60			40	14		25	4	27				
Mariscal Sucre 4																		
Iñaquito 1	10.000	33	28		65	64	58			24		31	5	27				
Iñaquito 2	4.000	12	9		24	25	12		24			12	2	20				
Iñaquito 3																		
Villa Flora 1	10.000	41	31		30	39	24		40	15			11	16				
Villa Flora 2	2.000	7	7		5	5	4		4	2		12		2				
Catocollo	5.000	21	15		27	20	27		27	15		12	3					
Santa Rita																		
La Luz																		
Andalucia																		
Tondem																		
TOTAL	79.000																	

Tabla 3-1 MATRIZ DE TRAFICO OFRECIDO (ERLANGS) A JUNIO DE 1978 EN LA CIUDAD DE QUITO

3.2.2 Distribución proporcional del tráfico

Vamos a considerar el caso teórico en el cual la distribución de tráfico se asume como proporcional.

En otras palabras que el tráfico a_{ij} entre las centrales i y j es :

$$a_{ij} = \frac{A_i \times B_j}{T} \quad (3-2)$$

Expresión en la cual:

A_i tráfico originado por la central A

B_j tráfico terminal en la central B

T tráfico originado total (= tráfico terminal total).

Por ejemplo para el caso de tres centrales la matriz de tráfico que se obtiene será:

.....

A1	$\frac{A1B1}{T}$	$\frac{A1B2}{T}$	$\frac{A1B3}{T}$
A2	$\frac{A2B1}{T}$	$\frac{A2B2}{T}$	$\frac{A2B3}{T}$
A3	$\frac{A3B1}{T}$	$\frac{A3B2}{T}$	$\frac{A3B3}{T}$
T	B1	B2	B3

Si asumimos más aún que el tráfico originado y el tráfico terminal para cada central es igual ($A_i = B_i$) siendo $i = 1, 2, 3, \dots$ la matriz de tráfico es simétrica y :

$$a_{ij} = a_{ji} = \frac{A_i A_j}{T} \quad (3-3)$$

3.2.3 Proyección del tráfico futuro

El problema es determinar el tráfico intercentrales para el año 1.982 en el que según el plan quinquenal del IETEL años 1.979 - 1.983 contaremos con las siguientes centrales locales en Quito distribuidas de acuerdo a la figura 3-2 y cuyas capacidades se dan a continuación :

<u>C E N T R A L</u>	<u>SISTEMA</u>	<u>CAPACIDAD</u>
Villa Flora 1	AGF	10.000
Villa Flora 2	ARF	6.000
Quito Centro 1	AGF	10.000
Quito Centro 2	ARF	10.000
Quito Centro 3	ARF	7.000
Mariscal Sucre 1	AGF	10.000
Mariscal Sucre 2	ARF	10.000
Mariscal Sucre 3	ARF	10.000
Mariscal Sucre 4	ARF	8.000
Iñaquito 1	AGF	10.000
Iñaquito 2	ARF	10.000
Iñaquito 3	ARF	5.000
Cotacollao	ARF	10.000
Santa Rita	ARF	3.000
La Luz	ARF	7.000
Andalucía	ARF	4.000
Carcelén	ARF	2.000
T O T A L		132.000
=====		(abonados)

Para esto vamos a aplicar la fórmula:

$$a_{ij} = a_{ij}^{\circ} \frac{N_i N_j}{N_i^{\circ} N_j^{\circ}} \frac{N_i^{\circ} + N_j^{\circ}}{N_i + N_j} \quad (3-4)$$

Y cuya deducción podemos ver en el Anexo C.

Ejemplo :

Calculemos la proyección de tráfico a 1.982 en el enlace -
Quito Centro 1 - Mariscal Sucre 3.

Datos :

$$a_{ij}^{\circ} = 53 \text{ Erlangs (tabla 3-1)}$$

$$N_i^{\circ} = 10.000 \text{ abonados (tabla 3-1)}$$

$$N_j^{\circ} = 8.000 \text{ abonados (tabla 3-1)}$$

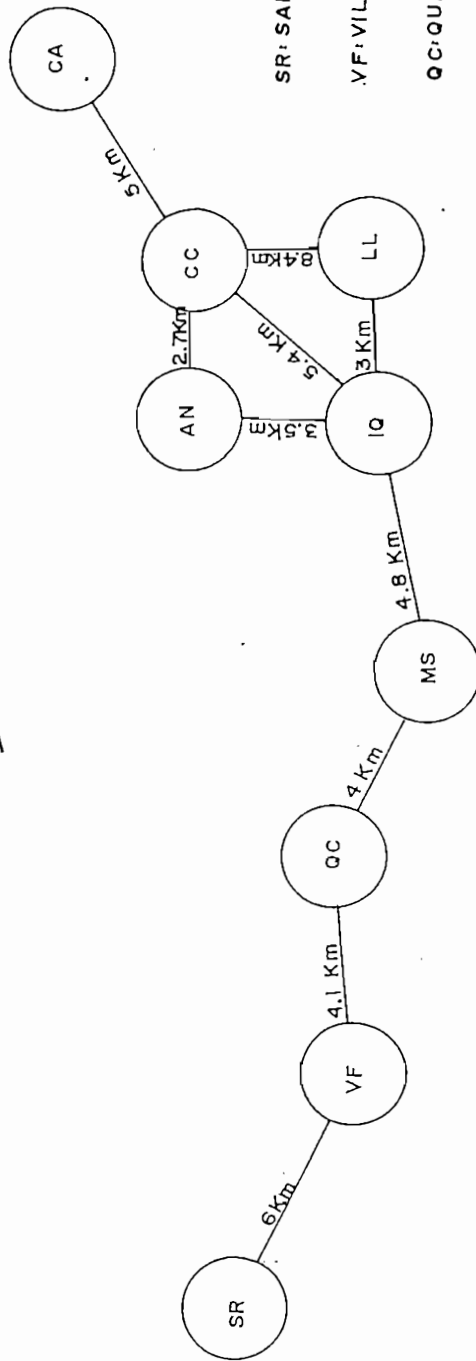
$$N_i = 10.000 \text{ abonados en 1.982}$$

$$N_j = 10.000 \text{ abonados en 1.982}$$

$$a_{ij} = 53 \times \frac{10.000 \times 10.000}{10.000 \times 8.000} \times \frac{10.000 + 8.000}{10.000 + 10.000} = 59,6$$

$$a_{ij} \approx 60 \text{ Erlangs.}$$

De igual manera calculamos para el resto de enlaces y los -
resultados se resumen en la tabla 3-2.



SR: SANTA RITA

VF: VILLA FLORA

QC: QUITO CENTRO ..

MS: MARISCAL SUCRE

IO: INAQUITO

CC: COTOCOLLAO

LL: LA LUZ

AN: ANDALUCIA

CA: CARCELEN

6Km, 4.1Km.....: LONGITUD DE LOS CABLES TRONCALES

<p>FIG. 3-2 CONFIGURACION DE LAS CENTRALES TELEFONICAS DE QUITO A 1982</p>	
<p>Disñado:</p> <p><i>[Signature]</i></p>	<p>TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO ELECTRONICO.</p>
<p>Aprobado:</p> <p><i>[Signature]</i></p>	

DE \ HACIA	Abonados	QC1	QC2	QC3	MS1	MS2	MS3	MS4	IQ1	IQ2	IQ3	VF1	VF2	CC	SR	LL	AN	CA	T
Quito Centro 1	10.000		60	42	45	55	60	48	35	23	12	41	18	41	9	17	16	8	
Quito Centro 2	10.000	60		42	35	40	33	26	25	21	11	33	14	20	7	15	8	4	
Quito Centro 3	7.000	42	42		25	28	23	18	18	15	8	23	10	14	5	11	6	3	
Mariscal Sucre 1	10.000	43	35	25		84	87	70	65	35	18	30	9	36	5	25	14	7	
Mariscal Sucre 2	10.000	50	40	28	91		82	66	61	35	18	37	11	44	6	25	18	9	
Mariscal Sucre 3	10.000	36	36	25	68	68		54	45	26	13	28	9	44	5	18	18	9	
Mariscal Sucre 4	8.000	29	29	20	54	54	54		36	21	10	22	7	35	4	14	14	7	
Ñauquito 1	10.000	33	28	20	65	64	65	52		42	21	31	11	41	6	29	16	8	
Ñauquito 2	10.000	21	16	11	42	44	23	18	42		21	21	6	45	4	29	18	9	
Ñauquito 3	5.000	11	8	6	21	22	12	9	21	21		11	4	23	3	15	9	5	
Villa Flora 1	10.000	41	31	22	30	39	27	22	40	26	13		25	24	13	18	10	5	
Villa Flora 2	6.000	16	16	11	11	11	9	7	9	6	4	27		5	8	6	2	2	
Cotacollo	10.000	32	23	16	41	30	44	35	41	34	17	18	8		4	24	9	5	
Santa Rita	3.000	8	8	6	6	6	5	4	5	4	3	14	8	3		4	2	2	
La Luz	7.000	15	11	8	29	31	17	13	29	29	11	15	6	32	4		13	7	
Andalucia	4.000	13	9	6	16	12	18	14	16	14	7	7	3	9	2	10		2	
Carcelen	2.000	7	5	3	8	6	9	7	8	7	4	4	2	5	2	5	2		
Tandem																			
TOTAL	132.000																		

TABLA 3-2 MATRIZ DE PROYECCION DEL TRAFICO (ERLANGS) A 1982

3.2.4 Ubicación de la Central Tandem

La central tandem deberá ser ubicada en el edificio donde se encuentran instaladas las centrales Mariscal Sucre 1, 2 y 3 por las siguientes razones :

- a) Que el tráfico generado por las centrales localizadas en este sitio es el más alto del sistema.
- b) Que es el sitio de central con mayor número de abonados. (38.000 en el año 1.982), de los cuales hacia los 28.000 abonados es necesario solamente un enlace a tres hilos, lo que representa un ahorro bastante significativo en cables troncales y sobre todo en repetidores.
- c) Que este lugar es el centro geográfico del Quito actual y sobre todo que el interés de los ciudadanos de nuestra ciudad se ha desplazado a la zona norte, la cual contará a corto plazo con un número mayor de abonados, lo que no ocurre con las zonas centro y sur de Quito.
- d) Que existe en la actualidad disponibilidad de un local - apropiado y suficiente suministro de energía eléctrica , tanto de la red pública como del motogenerador de emergencia.
- e) Que los cables troncales que llegan a este sitio de central están en mejores condiciones que aquellos que llegan a las centrales telefónicas del centro histórico de Quito y por lo tanto las posibilidades de que esta cen -

tral quede parcial o totalmente paralizada por deficiencias de red es menor.

3.3 COSTOS INCREMENTALES

Los costos incrementales son determinados por el precio de los terminales por circuito y el precio de la red troncal.

a) Costos de los terminales por circuito

En este rubro constan repetidores, parte proporcional de los bastidores para estos repetidores y entrada en el paso GV de acuerdo a los últimos precios fijados por la Compañía L.M. Ericsson en el contrato 13-08 de Diciembre de 1.976 - 80.000 líneas.

ARF	ARF	12.900	Sucres
ARF	AGF	35.500	Sucres
ARF	ARM	25.300	Sucres
ARM	ARF	34.100	Sucres
ARM	AGF	56.700	Sucres
AGF	ARF	14.800	Sucres
AGF	AGF	37.400	Sucres
AGF	ARM	27.200	Sucres

Los tres últimos valores no se tomarán en cuenta pues el sistema AGF no tiene posibilidad de enrutamiento alternativo, porque su registro no está diseñado para este tipo de trabajo.

b) Costos de la red troncal

En este rubro consta el precio de canalización, cables, rotura y reposición ya sea de hormigón o asfalto llegando a un costo aproximado de 760 sucres por par y por kilómetro y si consideramos aproximadamente un 30 % de reserva llegamos al costo de más o menos 1.000 sucres.

Para los enlaces físicos el costo incremental es :

$$C_{ij} = bl + c \quad (3-5)$$

b = costo de red troncal por par y por kilómetro

l = longitud entre centrales

c = costos de los terminales por circuito

Ejemplo :

Para el enlace Quito Centro 2 (ARF) - Mariscal Sucre 3 - (ARF), el costo incremental por circuito adicional será:

Costo de terminales por circuito : 12.900 sucres.

Costo por par de hilos y por kilómetro : 1.000 sucres.

Distancia entre centrales : 4 kilómetros (tabla 3-3)

$$C_{ij} = (1.000 \times 4) \text{ sucres} + 12.900 \text{ sucres} = 16.900 \text{ sucres.}$$

A continuación presentamos las tablas 3-3 y 3-4 en las que constan longitud del cable troncal y costos incrementales

tales tomando en consideración que la central tandem irá ubicada en un local adyacente a la central Mariscal Sucre 4.

HACIA DE	Abonados	QC 1	QC 2	QC 3	MS 1	MS 2	MS 3	MS 4	IQ 1	IQ 2	IQ 3	VF 1	VF 2	CC	SR	LL	AN	CA	T
Quito Centro 1	10.000				4,0	4,0	4,0	4,0	8,8	8,8	8,8	4,1	4,1	14,2	10,1	11,8	12,3	19,2	4,0
Quito Centro 2	10.000				4,0	4,0	4,0	4,0	8,8	8,8	8,8	4,1	4,1	14,2	10,1	11,8	12,3	19,2	4,0
Quito Centro 3	7.000				4,0	4,0	4,0	4,0	8,8	8,8	8,8	4,1	4,1	14,2	10,1	11,8	12,3	19,2	4,0
Mariscal Sucre 1	10.000	4,0	4,0	4,0					4,8	4,8	4,8	8,1	8,1	10,2	14,1	7,8	8,3	15,2	
Mariscal Sucre 2	10.000	4,0	4,0	4,0					4,8	4,8	4,8	8,1	8,1	10,2	14,1	7,8	8,3	15,2	
Mariscal Sucre 3	10.000	4,0	4,0	4,0					4,8	4,8	4,8	8,1	8,1	10,2	14,1	7,8	8,3	15,2	
Mariscal Sucre 4	8.000	4,0	4,0	4,0					4,8	4,8	4,8	8,1	8,1	10,2	14,1	7,8	8,3	15,2	
Iñaquito 1	10.000	8,8	8,8	8,8	4,8	4,8	4,8	4,8				12,9	12,9	5,4	18,9	3,0	3,5	10,4	4,8
Iñaquito 2	10.000	8,8	8,8	8,8	4,8	4,8	4,8	4,8				12,9	12,9	5,4	18,9	3,0	3,5	10,4	4,8
Iñaquito 3	5.000	8,8	8,8	8,8	4,8	4,8	4,8	4,8				12,9	12,9	5,4	18,9	3,0	3,5	10,4	4,8
Villa Flora 1	10.000	4,1	4,1	4,1	8,1	8,1	8,1	8,1	12,9	12,9	12,9			18,3	6,0	15,9	16,4	23,3	8,1
Villa Flora 2	6.000	4,1	4,1	4,1	8,1	8,1	8,1	8,1	12,9	12,9	12,9			18,3	6,0	15,9	16,4	23,3	8,1
Cotacollo	10.000	14,2	14,2	14,2	10,2	10,2	10,2	10,2	5,4	5,4	5,4	18,3	18,3		24,3	8,4	2,7	5,0	10,2
Santa Rita	3.000	10,1	10,1	10,1	14,1	14,1	14,1	14,1	18,9	18,9	18,9	6,0	6,0	24,3		21,9	22,4	29,3	14,1
La Luz	7.000	11,8	11,8	11,8	7,8	7,8	7,8	7,8	3,0	3,0	3,0	15,9	15,9	8,4	21,9		6,5	13,4	7,8
Andaluca	4.000	12,3	12,3	12,3	8,3	8,3	8,3	8,3	3,5	3,5	3,5	16,4	16,4	2,7	22,4	6,5		7,7	8,3
Carcelen	2.000	19,2	19,2	19,2	15,2	15,2	15,2	15,2	10,4	10,4	10,4	23,3	23,3	5,0	29,3	13,4	7,7		15,2
Tandem		4,0	4,0	4,0					4,8	4,8	4,8	8,1	8,1	10,2	14,1	7,8	8,3	15,2	
TOTAL	132.000																		

TABLA 3 -3 MATRIZ DE LONGITUD DE CABLES TRONCALES (Km)

HACIA DE	Abonados	QC 1	QC 2	QC 3	MS 1	MS 2	MS 3	MS 4	IQ 1	IQ 2	IQ 3	VF 1	VF 2	CC	SR	LL	AN	CA	T
Quito Centro 1	10.000																		
Quito Centro 2	10.000				39,5	16,9	16,9	16,9	44,3	21,7	21,7	39,6	17,0	27,1	23,0	24,7	25,2	32,1	16,9
Quito Centro 3	7.000				39,5	16,9	16,9	16,9	44,3	21,7	21,7	39,6	17,0	27,1	23,0	24,7	25,2	32,1	16,9
Mariscal Sucre 1	10.000																		
Mariscal Sucre 2	10.000	39,5	16,9	16,9					40,3	17,7	17,7	43,6	21,0	23,1	27,0	20,7	21,2	28,1	5,4
Mariscal Sucre 3	10.000	39,5	16,9	16,9					40,3	17,7	17,7	43,6	21,0	23,1	27,0	20,7	21,2	28,1	5,4
Mariscal Sucre 4	8.000	39,5	16,9	16,9					40,3	17,7	17,7	43,6	21,0	23,1	27,0	20,7	21,2	28,1	5,4
Iñaquito 1	10.000																		
Iñaquito 2	10.000	44,3	21,7	21,7	40,3	17,7	17,7	17,7				48,4	25,8	25,8	31,8	15,9	16,4	23,3	17,7
Iñaquito 3	5.000	44,3	21,7	21,7	40,3	17,7	17,7	17,7				48,4	25,8	25,8	31,8	15,9	16,4	23,3	17,7
Villa Flora 1	10.000																		
Villa Flora 2	6.000	39,6	17,0	17,0	43,5	21,0	21,0	21,0	48,4	25,8	25,8			31,2	18,9	28,8	29,3	36,2	21,0
Catocollao	10.000	49,7	27,1	27,1	45,7	23,1	23,1	23,1	40,9	18,3	18,3	53,8	31,2		37,2	21,3	15,6	17,9	23,1
Santa Rita	3.000	45,6	23,0	23,0	49,6	27,0	27,0	27,0	54,4	31,8	31,8	41,5	18,9	37,2		34,8	35,3	42,2	27,0
La Luz	7.000	47,3	24,7	24,7	43,3	20,7	20,7	20,7	38,5	15,9	15,9	51,4	28,8	21,3	34,8		19,4	26,3	20,7
Andalucía	4.000	47,8	25,2	25,2	43,8	21,2	21,2	21,2	39,0	16,4	16,4	51,9	29,3	15,6	35,3	19,4		20,6	21,2
Carcelen	2.000	54,7	32,1	32,1	50,7	28,1	28,1	28,1	45,9	23,3	23,3	58,8	36,2	17,9	42,2	26,3	20,6		28,1
Tandem		39,5	16,9	16,9	33,5	5,4	5,4	5,4	40,3	17,7	17,7	43,6	21,0	23,1	27,0	20,7	21,2	28,1	
TOTAL	132.000																		

TABLA 3 - 4 MATRIZ DE COSTOS INCREMENTALES (En miles de sueres) Cij

3.3.1 Relación de costos incrementales

El tipo de enlace que se ha de emplear entre dos centrales, tandem (T) de alta congestión (H) o enlace directo (D) está determinado principalmente por el tráfico ofrecido a la vía y la relación de costos podemos ver en la figura 3-3.

Esta relación de costos incrementales está determinada por la fórmula:

$$E_{ij} = \frac{C_{ij}}{C_{it} + C_{tj}} \quad (3-6)$$

E_{ij} relación de costos incrementales .

C_{ij} costo incremental de la central i a la central j .

C_{it} costo incremental de la central i a la central tandem .

C_{tj} costo incremental de la central tandem a la central j .

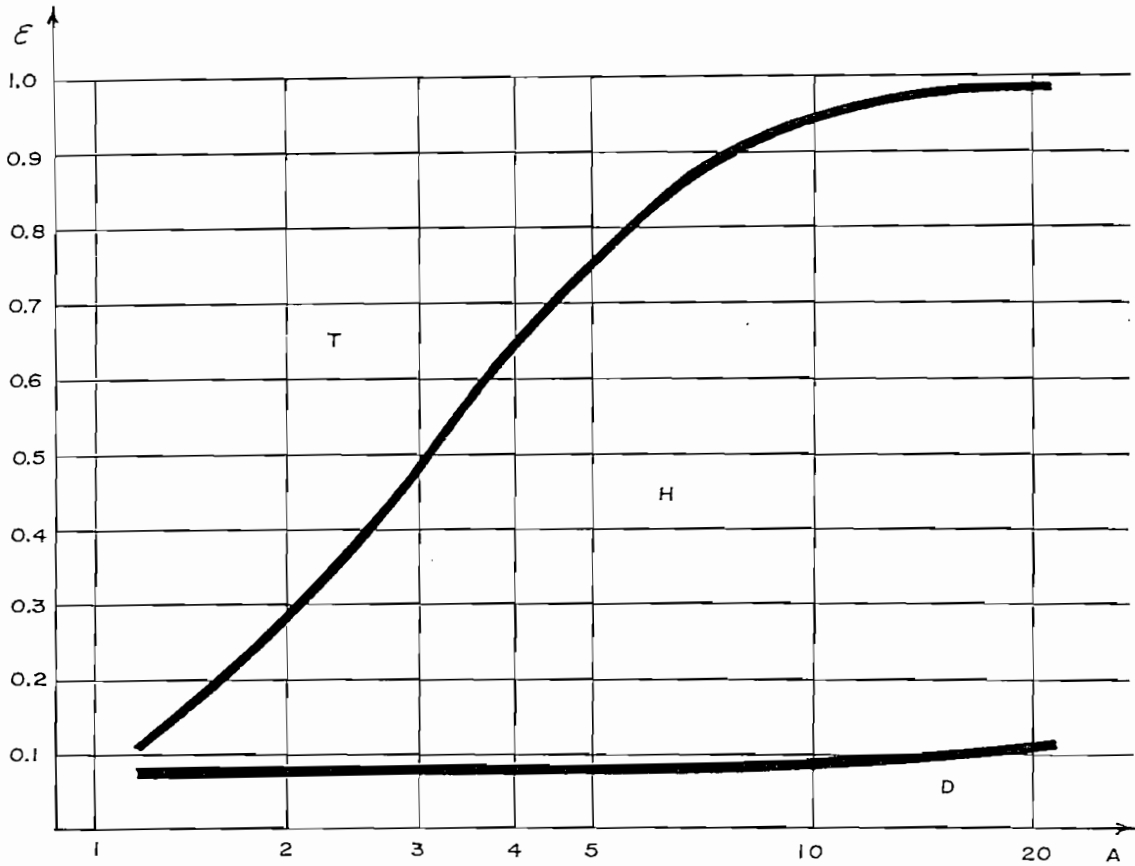
Las centrales de tipo AGF por limitaciones técnicas deberán tener únicamente enlaces directos para llamadas salientes - hacia todas las otras centrales.

Ejemplo :

Para el enlace Quito Centro 2 - Mariscal Sucre 3 los valores de costos incrementales según la tabla 3-4 son:

$$C_{ij} = 16,9 \quad C_{it} = 16,9 \quad C_{tj} = 5,4 \quad E_{ij} = \frac{16,9}{16,9 + 5,4} \approx 0,76$$

La tabla 3-5 muestra a continuación un resumen sobre los cal
culos de la relación de costos incrementales.



ϵ : RELACION DE COSTOS INCREMENTALES

A : TRAFICO OFRECIDO

FIG-3-3-CAMPO DE EMPLEO PARA ENLACES TANDEM (T), DE ALTA CONGESTION(H) Y DIRECTOS(D).

Diseñado:-

[Handwritten Signature]

TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO ELECTRONICO.

Aprobado:-

[Handwritten Signature]

HACIA DE	Abonados	QC 1	QC 2	QC 3	MS 1	MS 2	MS 3	MS 4	IO 1	IO 2	IO 3	VF 1	VF 2	CC	SR	LL	AN	CA	T
Quito Centro 1	10.000																		
Quito Centro 2	10.000				0,78	0,76	0,76	0,76	0,77	0,63	0,63	0,65	0,45	0,68	0,52	0,66	0,66	0,71	
Quito Centro 3	7.000				0,78	0,76	0,76	0,76	0,77	0,63	0,63	0,65	0,45	0,68	0,52	0,66	0,66	0,71	
Mariscal Sucre 1	10.000																		
Mariscal Sucre 2	10.000	0,88	0,76	0,76					0,88	0,77	0,77	0,89	0,80	0,81	0,83	0,79	0,80	0,84	
Mariscal Sucre 3	10.000	0,88	0,76	0,76					0,88	0,77	0,77	0,89	0,80	0,81	0,83	0,79	0,80	0,84	
Mariscal Sucre 4	8.000	0,88	0,76	0,76					0,88	0,77	0,77	0,89	0,80	0,81	0,83	0,79	0,80	0,84	
Itaqueño 1	10.000																		
Itaqueño 2	10.000	0,77	0,63	0,63	0,79	0,77	0,77	0,77				0,79	0,67	0,63	0,71	0,41	0,42	0,51	
Itaqueño 3	5.000	0,77	0,63	0,63	0,79	0,77	0,77	0,77				0,79	0,67	0,63	0,71	0,41	0,42	0,51	
Villa Flora 1	10.000																		
Villa Flora 2	6.000	0,65	0,45	0,45	0,80	0,80	0,80	0,80	0,79	0,67	0,67			0,71	0,39	0,69	0,69	0,74	
Catocallao	10.000	0,79	0,68	0,68	0,81	0,81	0,81	0,81	0,65	0,45	0,45	0,81	0,71		0,74	0,49	0,35	0,35	
Santa Rita	3.000	0,69	0,52	0,52	0,82	0,83	0,83	0,83	0,81	0,71	0,71	0,59	0,39	0,74		0,73	0,73	0,77	
La Luz	7.000	0,79	0,66	0,66	0,80	0,79	0,79	0,79	0,63	0,41	0,41	0,80	0,69	0,49	0,73		0,46	0,54	
Andalucía	4.000	0,79	0,66	0,66	0,80	0,80	0,80	0,80	0,63	0,42	0,42	0,80	0,69	0,35	0,73	0,46		0,42	
Carcalen	2.000	0,81	0,71	0,71	0,82	0,84	0,84	0,84	0,67	0,51	0,51	0,82	0,74	0,35	0,77	0,54	0,42		
Tandem																			
TOTAL	132.000																		

TABLA 3-5 MATRIZ DE LA RELACION DE COSTOS INCREMENTALES (Cij)

3.3.2 Función mejoradora

Expresa el incremento de tráfico en la vía de alta congestión al aumentar el número de enlaces de alta congestión desde N a $N + 1$.

El valor de la función mejoradora se calcula con la fórmula:

$$F(N, A) = E (0,7 + 0,3 E^2) \quad (3-7)$$

Cuya deducción se presenta en en Anexo C.

Ejemplo :

Para el enlace Quito Centro 2 - Mariscal Sucre 3 el valor de la función mejoradora será :

$$\begin{aligned} E &= \text{relación de costos incrementales (tabla 3-5)} \\ &= 0,76 \end{aligned}$$

$$F(N, A) = 0,76 (0,7 + 0,3 (0,76)^2)$$

$$F(N, A) \approx 0,66$$

De igual manera calculamos estos valores para los diferentes enlaces, que quedan resumidos en la tabla 3-6.

HACIA DE	Abonados	QC 1	QC 2	QC 3	MS 1	MS 2	MS 3	MS 4	IQ 1	IQ 2	IQ 3	VF 1	VF 2	CC	SR	LL	AN	CA	T
Quito Centro 1	10.000																		
Quito Centro 2	10.000				0,69	0,66	0,66	0,66	0,68	0,52	0,52	0,54	0,34	0,57	0,41	0,55	0,55	0,60	
Quito Centro 3	7.000				0,69	0,66	0,66	0,66	0,68	0,52	0,52	0,54	0,34	0,57	0,41	0,55	0,55	0,60	
Mariscal Sucre 1	10.000																		
Mariscal Sucre 2	10.000	0,82	0,66	0,66					0,82	0,68	0,68	0,83	0,71	0,73	0,75	0,70	0,71	0,77	
Mariscal Sucre 3	10.000	0,82	0,66	0,66					0,82	0,68	0,68	0,83	0,71	0,73	0,75	0,70	0,71	0,77	
Mariscal Sucre 4	8.000	0,82	0,66	0,66					0,82	0,68	0,68	0,83	0,71	0,73	0,75	0,70	0,71	0,77	
Inaquito 1	10.000																		
Inaquito 2	10.000	0,68	0,52	0,52	0,70	0,68	0,68	0,68				0,70	0,56	0,52	0,60	0,31	0,32	0,40	
Inaquito 3	5.000	0,68	0,52	0,52	0,70	0,68	0,68	0,68				0,70	0,56	0,52	0,60	0,31	0,32	0,40	
Villa Flora 1	10.000																		
Villa Flora 2	6.000	0,54	0,34	0,34	0,71	0,71	0,71	0,71	0,70	0,56	0,56			0,60	0,29	0,58	0,58	0,64	
Catocollao	10.000	0,70	0,57	0,57	0,73	0,73	0,73	0,73	0,54	0,34	0,34	0,73	0,60		0,64	0,38	0,26	0,26	
Santa Rita	3.000	0,58	0,41	0,41	0,74	0,75	0,75	0,75	0,73	0,60	0,60	0,47	0,29	0,64		0,63	0,63	0,68	
La Luz	7.000	0,70	0,55	0,55	0,71	0,70	0,70	0,70	0,52	0,31	0,31	0,71	0,58	0,38	0,63		0,35	0,43	
Andalucía	4.000	0,70	0,55	0,55	0,71	0,71	0,71	0,71	0,52	0,32	0,32	0,71	0,58	0,26	0,63	0,35		0,32	
Carcelen	2.000	0,73	0,60	0,60	0,74	0,77	0,77	0,77	0,56	0,40	0,40	0,74	0,64	0,26	0,68	0,43	0,32		
Tandem																			
TOTAL	132.000																		

TABLA 3-6 MATRIZ DE LA FUNCION MEJORADORA F (N,A)

3.4 DIMENSIONAMIENTO

3.4.1 Circuitos en la vía directa

Un método práctico para la determinación del número de enlaces en la vía de alta congestión (vía directa) emplea la teoría y métodos presentados en Wilkinson Theories For Toll Traffic Engineering en los EE.UU. y los métodos de Y. Rapp, y debido a que se ha tomado la accesibilidad completa como condición inicial para la deducción de estas fórmulas, Anexo C, puede resultar necesario introducir correcciones en el número de enlaces, que únicamente se podrían hacer cuando la central tandem entre en funcionamiento.

En nuestro caso vamos a determinar el número de circuitos de alta congestión utilizando la figura 3-4 y 3-5 que es la representación gráfica de la función mejoradora $F(N, A)$ en función del tráfico ofrecido A [proyección de tráfico a 1.982]. Los resultados se resumen en la tabla 3-7 que a continuación se presenta y en la que incluimos también el número de enlaces directos (encerrados en doble línea) para el caso de - centrales tipo AGF y centrales localizadas dentro del mismo sitio de la central en cuestión, y que han sido calculados - con una congestión de $B = 0,005$.

Ejemplo teórico :

Supongamos el enlace Quito Centro 2 - Carcelén para el que tenemos :

$$A = 4 \text{ Erlangs} \quad \text{Tabla 3-2}$$

$$F(N, A) = 0,60 \quad \text{Tabla 3-6}$$

Reemplacemos en la ecuación :

$$F(N, A) = -A (B_{N+1}(A) - B_N(A)) \quad (3-8)$$

$$0,60 = -4 (B_{N+1}(A) - B_N(A))$$

Sustituyendo los valores de pérdida por la primera fórmula de Erlang

$$-0,15 = \frac{A^{N+1}}{(N+1)!} - \frac{A^N}{N!} \quad (3-9)$$
$$\sum_{i=0}^{N+1} \frac{A^i}{i!} - \sum_{i=0}^N \frac{A^i}{i!}$$

Si variamos los valores de N de uno en uno la ecuación se satisface para N = 3.

$$-0,15 = 0,32 - 0,47$$

$$-0,15 = -0,15$$

Fig 3-4 FUNCION MEJORADORA

$F(N,A) = -A [B_{NH}(A) - B_N(A)]$

A = TRAFICO OFRECIDO A LA VIA DIRECTA

N = NUMERO DE CIRCUITOS EN LA VIA DIRECTA

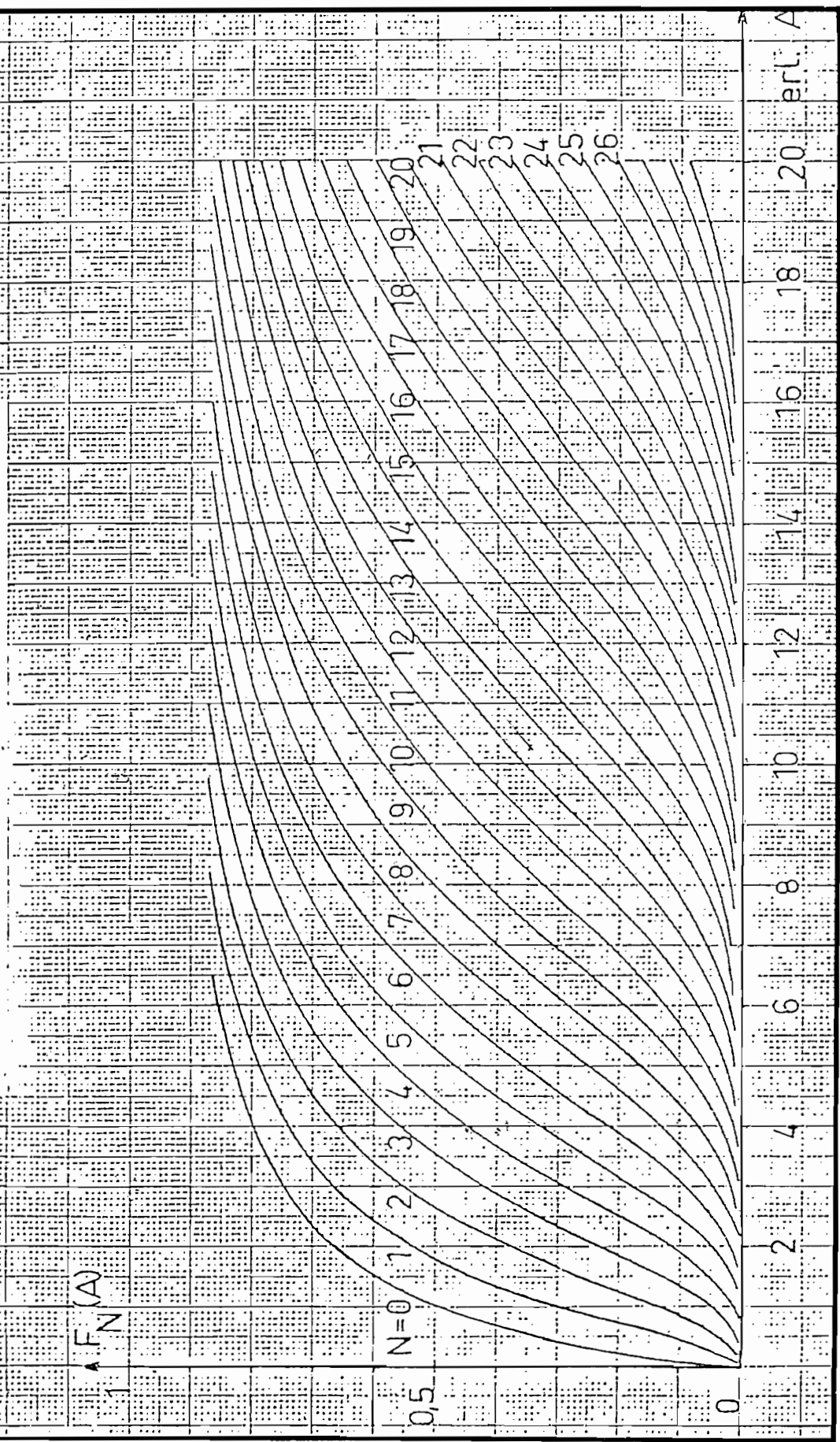
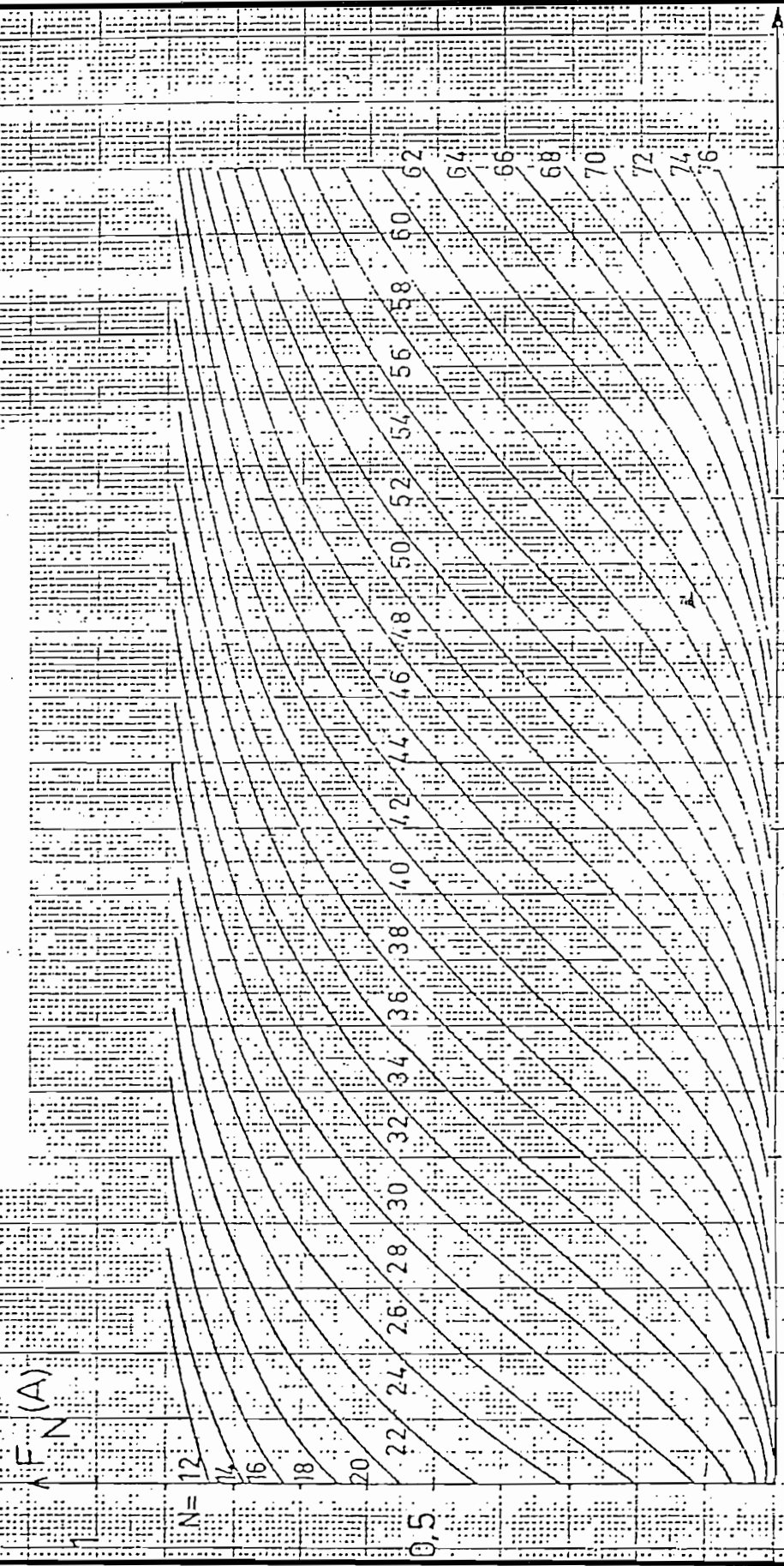


Fig 3-5 FUNCION MEJORADORA

$$F(N, A) = -A [B_{N+1}(A) - B_N(A)]$$

A = TRAFICO OFRECIDO A LA VIA DIRECTA

N = NUMERO DE CIRCUITOS EN LA VIA DIRECTA



20 30 40 50 60 erl A

HACIA DE	Abonados	QC 1	QC 2	QC 3	MS 1	MS 2	MS 3	MS 4	IQ 1	IQ 2	IO 3	VF 1	VF 2	CC	SR	LL	AN	CA	T
Quito Centro 1	10.000		88	64	68	81	88	72	54	38	22	62	31	62	18	28	27	16	
Quito Centro 2	10.000	88		64	32	38	31	24	22	22	11	34	17	20	8	15	8	3	
Quito Centro 3	7.000	64	64		22	26	21	16	15	15	8	23	12	13	6	11	6	2	
Mariscal Sucre 1	10.000	65	54	40		120	124	102	95	54	31	47	18	56	12	40	25	15	
Mariscal Sucre 2	10.000	40	38	25	130		118	96	50	32	15	28	8	39	3	22	15	5	
Mariscal Sucre 3	10.000	27	34	23	99	99		80	35	23	11	20	6	39	2	15	15	5	
Mariscal Sucre 4	8.000	21	27	18	80	80	80		27	18	8	14	4	30	1	11	11	3	
Íñaquito 1	10.000	51	45	33	95	93	95	77		64	35	49	20	62	14	46	28	16	
Íñaquito 2	10.000	18	17	11	38	41	20	15	64		35	18	6	47	3	34	22	11	
Íñaquito 3	5.000	9	8	6	18	19	10	7	35	35		8	3	24	2	19	12	6	
Villa Flora 1	10.000	62	49	36	47	60	43	36	61	42	23		40	39	23	31	19	12	
Villa Flora 2	6.000	16	19	14	8	8	6	4	6	5	3	43		4	11	5	1	0	
Cotacallao	10.000	28	23	16	36	26	39	30	42	39	20	14	7		2	27	12	7	
Santa Rita	3.000	7	9	7	3	3	2	1	2	3	2	15	11	2		3	0	0	
La Luz	7.000	12	11	8	25	28	14	10	30	34	14	12	5	36	3		16	8	
Andaluca	4.000	10	9	6	13	9	15	11	16	17	9	4	2	12	1	12		3	
Carcelen	2.000	4	4	2	5	2	5	3	8	8	5	1	0	7	0	6	3		
Tandem																			
TOTAL	132.000																		

TABLA 3-7 CIRCUITOS EN LA VIA DIRECTA (ALTA CONGESTION)

3.4.2 Media y Varianza del tráfico de desborde

Una forma de describir el tráfico rechazado por la vía de alta congestión es por medio del valor medio y de la varianza del mismo que en forma práctica van a ser encontrados - utilizando las curvas 3-6, 3-7, 3-8 y 3-9 representativas - de las ecuaciones.

$$M = A E_N(A) \quad (3-10)$$

$$V = M \left(1 - M + \frac{A}{N + 1 - A + M} \right) \quad (3-11)$$

que se deducen en el anexo C y cuyos resultados parciales y totales (M_{it} , V_{it} , M_{tj} y V_{tj}) se resumen en las tablas 3-8 y 3-9 que se muestran a continuación.

Ejemplo teórico

Para el enlace Quito Centro 2 - Mariscal Sucre 3 los valores de la media y la varianza del tráfico de desborde será :

$$A = 33 \text{ Erlangs} \quad \text{tabla 3-2}$$

$$N = 31 \text{ circuitos} \quad \text{tabla 3-7}$$

$$E_N(A) \approx 16,5 \% \quad \text{tablas y cartas de SIEMENS segunda edición}$$

Aplicando la ecuación 3-10

$$M = 33 \times 0,165 \approx 5,4 \text{ Erlangs}$$

Aplicando la ecuación 3-11

$$V = 5,4 \left(1 - 5,4 + \frac{33}{31 + 1 - 33 + 5,4} \right)$$

$$V \approx 16,7$$

Fig 3-6 MEDIA DEL TRAFICO DE DESBORDE

$$M = A \times E_N(A)$$

A = TRAFICO OFRECIDO A LA VIA DIRECTA

$E_N(A)$ = CONGESTION EN TIEMPO

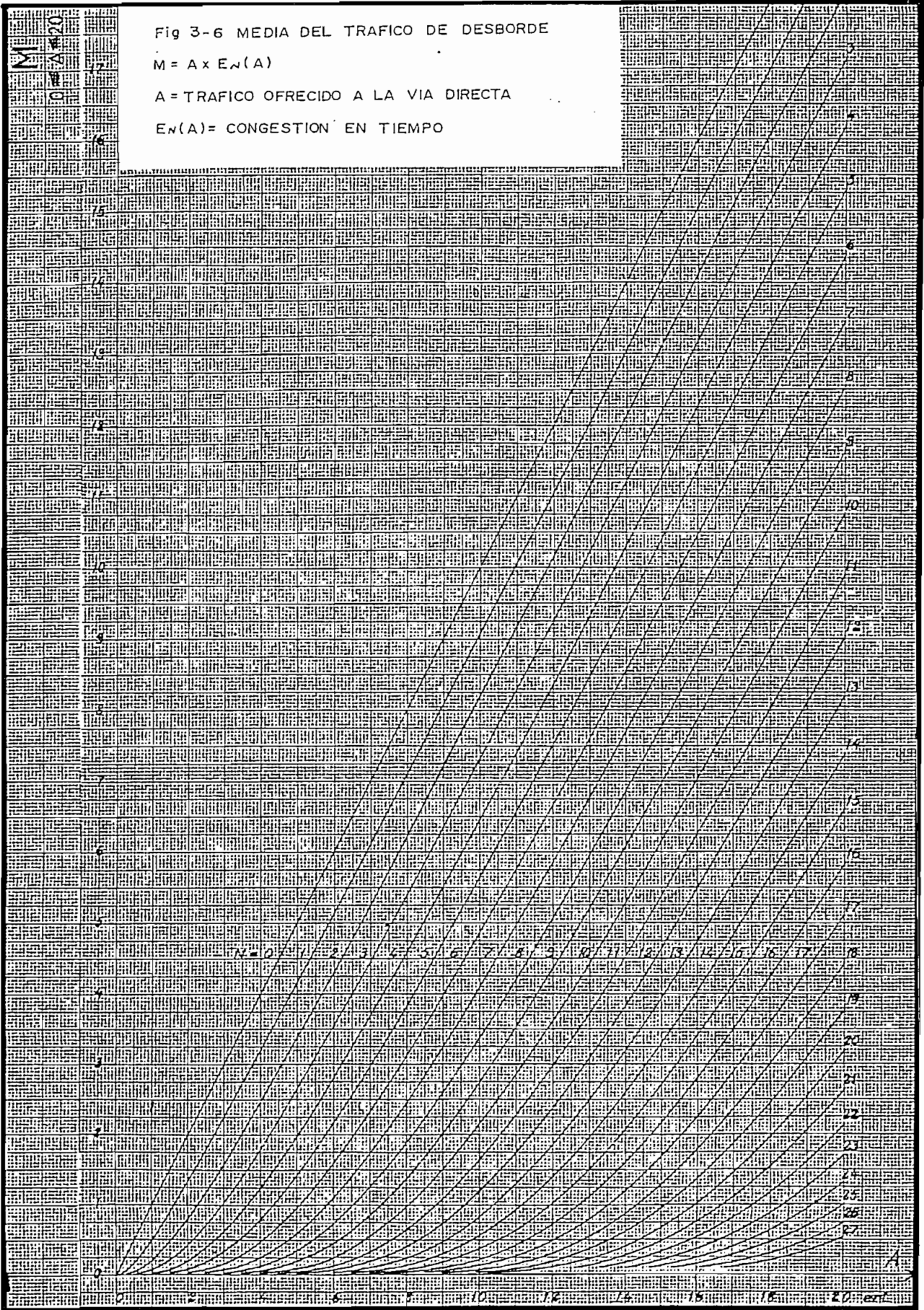
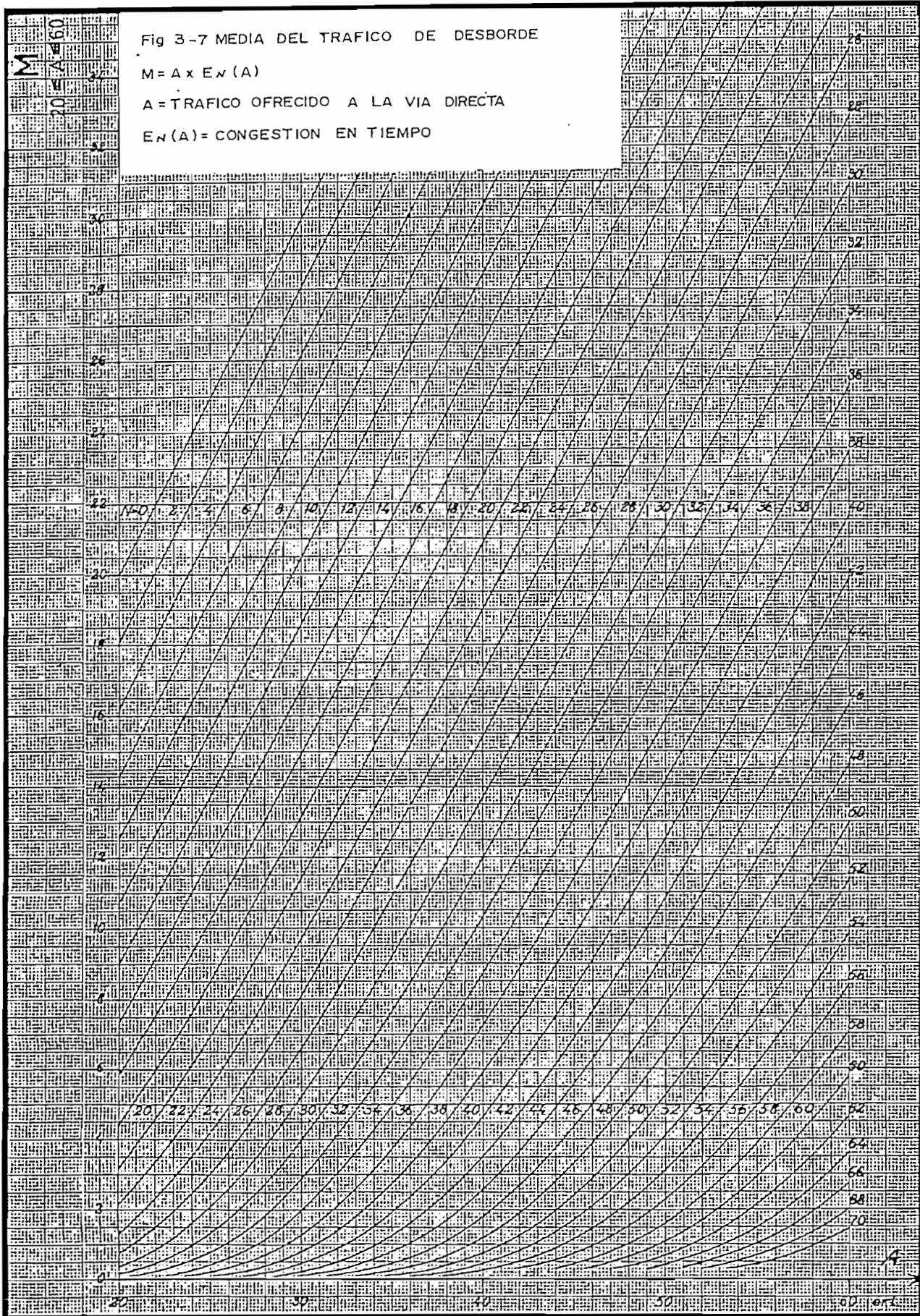


Fig 3-7 MEDIA DEL TRAFICO DE DESBORDE

$M = A \times E_N(A)$

A = TRAFICO OFRECIDO A LA VIA DIRECTA

$E_N(A)$ = CONGESTION EN TIEMPO



HACIA DE	Abonados	QC1	QC2	QC3	MS1	MS2	MS3	MS4	IQ1	IQ2	IQ3	VF1	VF2	CC	SR	LL	AN	CA	T	MII
Quito Centro 1	10.000																			
Quito Centro 2	10.000				6,3	5,9	5,5	4,9	5,5	2,7	2,3	3,6	1,2	4,4	1,3	2,7	1,9	1,8		50,00
Quito Centro 3	7.000				5,5	5,1	4,7	4,25	4,9	2,7	1,9	3,4	1,2	3,2	0,95	2,3	1,55	1,6		43,25
Mariscal Sucre 1	10.000																			
Mariscal Sucre 2	10.000	12,5	5,9	5,8					13,9	6,3	4,9	11,0	4,2	8,25	3,55	5,5	4,9	4,75		91,45
Mariscal Sucre 3	10.000	10,9	5,65	4,85					12,2	5,6	3,7	9,6	4,0	8,15	3,4	4,85	4,85	4,75		82,50
Mariscal Sucre 4	8.000	11,35	5,15	4,45					10,9	5,2	3,35	9,2	3,7	7,65	3,20	4,55	4,55	4,45		77,70
Íñaquito 1	10.000																			
Íñaquito 2	10.000	5,2	2,25	2,30	7,40	6,85	5,3	4,95				5,2	1,6	3,95	1,8	1,6	1,15	1,1		50,65
Íñaquito 3	5.000	3,55	1,90	1,60	4,6	5,3	3,65	3,25				4,2	1,8	2,85	1,6	0,95	0,75	0,95		36,95
Villa Flora 1	10.000																			
Villa Flora 2	6.000	2,80	1,35	0,95	4,2	4,2	4,0	3,7	4,0	2,2	1,8			2,0	0,65	2,2	1,35	2,0		37,40
Coto Collo	10.000	6,70	3,45	2,8	8,1	6,6	8,25	7,7	4,1	2,7	1,45	5,65	2,45		2,45	2,1	0,75	0,95		66,20
Santa Rita	3.000	2,45	1,40	1,1	3,55	3,55	3,4	3,2	3,4	1,8	1,6	2,1	0,6	1,6		1,8	2,0	2,0		33,55
La Luz	7.000	4,6	2,25	1,9	6,5	6,0	4,85	4,95	3,35	1,55	0,9	4,65	2,15	2,05	1,80		1,1	1,25		49,85
Andaluca	4.000	4,45	2,0	1,6	4,75	4,35	4,9	4,55	2,8	1,2	0,85	3,65	1,6	0,75	1,35	1,2		0,35		40,35
Carcelen	2.000	3,7	2,0	1,6	3,85	4,35	4,75	4,45	1,9	1,25	1,8	3,2	2,0	0,6	2,0	0,95	0,4			38,80
Tandem																				
MII		68,20	33,30	28,95	54,75	52,20	49,30	45,90	66,95	33,20	24,55	65,45	26,50	45,45	24,05	30,70	25,25	25,95		

TABLA 3-8 MATRIZ DE VALORES MEDIOS DEL TRAFICO DE DESBORDE (ERLANGS)

Fig. 3-8 VARIANZA DEL TRAFICO DE DESBORDE

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

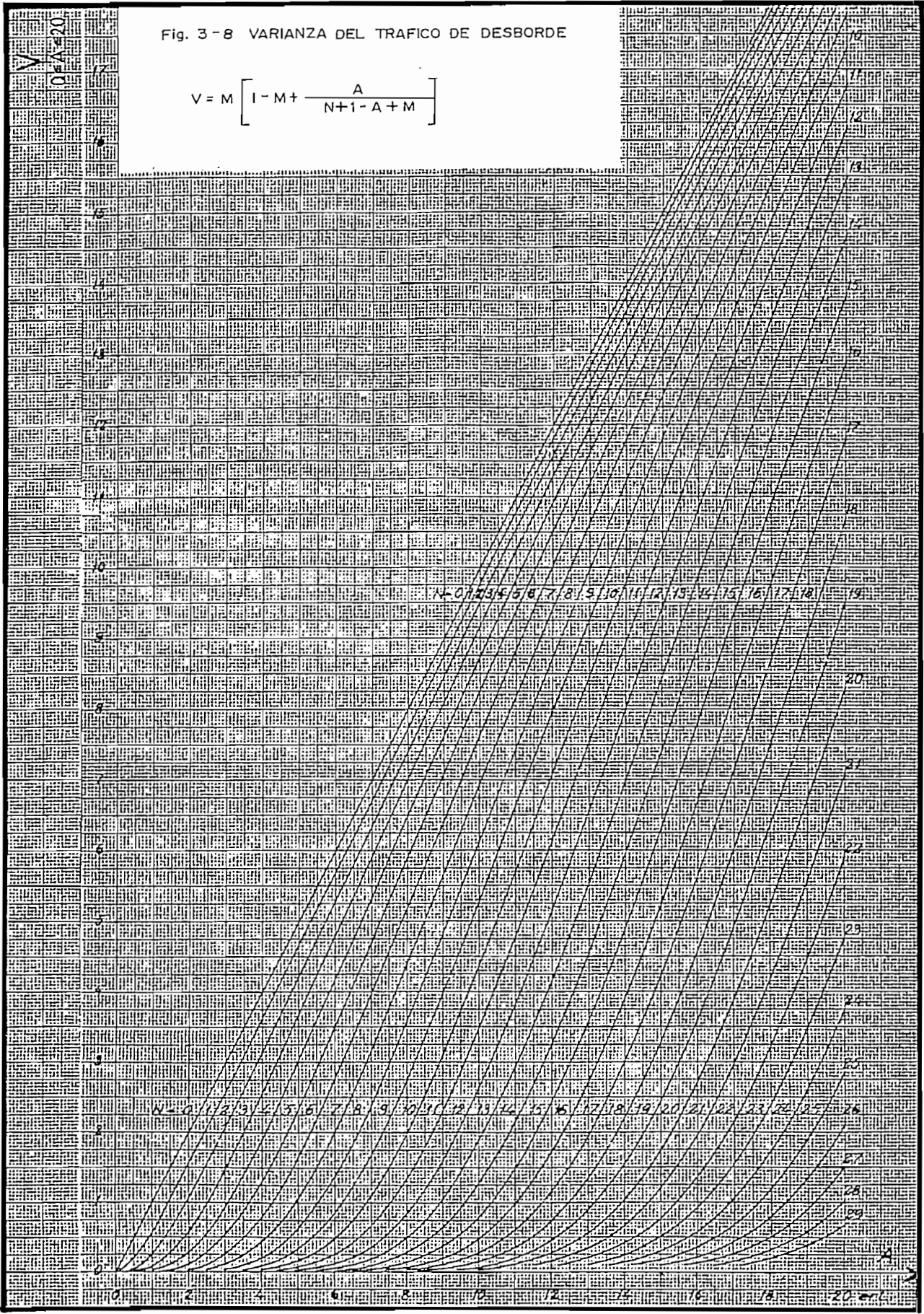
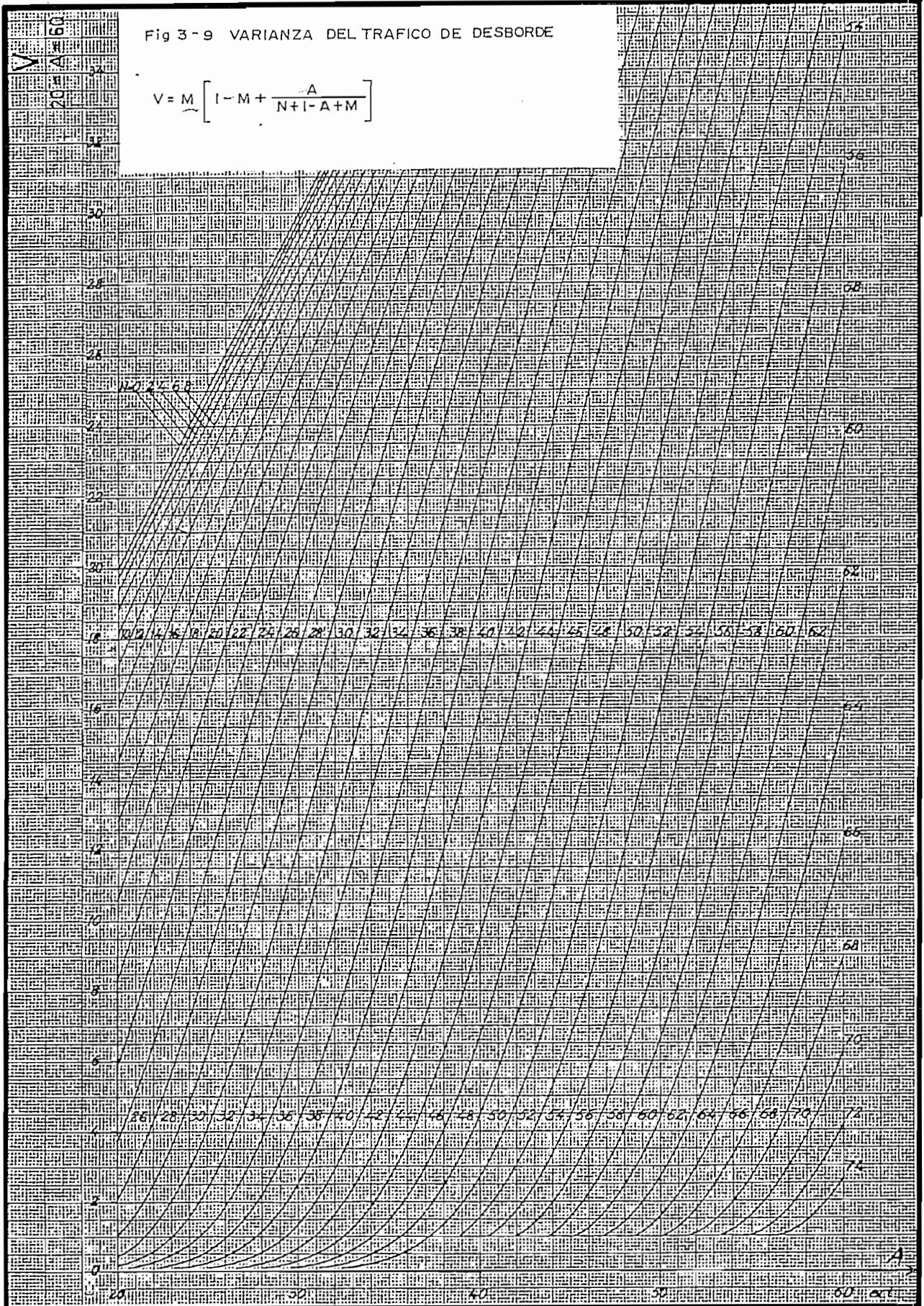


Fig 3-9 VARIANZA DEL TRAFICO DE DESBORDE

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



HACIA DE	Abonados	QC 1	QC 2	QC 3	MS 1	MS 2	MS 3	MS 4	IQ 1	IQ 2	IQ 3	VF 1	VF 2	CC	SR	LL	AN	CA	T	VII
Quito Centro 1	10.000																			
Quito Centro 2	10.000				18,70	19,30	16,30	13,30	14,00	7,50	4,75	11,80	3,00	8,30	2,35	6,35	3,60	2,55		131,80
Quito Centro 3	7.000				14,10	14,20	12,00	9,80	10,85	6,35	3,60	9,40	2,65	7,00	1,65	4,75	2,75	2,10		101,20
Mariscal Sucre 1																				
Mariscal Sucre 2	10.000	35,40	19,30	15,50					44,50	18,70	10,70	27,00	7,45	25,70	4,80	14,05	9,80	7,10		240,00
Mariscal Sucre 3	10.000	26,40	17,60	12,90					32,60	14,40	7,55	20,90	6,40	25,60	4,20	10,90	10,90	7,10		197,45
Mariscal Sucre 4	8.000	21,50	14,60	10,60					26,40	12,20	6,10	17,30	5,30	21,30	3,60	8,95	8,95	5,90		162,70
Inaquito 1	10.000																			
Inaquito 2	10.000	12,30	5,60	4,75	23,30	22,50	13,20	9,80				12,20	2,75	14,40	2,55	5,10	3,20	2,30		133,95
Inaquito 3	5.000	6,60	3,55	2,75	12,30	12,35	7,05	5,65				7,45	2,55	8,10	2,10	2,45	1,60	1,70		76,20
Villa Flora 1	10.000																			
Villa Flora 2	6.000	6,75	3,60	2,15	7,45	7,45	6,40	5,30	6,40	3,50	2,55			3,00	1,35	3,50	1,55	2,00		62,95
Cotacallao	10.000	18,60	9,40	6,75	24,20	17,70	25,60	21,30	14,70	6,50	3,90	11,85	4,40		3,15	6,00	1,60	1,05		176,70
Santa Rita	3.000	4,40	2,75	2,00	4,80	4,80	4,20	3,65	4,20	2,55		4,90	1,35	2,10		2,55	2,00	2,00		50,35
La Luz	7.000	9,45	4,75	3,60	17,20	16,90	10,35	8,45	10,40	5,10	2,15	9,45	3,50	7,20	2,55		2,70	2,35		116,10
Andalucia	4.000	8,45	4,00	2,75	9,90	7,95	10,90	8,95	6,75	3,00	1,70	5,30	2,05	1,60	1,55	2,65		0,60		78,10
Carcelen	2.000	5,30	3,00	2,10	5,90	5,30	7,10	5,90	3,60	2,35	1,30	3,65	2,00	1,05	2,00	1,70	0,60			52,85
Tandem																				
VII		155,15	88,15	65,85	137,85	128,45	113,10	92,10	174,40	82,15	46,40	141,20	43,40	125,35	31,85	68,95	49,25	36,75		

TABLA 3-9 MATRIZ DE VARIANZA DEL TRAFICO DE DESBORDE

3.4.3 Circuitos tandem

Los valores de media y varianza del tráfico de desborde pueden ser definidos también como el tráfico de sobrecarga de un grupo ficticio de circuitos con un número de circuitos - de alto uso igual a n_{it} y tráfico ofrecido equivalente A_{it} . Para la determinación del número de circuitos tandem, utilizamos la representación gráfica, fig. 3-10 de la ecuación - desarrollada por YNGVE RAPP.

$$E_o \times M_{it} = A_{it} \times E(n_{it} + m_{it}, A_{it}) \quad (3-12)$$

Cuya deducción se resume en el anexo C y los resultados se - resumen en las tablas 3-10, 3-11 y figura 3-11 como se muestra a continuación.

Ejemplo teórico

Consideremos el enlace Quito Centro 2 - Mariscal Sucre 3

$$M_{it} = 50,00 \quad \text{tabla 3-8}$$

$$V_{it} = 131,80 \quad \text{tabla 3-9}$$

$$E_o = 0,005 \quad \text{congestión en las vías tandem (se asume)}$$

$$A_{it} = V_{it} + 3 \left[\frac{V_{it}}{M_{it}} - 1 \right] \quad (3-13)$$

$$A_{it} = 131,80 + 3 \left[\frac{131,80}{50} - 1 \right]$$

$$A_{it} \approx 136,71$$

$$n_{it} = \frac{A_{it}}{1 - \frac{1}{\text{Mit} + \frac{V_{it}}{\text{Mit}}}} - \text{Mit} - 1 \quad (3-14)$$

$$n_{it} = \frac{136,71}{1 - \frac{1}{50 + \frac{131,80}{50}}} - 50 - 1$$

$$n_{it} \approx 88$$

Aplicando la ecuación 3-12

$$0,005 \times 50 = 136,71 \times E \quad (88 + \text{mit}, 136,71)$$

$$E (88 + \text{mit}, 136,71) = 0,00183$$

Debemos ahora encontrar un número de circuitos que permitan cursar un tráfico de 136,71 Erlangs con una congestión de 0,00183.

$$\text{mit} + 88 = 166 \quad (\text{según tablas y cartas de SIEMENS segunda edición}).$$

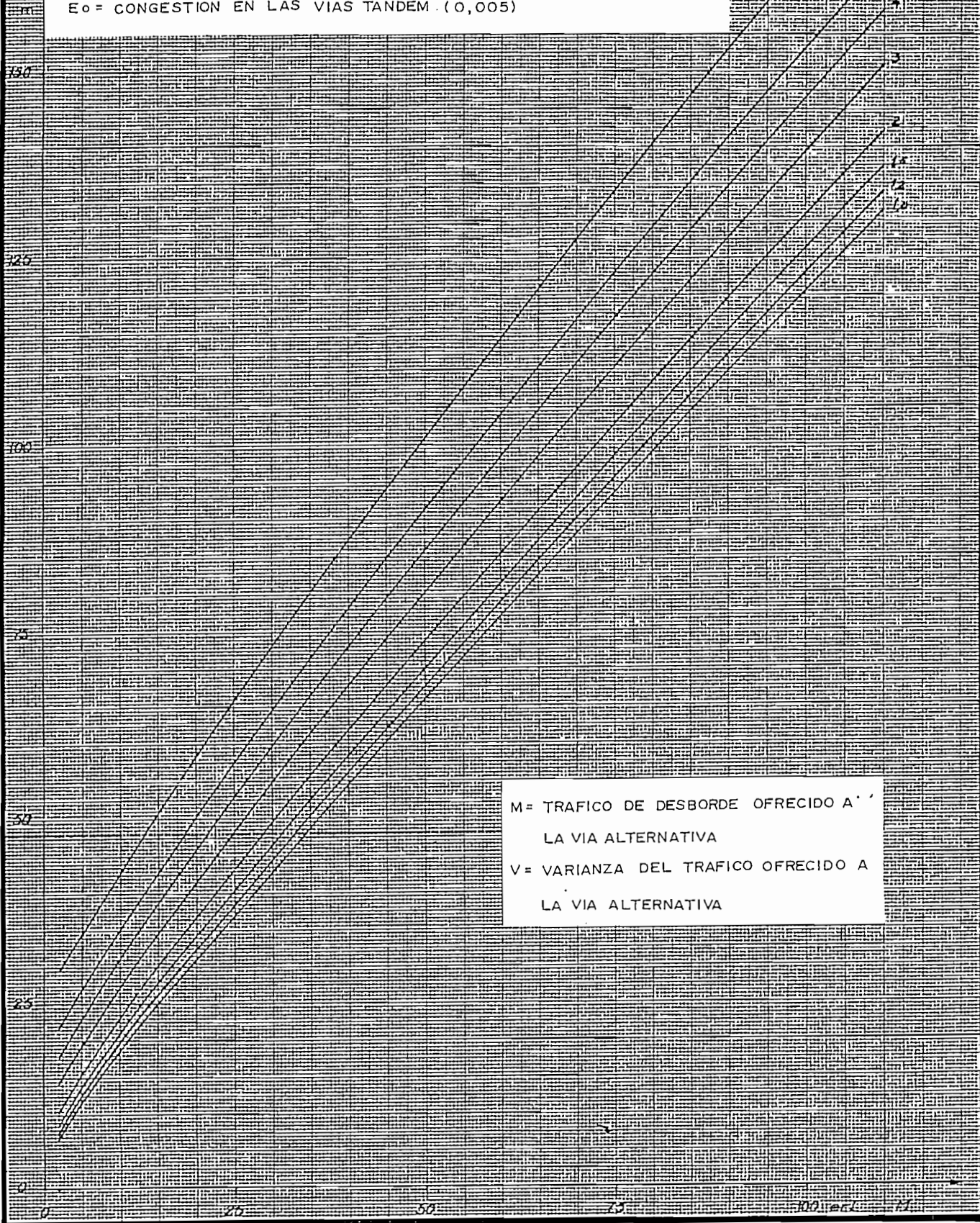
$$\text{mit} = 166 - 88$$

$$\text{mit} = 78$$

Fig 3-10 CIRCUITOS TANDEM (mit, mtj)

$$E_{oxMit} = Ait \times E (nit + mit, Ait)$$

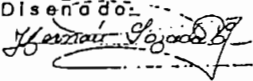

E_o = CONGESTION EN LAS VIAS TANDEM (0,005)



$E_0 = 0,005$

$\frac{V_{it}}{M_{it}}$	HACIA	
	DE	T
2,64	O C 2	78
2,34	O C 3	68
2,62	M S 2	126
2,39	M S 3	114
2,09	M S 4	106
2,64	10 2	79
2,08	10 3	59
1,68	V F 2	63
2,67	C C 1	97
1,42	S R	52
2,33	L L	76
1,94	A N	62
1,36	C A	56

mit

<p>TABLA: 3-10 CIRCUITOS TANDEM (Entrantes)</p>	
<p>Diseñado:</p> 	<p>TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO ELECTRONICO.</p>
<p>Aprobado:</p> 	

E= 0,005

$\frac{V_{II}}{H_f}$	2,27	2,65	2,27	2,51	2,46	2,29	2,00	2,60	2,47	1,89	2,16	1,64	276	1,32	2,25	1,95	1,42
HACIA	QC1	QC2	QC3	MS1	MS2	MS3	MS4	IQ1	IQ2	IQ3	VF1	VF2	CCI	SR	LL	AN	CA
DE																	
T	97	58	50	83	79	70	68	98	56	42	87	44	73	38	52	44	41

mtj

TABLA-3-II CIRCUITOS TANDEM (Salientes)

Diseñado:-

Josepate Vozado

Aprobado:-

[Signature]

TESIS PREVIA A LA OBTENCION
DEL TITULO DE INGENIERO.
ELECTRONICO.

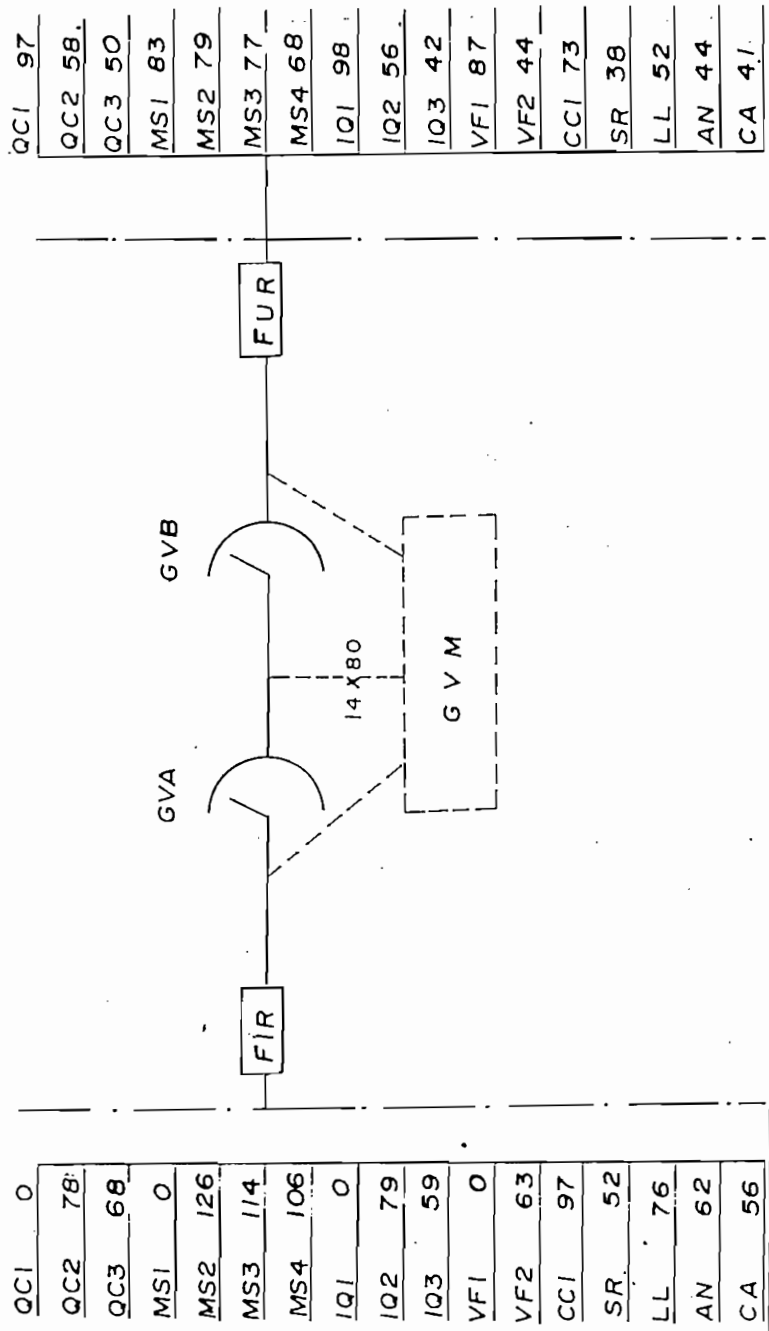
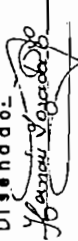

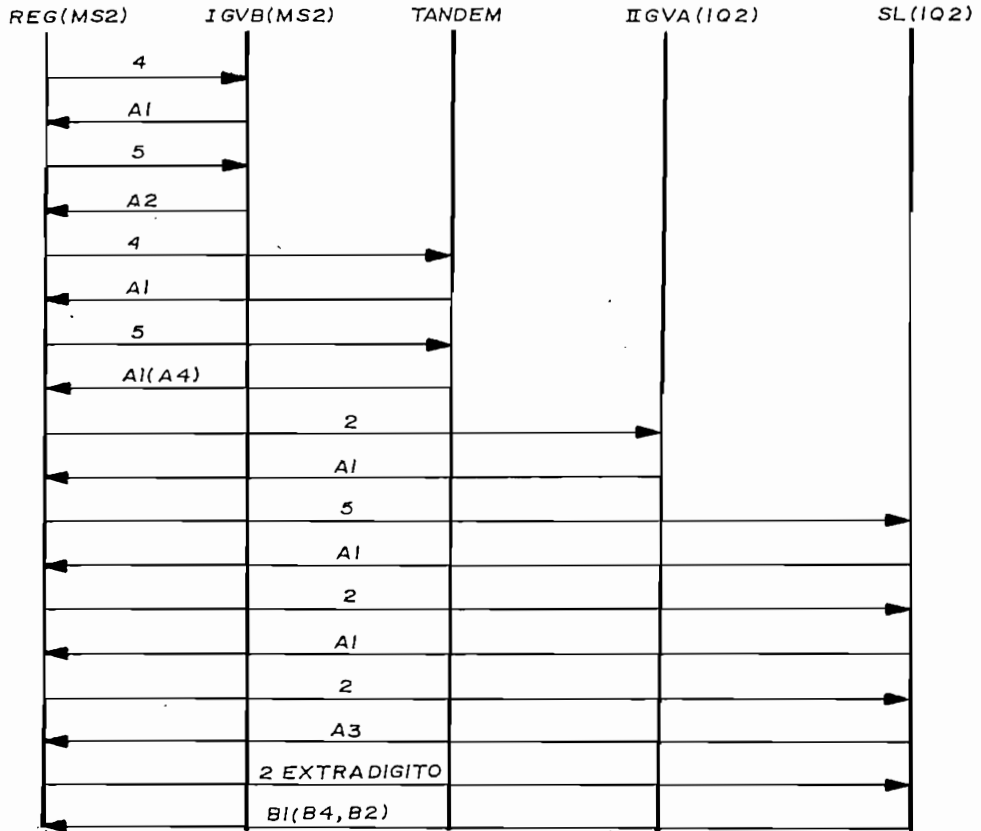


FIG. 3-II DIAGRAMA DE VIAS DE TRAFICO

Diseñado: 	TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO ELECTRONICO.
Aprobado: 	

3.5. SEÑALIZACION DE REGISTRO EN LA VIA ALTERNATIVA

La señalización de registro cuando se usa central tandem (en otras palabras existe una vía alternativa) queda indicada de una manera simplificada en la figura 3-12 en la que ponemos como ejemplo el caso de una llamada que no ha podido ser cursada por la vía directa desde un abonado perteneciente a la central Mariscal Sucre 2 al abonado 452-522 perteneciente a la central Iñaquito 2.



SE LLAMA AL ABONADO 452522

FIG.3-12 EJEMPLO DE SENALIZACION EN VIAS ALTERNATIVAS.

Diseñado: *[Signature]*

TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO ELECTRONICO.

Aprobado: *[Signature]*

3.6

DETERMINACION DEL NUMERO DE ORGANOS Y BASTIDORES

Para determinar el número de órganos y bastidores es necesario hacer algunas consideraciones por cuanto la construcción propia del equipo que tomaremos como base (equipo Ericsson de mayor uso en nuestro país) nos obliga a reducir o a aumentar los valores determinados en el subcapítulo 3.4.

- a) Dentro de la misma área de central por razones técnicas los enlaces deben ser a tres hilos y solamente con repe
tidor entrante FIR para un circuito AGF - ARF, para en
laces ARF - AGF es necesario ambos repetidores y para -
enlaces ARF - ARF ninguno.
- b) Los bastidores de selectores de grupo GV deben ser agru
pados de dos en dos por lo tanto el número total siem -
pre será par.
- c) Los grupos GV (dos bastidores) son de 80 entradas y 400
salidas.
- d) Para atender dos grupos de GV es necesario un marcador
de selector de grupo GVM.
- e) En un bastidor de GVM caben dos juegos de relés GVM.
- f) En un órgano FIR vienen agrupados dos juegos de relés.
- g) En un bastidor para FIR caben hasta 60 juegos de relés.

- h) En un órgano FUR vienen agrupados cuatro juegos de relés y como a cada FUR le corresponde un FIR debemos asumir siempre que las diferentes vías deben estar compuestas por un número de líneas múltiplos de cuatro.
- i) En un bastidor para FUR caben hasta 112 juegos de relés.
- j) El número de vías (tráfico saliente desde tandem a las centrales locales) será de 17 vías igual al número de centrales urbanas de Quito a 1.982.

Luego de hacer estas consideraciones, el número de enlaces obtenidos quedan resumidos en la figura 3-13.

3.6.1 Paso GV

$$\text{Número de entradas} : \sum \text{FIR} + \text{enlaces a 3 hilos} = 700 + 352 = 1.052$$

$$\text{Grupos GV} = \frac{1.052}{80} = 13,15 \approx 14 \text{ (equivalente de 28 bastidores)}.$$

$$\text{Número de marcadores GVM} : \frac{14}{2} = 7$$

$$\text{Bastidores para GVM} : \frac{7}{2} = 3,5 \approx 4$$

3.6.2 FIR y FUR

$$\text{Número de entradas: } \sum \text{FIR} = 700$$

$$\text{Bastidores para FIR} = \frac{700}{60} = 11,67 \approx 12$$

$$\text{Número de salidas } \therefore \sum \text{FUR} = 80$$

$$\text{Bastidores para FUR: } \frac{800}{112} = 7,14 \approx 8$$

3.6.3 Bastidores MK y regletas (dobles) para MK

a) Para salidas GVA/B

<u>Nº Bastidor</u>	<u>Vías</u>	<u>Nº de Regletas</u>
1 A	1; 11; 2	7; 7; 7
2 A	3; 13; 12	7; 7; 7
3 A	4; 14; 5	7; 7; 7
4 A	6; 16; 15	7; 7; 7
6 A	7; 17; 8	7; 7; 7
7 A	9	7
8 A	10	7

El número de regletas por vía es siete por cuanto en una regleta doble de 20 + 20 grupos de espigas se puede conectar las salidas de 4 bastidores GV.

$$N^{\circ} \text{ de regletas por vía} = \frac{28 \text{ bastidores}}{\frac{4 \text{ bastidores}}{\text{regleta}}} = 7 \text{ regletas}$$

b) Para FUR

En una regleta doble se conectan (20 + 20) Fures, por lo tanto es necesario 3 regletas para cada bastidor de FUR y para los 8 bastidores serán necesarias 24 regletas. Y como en un bastidor de MK caben hasta 35 de éstas es necesario un bastidor. El bastidor 5 A dentro de la fila.

c) Para entradas GVA/B

Si consideramos que cada bastidor tienen 4 selectores GVA con 10 verticales (entradas) cada una, en total habrá la posibilidad de tener 40 entradas por bastidor u 80 entradas por grupo (2 bastidores de GVA/B). Por lo tanto, como en cada regleta (20 + 20 grupos de espigas), es posible conectar las entradas de un bastidor de GV, para los 28 bastidores serán necesarias 28 regletas (do-

bles) y 1 bastidor. El bastidor 1 B.

d) Para FIR

En una regleta doble se conectan los 60 FIRES de cada -
bastidor de FIRES, por lo tanto para los 12 bastidores -
será necesario 12 regletas y un bastidor de MK más. El
bastidor 2 B.

3.6.4 Bastidores KK y regletas para KK

Debido a que tanto las entradas como las salidas deben conec-
tarse con cable troncal a través del distribuidor general -
KK menos los enlaces dentro de la misma área de central tene-
mos:

$$\frac{800}{50} = 16,00 \quad \text{Regletas}$$

$$\frac{700}{50} = 14,00 \quad \text{Regletas}$$

En cada bastidor de KK caben alrededor de 10 regletas.

$$\frac{16 + 14}{10} = 3,0 \quad \text{bastidores}$$

Una vez que hemos determinado el número de órganos y bastidores podemos diseñar el plano de colocación que se presenta en la figura 3 - 14.

3.6.5 Número total de bastidores

Bastidores para diversos	2
" de GV	28
" de GVM	4
" para FUR	8
" para FIR	12
Bastidores MK para salidas GVA/B	7
" para FUR	1
" para entradas GVA/B	1
" para FIR	1
	<hr/>
	64 BASTIDORES

3.6.6 Tiempo de Instalación

- a) 28 bastidores GVA/B 32 horas hombre X 28 = 896 Horas
Hombre.
- b) 4 bastidores GVM 32 horas hombre X 4 = 128 Horas
Hombre.
- c) 8 bastidores para FUR 24 horas hombre X 8 = 192 Horas
Hombre.

- d) 12 bastidores para FIR 24 horas hombre X 12 = 288 Horas/
Hombre.
- e) 183 regletas de MK 1 hora hombre X 183 = 183 Horas/
Hombre.
- f) 30 regletas de KK 1 hora hombre X 30 = 30 Horas /
Hombre
- g) Alarma para filas (5) 32 horas hombre X 5 = 160 Horas/
Hombre.
- h) Fuerza para filas (5) 24 horas hombre X 5 = 120 Horas/
Hombre.
- i) Montaje de hierros (8 días X 8 hombres) = 512 Horas/
Hombre.
- j) Cableado (hacia 64 bastidores) 4 horas hombre X 64 = 256
Horas/Hombre.
- k) 2 bastidores de diversos 32 horas hombre X 2 = 64 Horas/
Hombre.

SUB TOTAL 2.829

20 % de margen de seguridad = 566 horas/hombre

Total = 3.395 horas/hombre.

Pruebas = 1.200 horas hombre (3 hombres)

Tiempo total de instalación incluyendo las pruebas 4.595 ho
ras/hombre

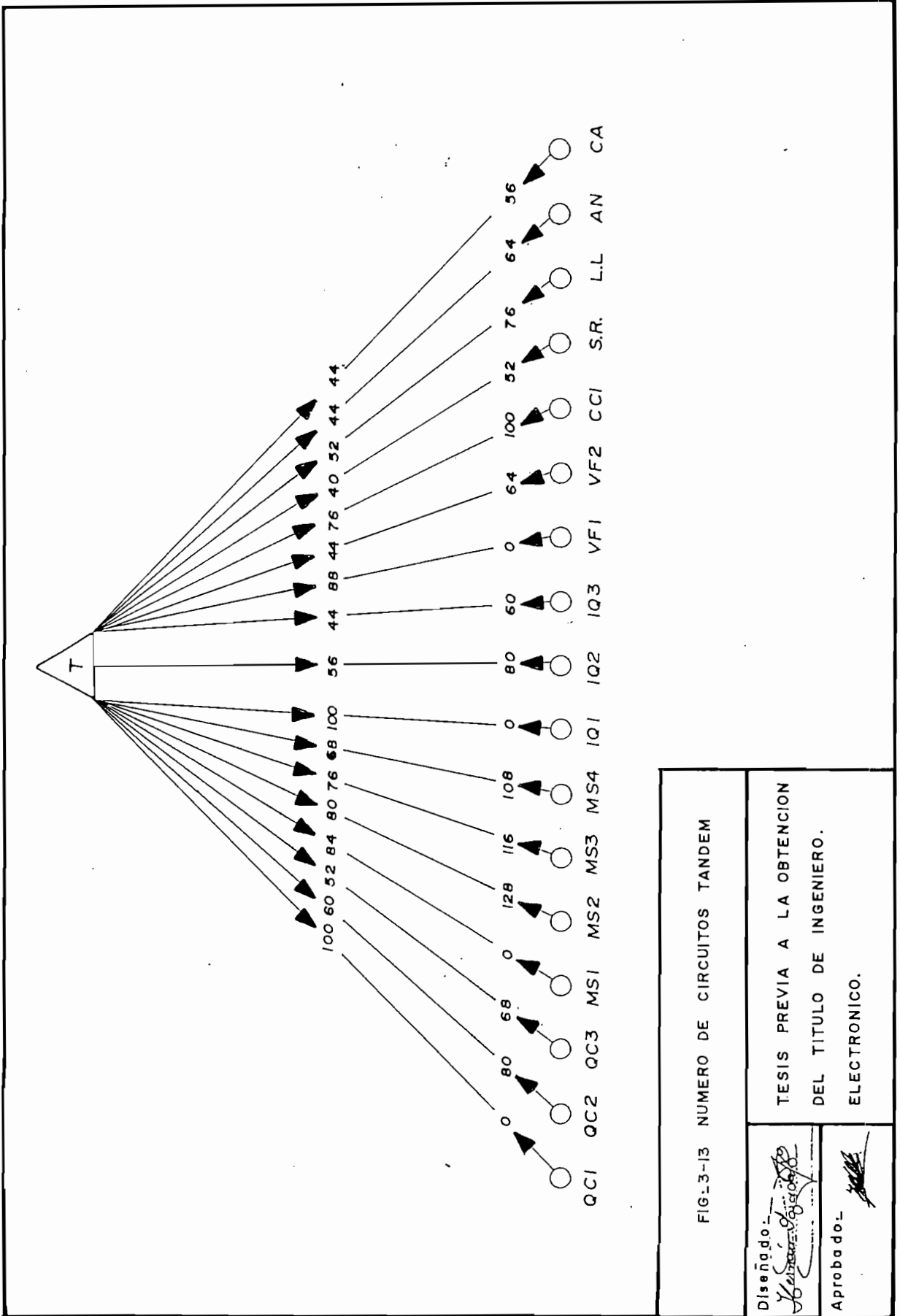


FIG-3-13 NUMERO DE CIRCUITOS TANDEM

Diseñado:
[Signature]

Aprobado:
[Signature]

TESIS PREVIA A LA OBTENCION
 DEL TITULO DE INGENIERO.
 ELECTRONICO.

C A P I T U L O I V

P L A N D E I M P L E M E N T A C I O N

Introducción

Dentro de las muchas técnicas desarrolladas en los últimos años para planificar, programar y controlar correctamente, el método PERT es de los que mejores resultados ha dado y se aplica cada vez más en forma corriente.

El método PERT al igual que otros muchos métodos modernos como el CPM, se desarrolla mediante diagramas de flechas o redes, que son la representación gráfica de los diferentes pasos a seguir para la ejecución de un proyecto cualquiera. De una serie de ventajas que presenta este método, podemos señalar que :

- a) Proporciona una visión clara y comprensible del proyecto.
- b) Permite evaluar planes alternativos.
- c) Da una secuencia para todas las operaciones.
- d) Indica cuales son las actividades que están con problemas o pueden tener problemas (ruta crítica).
- e) Permite mejorar las asignaciones de mano de obra, equipo, materiales y otros recursos.

4.1 APLICACION DEL METODO PERT

Las actividades principales en las que se puede dividir el

proyecto global para la implementación de la central Tandem de la ciudad de Quito Ecuador son :

<u>ACTIVIDADES</u>	<u>D E S C R I P C I O N</u>
A	Mediciones de tráfico en las <u>cen</u> <u>trales</u> AGF.
B	Mediciones de tráfico en las <u>cen</u> <u>trales</u> ARF.
C	Obtención de documentación sobre dimensionamiento.
D	Estudio del método a aplicarse - en el dimensionamiento.
E	Obtención de datos sobre costos de redes.
F	Procesamiento de datos.
G	Dimensionamiento de la Central - Tandem.
H	Estudio económico de costos esti- mativos.
I	Presentación y aprobación por la Jefatura de Centrales.
J	Presentación y aprobación por la Dirección Técnica.
K	Elaboración de bases para licita- ción.

L	Concurso de ofertas.
M	Adjudicación por el Comité de <u>Li</u> citaciones.
N	Obtención de financiamiento.
O	Trámites de Importación.
P	Fabricación.
Q	Embalaje y transporte (incluye - revisión del estado de los equi- pos por parte de la Cía. <u>Asegura</u> <u>dora</u> y- IETEL).
R	Instalación .
S	Pruebas, recepción provisional y puesta en operación.
T	Recepción definitiva.

4.1.1 Tiempos

En un año normal los días laborables (lunes a viernes) son -
aproximadamente de 261 días y los días festivos en una empre-
sa pública son de aproximadamente 15, lo que nos da apenas -
246 días efectivos de trabajo, en otras palabras aproximada-
mente 20 días por mes.

De acuerdo a esto :

.....

<u>ACTIVIDADES</u>	<u>t_o</u>	<u>t_p</u>	<u>t_m</u>	<u>t_e</u>
A	80	240	160	160
B	80	240	160	160
C	40	80	60	60
D	20	60	40	40
E	20	60	40	40
F	40	60	50	50
G	50	80	60	62
H	20	40	30	30
I	30	60	40	42
J	40	70	50	52
K	20	40	30	30
L	40	80	60	60
M	20	60	40	40
N	60	120	100	97
O	60	100	80	80
P	160	280	240	233
Q	100	160	120	123
R	45	60	50	51
S	50	80	60	62
T	120	240	180	180

t_o = tiempo optimista

t_p = tiempo pesimista

t_m = tiempo más probable

t_e = tiempo esperado

$$t_e = \frac{t_o + 4t_m + t_p}{6} \quad (4-1)$$

EJEMPLO:

El valor de t_e (tiempo esperado) para la actividad G será :

$$t_e = \frac{50 + (4 \times 60) + 80}{6} \approx 62$$

Con los valores de t_e obtenidos vamos a dibujar la red PERT como se muestra en la figura 4-1, en la que incluimos también los tiempos:

t_i = lo más pronto posible de comenzar y terminar una actividad.

t_i^* = lo más tarde posible de comenzar y terminar una actividad.

EJEMPLO :

Calculemos lo más pronto posible en que se puede iniciar la actividad F :

$$t_3 = t_1 + t_e \quad (B) \quad (4-2)$$

$$t_3 = 0 + 160 = 160$$

y lo más tarde posible en que podemos comenzar la actividad

E :

$$t5^* = t6^* - t_e \quad (4-3)$$

$$t5^* = 210 - 40 = 170$$

4.1.2 Holguras y camino crítico

Holgura de eventos o sucesos H (s)

$$H (s) = t_i^* - t_i \quad (4-4)$$

<u>EVENTO</u>	<u>HOLGURA</u>	<u>H(s)</u>
1	0 - 0 =	0
2	160 - 160 =	0
3	160 - 160 =	0
4	130 - 60 =	70
5	170 - 100 =	70
6	210 - 210 =	0
7	272 - 272 =	0
8	302 - 302 =	0
9	344 - 344 =	0
10	396 - 332 =	64
11	396 - 396 =	0
12	456 - 456 =	0

13	496	-	399	=	97
14	496	-	496	=	0
15	729	-	729	=	0
16	729	-	729	=	0
17	852	-	852	=	0
18	903	-	903	=	0
19	965	-	965	=	0
20	1.145	-	1.145	=	0

Holgura en actividades Ha

$$Ha = t(j)^* - t(i) - t(i-j) \quad (4-5)$$

$$i, j = 1, 2$$

Actividad	$t(j)^*$	$t(i)$	$t(i-j)$	Holgura	Ha
A	160	0	160	0	
B	160	0	160	0	
C	130	0	60	70	
D	170	60	40	70	
E	210	100	40	70	
F	210	160	50	0	
G	272	210	62	0	
H	302	272	30	0	
I	344	302	42	0	
J	396	344	52	0	

K	396	302	30	64
L	456	396	60	0
M	496	456	40	0
N	496	302	97	97
O	729	496	80	153
P	729	496	233	0
Q	852	729	123	0
R	903	852	51	0
S	965	903	62	0
T	1.145	965	180	0

El camino crítico se obtiene al unir los sucesos con holgura 0, en otras palabras las actividades que forman el camino crítico serán:

(A/B) - F - G - H - I - J - L - M - P - Q - R - S - T como puede verse en la figura 4-1, y el tiempo crítico será:

$$160 + 50 + 62 + 30 + 42 + 52 + 60 + 40 + 233 + 123 + 51 + 62 + 180 = 1.145 \text{ DIAS.}$$

Debido a que este proyecto se inició el día 1° de Marzo de 1,978 y si consideramos que aproximadamente son 20 los días laborables en el mes, como se había anotado en el subcapítulo 4.1.1 la fecha de finalización del mismo será aproximadamente :

$$\frac{1.145 \text{ días}}{20 \times 12 \frac{\text{días}}{\text{año}}} = 4 \text{ años } 9 \text{ meses } 5 \text{ días}$$

o sea : 4 de Diciembre de 1.982.

4.2 COSTOS DEL SISTEMA

Podemos dividir los costos del sistema en costos por enlaces de alta congestión y tandem y costos de instalación.

4.2.1 Costos por enlaces de alta congestión y tandem

Estos valores podemos determinar multiplicando la matriz de costos incrementales tabla 3-4 por la matriz del número de circuitos de alta congestión tabla 3-7 y por el número de circuitos tandem tomados de la figura 3-13 respectivamente.

Ejemplos :

- a) Calculemos los costos para los enlaces de alta congestión desde la central Quito Centro 2 a Mariscal - Sucre 1.

Costo incremental por enlace desde QC 2 a MS 1 = $39,5 \times 10^3$ sucres (tabla 3-4)

Número de circuitos de alta congestión de QC 2 a MS 1 = 32 (tabla 3-7)

Costos por enlaces de alta congestión de QC 2 a MS 1 = $39,5 \times 10^3 \times 32 = 1.274 \times 10^3$ sucres.

- b) Costos por enlaces tandem (salientes) de Tandem a Ma-

riscal Sucre 1.

Costo incremental por enlace Ta MS 1 = $33,5 \times 10^3$ sucres (tabla 3-4)

Número de circuitos T a MS 1 = 84 (figura 3-13)

Costos por enlaces tandem (salientes) T a MS 1 = $33,5 \times 10^3 \times 84 = 2.814 \times 10^3$ sucres.

c) Costos por enlaces Tandem (entrantes) de Quito Centro 2 a Tandem.

Costo incremental por enlace QC 2 a T = $16,9 \times 10^3$ sucres (tabla 3-4)

Número de circuitos QC 2 a T = 80 (figura 3-13).

Costos por enlaces Tandem (entrantes) QC 2 a T = $16,9 \times 10^3 \times 80 = 1.352 \times 10^3$ sucres.

De la misma manera podemos calcular todos y cada uno de los costos tanto para los enlaces de alta congestión como para los enlaces tandem, estos resultados se resumen en las tablas 4-1, 4-2 y 4-3 que se presentan a continuación y de los cuales resumimos :

Costos totales por enlaces de alta congestión .

..... 74'513.700 sucres.

Costos totales por enlaces tandem :

16'441.600 + 26'508.400 = 49'950.000 sucres

Subtotal 1 117'463.700 sucres

4.2.2 Costos de instalación y pruebas

En el subcapítulo 3-6-6 se determinó que para la instala
ción de la Central Tandem es necesario invertir ...
3.395 horas/hombre y para las pruebas 1.200 horas/hom-
bre.

Considerando que la instalación se realiza más eficien
temente con el concurso de 8 personas y las pruebas con
3 personas podemos concluir que los tiempos de instala-
ción y pruebas serán respectivamente de:

$$\frac{3.395 \text{ horas/hombre}}{(8 \times 8) \text{ horas/hombre}} \approx 53 \text{ días laborables}$$

día

$$\frac{1.200 \text{ horas/hombre}}{(3 \times 8) \text{ horas/hombre}} = 50 \text{ días laborables}$$

día

Salario mensual (20 días laborables) incluyendo décimo
tercero y décimo cuarto sueldos, subsidios familiar ..
(cuatro cargas familiares) y de antigüedad (4 años), -
bonificaciones por los días Mundial y Nacional de las
Telecomunicaciones más un 10 % por año desde 1.978 a -
1.982 en que se realizará la instalación.

a) Para un grupo de instalación compuesto de 8 personas.

1 Ingeniero Jefe de Instalación con sueldo mensual nominal de \$ 9.500,00 :	\$ 20.300	real
1 Asistente de Ingeniería con sueldo mensual nominal de \$ 7.300,00 :	\$ 16.000	real
1 Tecnólogo con sueldo mensual nominal de 5.600 :	\$ 12.700	real
5 Técnico Instaladores con sueldo mensual nominal de \$ 4.500 :	\$ 52.700	real
<hr/>		
S U M A N :	\$ 101.700	mensuales
=====	=====	=====

b) Para un grupo de pruebas compuesto por 3 personas.

1 Ingeniero Jefe de Pruebas con sueldo mensual nominal de \$ 9.500 :	\$ 20.300	real
1 Asistente de Ingeniería con sueldo mensual nominal de \$ 7.300 :	\$ 16.000	real
1 Tecnólogo con sueldo mensual nominal de \$ 5.600 :	\$ 12.700	real
<hr/>		
S U M A N :	\$ 49.000	mensual
=====	=====	=====

Los costos de instalación serán por lo tanto:

.....

$$\frac{53 \text{ días} \times 101.700 \text{ sucres}}{20 \text{ días}} = 269.505 \text{ sucres}$$

y los costos de pruebas:

$$\frac{50 \text{ días} \times 49.000 \text{ sucres}}{20 \text{ días}} = 122.500 \text{ sucres}$$

Costos de instalación y pruebas (subtotal 2) :

$$269.505 + 122.500 = 392.005 \text{ sucres.}$$

Costo Total = Subtotal 1 + Subtotal 2

$$= 117'463.700 + 392.005 = \underline{\underline{\underline{\underline{\underline{117'855.705}}}}}}$$

4.2.3 Monto de inversiones actuales (1.979)

Si multiplicamos la matriz del número de circuitos troncales a Junio de 1.978 (inicios de 1.979) tabla 2.2 con la matriz de costos incrementales tabla 3-4 podremos obtener la inversión ya realizada.

Ejemplo :

Calculemos la inversión ya realizada en los enlaces Quito Centro 2 a Mariscal Sucre 1.

Costo incremental por enlace QC 2 a MS 1 = 39,5 por 10^3 sucres (tabla 3-4)

Número de enlaces directos de QC 2 a MS 1 = 76 (tabla 2-2)

Inversiones realizadas en los enlaces directos QC 2 a MS 1 = $39,5 \times 10^3 \times 76 = 3.002 \times 10^3$ sucres.

Los resultados parciales se resumen en la tabla 4-4 en la que se incluye también el monto total de inversiones realizadas.

Monto total de inversiones realizadas: \$ 49'855.000

Inversiones a realizarse : 117'855.705 - 49'855.000

≈ \$ 68'000.000

HACIA DE	TOTAL	QC 1	QC 2	QC 3	MS 1	MS 2	MS 3	MS 4	IO 1	IO 2	IO 3	VF 1	VF 2	CC	SR	LL	AN	CA	T
Quito Centro 1																			
Quito Centro 2	7556,2				1264	642,2	523,9	405,6	974,6	477,4	238,7	1346,4	289	542	184	370,5	201,6	96,3	
Quito Centro 3	5189,5				869	439,4	354,9	270,4	664,5	325,5	173,6	910,8	204	352,3	138	271,7	151,2	64,2	
Mariscal Sucre 1																			
Mariscal Sucre 2	8776,2	1580	642,2	422,5					2015	566,4	265,5	1220,8	168	900,9	81	455,4	318	140,5	
Mariscal Sucre 3	6764	1066,5	574,6	388,7					1410,5	407,1	194,7	872	126	900,9	54	310,5	318	140,5	
Mariscal Sucre 4	5097,9	829,5	456,3	304,2					1088,1	318,6	141,6	610,4	84	693	27	227,7	233,2	84,3	
Iñaquito 1																			
Iñaquito 2	7773,3	797,4	368,9	238,7	1531,4	725,7	354	265,5				871,2	154,8	1212,6	95,4	540,6	360,8	256,3	
Iñaquito 3	3851,2	398,7	173,6	130,2	725,4	336,3	177	123,9				387,2	77,4	619,2	63,6	302,1	196,8	139,8	
Villa Flora 1																			
Villa Flora 2	2923,4	633,6	323	238	348	168	126	84	290,4	129	77,4			124,8	207,9	144	29,3	-	
Cotacolloo	11019,3	1391,6	623,3	433,6	1645,2	600,6	900,9	693	1717,8	713,7	366	753,2	218,4		74,4	575,1	187,2	125,3	
Santa Rita	2275	319,2	207	161	148,8	81	54	27	108,8	95,4	63,6	622,5	207,9	74,4	-	104,4	-	-	
La Luz	7266,8	567,6	271,7	197,6	1082,5	579,6	289,8	207	1155	540,6	222,6	616,8	144	766,8	104,4		310,4	210,4	
Andalucía	4001,1	478	226,8	151,2	569,4	190,8	318	233,2	624	278,8	147,6	207,6	58,6	187,2	35,3	232,8		61,8	
Carcelen	2019,7	218,8	128,4	64,2	253,5	56,2	140,5	84,3	367,2	186,4	116,5	56,8	-	125,3	-	157,8	61,8	-	
Tandem																			
TOTAL	74.513,6																		

TABLA 4-1 COSTOS POR ENLACES DE ALTA CONGESTION (X 1.000 sucrés)

HACIA	QC1	QC2	QC3	MS1	MS2	MS3	MS4	IQ1	IQ2
DE	3950,0	1014,0	878,8	2814,0	432,0	410,4	367,2	4030,0	991,2
T.									

IQ3	VF1	VF2	CC	SR	LL	AN	CA	TOTAL
778,8	3836,8	924,0	1755,6	1080,0	1076,4	932,8	1236,4	26.508,4

X1.000 sucres

TABLA 4-2 COSTOS POR ENLACES TANDEM
(SALIENTES)

Disenado por: *[Signature]*
 Tesis PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO ELECTRONICO.

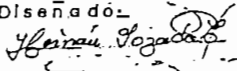
Aprobado por: *[Signature]*

HACIA DE	T
QC2	1,352,0
QC3	1,149,2
MS2	691,2
MS3	626,4
MS4	583,2
IQ2	1,416,0
IQ3	1,062,0
VF2	1,344,0
CC	2310,0
SR	1,404,0
LL	1,573,2
AN	1,356,8
CA	1,573,6
TOTAL	16.441,6

X 1.000 sucres

TABLA: A-3 COSTOS POR ENLACES TANDEM
(ENTRANTES).

Diseñador



Aprobador



TESIS PREVIA A LA OBTENCION
DEL TITULO DE INGENIERO
ELECTRONICO.

HACIA DE	TOTAL	QC 1	QC 2	QC 3	MS 1	MS 2	MS 3	MS 4	IQ 1	IQ 2	IQ 3	VF 1	VF 2	CC	SR	LL	AN	CA	T
Quito Centro 1																			
Quito Centro 2	11565,4				3002	1352	845		2215	260,4		2772	306	813					
Quito Centro 3																			
Mariscal Sucre 1																			
Mariscal Sucre 2	14597,6	5372	1284,4						4674,8	283,2		2092,8	336	554,4					
Mariscal Sucre 3	9026,2	2370	1047,8						2418	212,4		2180	336	462					
Mariscal Sucre 4																			
Iñaquito 1																			
Iñaquito 2	4292,2	886	347,2		967,2	495,6	247,8					677,6	258	412,8					
Iñaquito 3																			
Villa Flora 1																			
Villa Flora 2	3565,2	712,8	340		696	336	336		677,6	154,8				312					
Cotacollao	6808,4	994	758,8		1005,4	462	508,2		1472,4	219,6		1076	312						
Santa Rita																			
La Luz																			
Andaluca																			
Carcelen																			
Tandem																			
TOTAL	49855																		

TABLA 4-4 MONTO DE INVERSIONES REALIZADAS A 1979 (X 1.000 sucres)

C A P I T U L O V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- 1.- Si bien los sistemas telefónicos electromecánicos AGF y ARF tienden a ser reemplazados en todo el mundo por centrales electrónicas de conmutación, en nuestro país y en muchos otros estos sistemas funcionarán durante muchos años más (entre 20 y más de 50 años respectivamente), de allí la importancia de preparar personal para mantenimiento y operación de estos tipos de centrales y la razón para que se incluya en esta tesis una descripción del funcionamiento de las mismas.
- 2.- El 60 % de un proyecto telefónico corresponde a la red, por ello es de mucha importancia aplicar un plan de transmisión que sea práctico y que permita calcular en forma sencilla tanto diámetros, longitudes y tipos de cables a utilizarse, como podemos ver en el capítulo primero de esta tesis.
Si bien en el IETEL este problema ha sido resuelto satisfactoriamente, han surgido otros inconvenientes como la mala calidad de los cables adquiridos, problemas de humedad y por lo tanto de aislamiento, deficiencias en los empalmes etc.
- 3.- Los ingresos provenientes del petróleo, produjeron

un incremento de la actividad comercial y por lo tanto del tráfico telefónico, a la vez que una demanda de servicio que no pudo satisfacer el IETEL y por cuya razón tanto la opinión pública como la Cámara de Comercio de Quito, han protestado reiteradamente.

Para resolver este problema se hizo necesario adquirir e instalar equipos de medición de tráfico para evaluar cuantitativamente la calidad de servicio prestado al usuario, a la vez que para satisfacer la demanda telefónica se adquirieron equipos de central para 81.000 abonados (Región 1 y Región 2).

- 4.- Estos equipos de medición de tráfico han permitido al Departamento de Centrales Telefónicas elaborar una matriz de tráfico para poder dimensionar nuevas centrales o redimensionar las existentes como podemos ver en el capítulo 2 de la presente tesis.
- 5.- El estudio del tráfico telefónico intercentrales demuestra claramente la necesidad de implementar un sistema que permita, dadas las dificultades técnicas y económicas de aumentar la red troncal, descongestionar las rutas a la vez que aprovechar

en mejor forma el cable existente.

- 6.- El dimensionamiento de una central tandem depende en alto porcentaje de los costos de los enlaces de alta congestión, por ello es de suma importancia para el dimensionamiento tratar de minimizar los mismos, como podemos apreciar en el capítulo 3 de esta tesis.

Una vez que se han obtenido el número de circuitos de alta congestión, el tráfico de desborde puede ser definido por la media y la varianza del mismo, datos que nos darán finalmente el número de los circuitos tandem.

- 7.- Un dimensionamiento debe ir acompañado por un estudio completo de costos, por ello en esta tesis hemos obtenido los costos por enlaces de alta congestión y tandem así como los costos de instalación, suma total de la cual se han restado las inversiones ya realizadas hasta 1.979, entendiéndose por inversiones realizadas, el cable troncal, repetidores y bastidores GV, GVM, etc., que ya han sido instalados entre los diferentes sitios de central, obteniéndose así la inversión que se debería hacer para contar con una central telefónica tandem que solucione el problema del tráfico entre centrales.

- 8.- Una inversión de este tipo necesariamente debe ser controlada por un método práctico que permita la implementación del sistema sin demora alguna, pues ello puede representar además de pérdidas económicas cuantiosas, mantener el servicio telefónico deficiente por algún tiempo más, por ello se ha visto la conveniencia de aplicar el método PERT para la implementación de este sistema.

5.2 RECOMENDACIONES

- 1.- Dado el sinnúmero de dificultades que se ha tenido que sortear para obtener una matriz de tráfico o frecido es conveniente que el Departamento de Centrales Telefónicas cree una sección de tráfico, que se encargue única y exclusivamente de este estudio, pues estos datos son de primordial importancia para el dimensionamiento de nuevas centrales o redimensionamiento de las ya existentes
- 2.- Es necesario también que los ingenieros del IETEL, se encarguen de dimensionar, redimensionar las centrales de nuestra ciudad, pues se da el caso de que la Compañía Ericsson suministradora del equipo es la que realiza todos estos estudios, y el IETEL se limita a adquirir el equipo sin previa licita -

ción sea cual fuere el monto de la compra, aumen-
tando con esto la dependencia tecnológica y tam-
bién permitiendo que dicha compañía imponga los
precios que ha bien tuviere.

- 3.- Es conveniente por lo tanto que se realice el -
concurso de ofertas para la adquisición de la -
"Central Telefónica Tandem" , así como para cual
quier otra que se quiera implementar en el futu-
ro.

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

- 1.- Network Planning Research Carried Out
Por : Ingve Rapp.
- 2.- Telephone Traffic Theory - Tables and Charts
de : Siemens.
- 3.- Elementary Telephone traffic Theory
Por : Anders Elldin y Gunnar Lind.
- 4.- Seminar In Planning and Projecting of a National Telephone
Network Stockholm, March 6 - June 10, 1.978
de : International Training Center.
- 5.- Sistemas de Selectores de Coordinadas en la Telefonía Auto
mática.
de : L. M. Ericsson.
- 6.- Centrales Telefónicas Automáticas para tráfico local - Sis
tema ARF 102
de : L.M. Ericsson.
- 7.- Centrales Telefónicas Automáticas para tráfico local - Sis
tema AGF
de : L.M. Ericsson.
- 8.- Mediciones de Tráfico - Instrucciones
de : L.M. Ericsson
- 9.- Programación PERT - Instituto de Investigaciones Económicas
por : Prof. Edmundo Meneses.

- 10.- Símbolos gráficos
de : L.M. Ericsson.
- 11.- Planes de Transmisión
de : L.M. Ericsson.
- 12.- Telecomunicación
de : Blomqvist y otros autores.

A N E X O A

N O M E N C L A T U R A






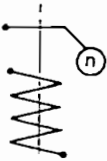
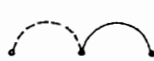

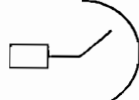
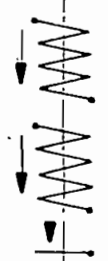
AGF	Central telefónica automática con <u>selec</u> tores paso a paso.
ARF	Central telefónica automática con <u>selec</u> tores crossbar.
ABONADO A	Abonado que hace la llamada.
LR	Relé de línea.
S	Buscador de línea.
LGR	Relé de grupo.
STR	Distribuidor de arranque.
REG y REG-L	Registro o registrador.
ABONADO B	Abonado que recibe la llamada.
GV	Selector de grupo.
LV	Selector final.
FUR	Repetidor saliente.
PBX	Abonado con conmutador privado
LVR, LXR, LKR, LXKR	Relés de control.
GIVR	Equipo terminal.
GIV	Selector de grupo.
KS	Emisor de Código.
SS	Buscador de emisor de código.
FIR	Repetidor entrante.
REG-U	Registro de traducción.
KM	Receptor de código.

BR	Relé de corte.
SM	Contador de llamadas .
TG	Generador de tonos.
KMS	Buscador de receptor de código.
SR .	Circuito de cordón.
GVR	Equipo de grupo.
RS	Buscador de Registro.
SLM	Marcador del paso de abonado.
AN-K	Analizador de categoría.
RSM	Marcador de buscador de registro.
AN-REG	Analizador de registro.
I GV	Primer paso selector de grupo.
II GV	Segundo paso selector de grupo.
MFC	Código multifrecuencial de secuencia - obligada.
SSM	Marcador del buscador de emisor de código.
GV - KM	Receptor de código del paso selector de grupo.
GVM	Marcador de selector de grupo.
GVA, GVB	Pasos parciales del selector de grupo.
SLA, SLB, SLC, SLD	Pasos parciales del paso de abonado.
CD - KM	Receptor de código del paso SLC/D.
C I	Identificador.
A - ID	Unidad de almacenamiento del número del abonado A.

MFC	Código multifrecuencial de secuencia - obligada.
NOSFER	Sistema de referencia del CCITT.
RE	Equivalente de referencia.
K	Accesibilidad.
N	Número de circuitos.
A	Tráfico ofrecido.
$E_{1,N}$	Probabilidad de pérdida-congestión en tiempo.
B	Pérdida en llamadas - congestión en <u>llamadas</u> .
TM	Medidor de Tráfico
TMA, TMB, TMVS	Juego de relés de medidor de tráfico
PCM	Sistema de modulación por impulsos <u>codificados</u> .
Pup.	Pupinizado.
P	Pares.

A N E X O B

S I M B O L O G I A

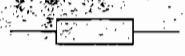
	CONTACTO DE RELE-CIERRE
	CONTACTO DE RELE-CORTE
	RELE-SIMBOLO GENERAL
	RESISTENCIA SIN INDUCTANCIA (bifilar)
	BIFURCACION O DERIVACION A VARIOS CIRCUITOS
	CONTADOR-SIMBOLO GENERAL
	CONEXION ALTERNATIVA
	APARATO TELEFONICO
	SELECTOR CON JUEGO DE RELEVADORES
	RELE CON DEVANADOS EN LA MISMA DIRECCION



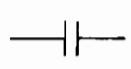
INDUCTANCIA O BOBINA INDUCTIVA



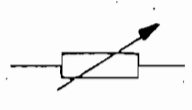
DIODO



RESISTENCIA DE BARRA (carbón)



CAPACIDAD O CONDENSADOR



RESISTENCIA VARIABLE

DEDUCCION DE FORMULAS

C 1 .- Tráfico ofrecido

$$T \text{ ofrecido} = T \text{ cursado} + T \text{ perdido} \quad (C1-1)$$

$$T \text{ ofrecido} = T \text{ cursado} + (T \text{ ofrecido} \times B) \quad (C1-2)$$

$$T \text{ ofrecido} - (T \text{ ofrecido} \times B) = T \text{ cursado} \quad (C1-3)$$

$$T \text{ ofrecido} = \frac{T \text{ cursado}}{1 - B} \quad (C1-4)$$

T = Tráfico

B = Congestión en llamadas

C 2 .- Proyección de Tráfico Futuro

El número de abonados al tiempo $t = 0$ en cada una de las cen
trales será :

$$N1^{\circ}, N2^{\circ}, N3^{\circ}, \dots \dots \dots Nn^{\circ} \quad (C2-1)$$

$$\sum_i N_i^{\circ} = M^{\circ} \quad i = 1, 2, 3, \dots \dots \dots \quad (C2-2)$$

El tráfico al tiempo $t = 0$ entre dos centrales será:

$$a_{ij}^{\circ} \quad (i, j = 1, 2 \dots \dots \dots) \quad (C2-3)$$

Tanto M° como a_{ij}° pueden ser perfectamente conocidos o deter
minados.

El número de abonados en el futuro $t = t1$ puede también ser

determinado :

$$N_1, N_2, N_3 \dots \dots \dots N_n \quad (C2-4)$$

$$\sum_i N_i = M \quad (C2-5)$$

Usando los datos mencionados el problema es calcular el tráfico a_{ij} ($i, j = 1, 2, \dots$) al tiempo $t = t_1$, y asumiendo que tanto el tráfico originado A como el tráfico terminal B es proporcional al número de abonados podemos de acuerdo a la ecuación 3-3 :

$$a_{ij} = K \frac{N_i N_j}{M} \quad (C2-6)$$

Donde K es el tráfico originado por abonado.

De la fórmula C2-6

$$a_{ij} = K_{ij} \frac{N_i N_j}{M} \quad (C2-7)$$

$$y \ a_{ij}^{\circ} = K_{ij}^{\circ} \frac{N_i^{\circ} N_j^{\circ}}{M^{\circ}} \quad (C2-8)$$

Si K_{ij} es constante con el tiempo :

$$\frac{a_{ij} M}{N_i N_j} = \frac{a_{ij}^{\circ} M^{\circ}}{N_i^{\circ} N_j^{\circ}} \quad (C2-9)$$

Despejando :

.....

$$a_{ij} = a_{ij}^{\circ} \frac{N_i N_j}{N_i^{\circ} N_j^{\circ}} \frac{M^{\circ}}{M} \quad (C2-10)$$

Otro modelo de proyección se obtiene si asumimos que la suma de tráfico de un abonado de la central i a todos los abonados de la central j, así como el tráfico de todos los abonados de la central i a un abonado en la central j es constante.

Esto nos lleva a obtener la siguiente expresión:

$$a_{ij} = a_{ij}^{\circ} \frac{N_i N_j}{N_i^{\circ} N_j^{\circ}} \frac{N_i^{\circ} + N_j^{\circ}}{N_i + N_j} \quad (C2-11)$$

C3 .- Función mejoradora

Para el análisis matemático vamos a considerar un patrón triangular, en el que asumimos que las demás centrales del sistema está ubicadas alrededor de estas tres como se muestra en la figura C3 - 1.

Datos conocidos :

A1 = tráfico ofrecido a la vía 1

M20, V20 = media y varianza del tráfico ofrecido a la vía 2, excluyendo el tráfico de desborde de la vía 1.

M30, V30 = lo mismo para la vía tres.

C_1, C_2, C_3 = Costos por circuito adicional para las vías 1, 2, 3 respectivamente.

$$M_2 = M_{20} + m_1 \quad (C3-1)$$

$$V_2 = V_{20} + v_1 \quad (C3-2)$$

Asumiendo que la pérdida en la central Tandem es muy pequeña.

$$M_3 = M_{30} + m_1 \quad (C3-3)$$

$$V_3 = V_{30} + v_1 \quad (C3-4)$$

El problema es determinar los valores de N_1, N_2, N_3 que minimicen la función costos.

$$C = N_1 C_1 + N_2 C_2 + N_3 C_3 \quad (C3-5)$$

Por criterios de servicio N_2, N_3 son funciones de N_1 . Para encontrar el punto óptimo de C igualamos a cero la derivada con respecto a N_1 .

$$\frac{\partial C}{\partial N_1} = C_1 + \frac{\partial N_2}{\partial N_1} C_2 + \frac{\partial N_3}{\partial N_1} C_3 = 0 \quad (C3-6)$$

A partir de esta ecuación vamos a considerar dos métodos para determinar N_1 , el primero nos da la solución exacta y el segundo una solución aproximada.

C3.1 .- Solución exacta

Por condiciones de servicio

$$N2 = N2 (M2, V2) \quad (C3-7)$$

$$\frac{\partial N2}{\partial N1} = \frac{\partial N2}{\partial M2} \frac{\partial M2}{\partial N1} + \frac{\partial N2}{\partial V2} \frac{\partial V2}{\partial N1} \quad (C3-8)$$

Usando las ecuaciones C3-1 y C3-2 donde $M2$ y $V2$ son constantes obtenemos :

$$\frac{\partial M2}{\partial N1} = \frac{\partial m1}{\partial N1} \quad (C3-9)$$

$$\frac{\partial V2}{\partial N1} = \frac{\partial v1}{\partial N1} \quad (C3-10)$$

Ecuaciones del mismo tipo encontramos para $\frac{\partial N3}{\partial N1}$

e insertando en la ecuación C3-6 obtenemos:

$$\frac{\partial C}{\partial N1} = C1 + C2 \left[\frac{\partial N2}{\partial M2} \frac{\partial m1}{\partial N1} + \frac{\partial N2}{\partial V2} \frac{\partial v1}{\partial N1} \right] + \dots$$

$$c_3 \left[\frac{\partial N_3}{\partial M_3} \frac{\partial m_1}{\partial N_1} + \frac{\partial N_3}{\partial V_3} \frac{\partial v_1}{\partial N_1} \right] = 0 \quad (C3-11)$$

$$0 = c_1 + c_2 \frac{\partial N_2}{\partial M_2} \frac{\partial m_1}{\partial N_1} + c_2 \frac{\partial N_2}{\partial V_2} \frac{\partial v_1}{\partial N_1} + \dots$$

$$c_3 \frac{\partial N_3}{\partial M_3} \frac{\partial m_1}{\partial N_1} + c_3 \frac{\partial N_3}{\partial V_3} \frac{\partial v_1}{\partial N_1} \quad (C3-12)$$

$$0 = c_1 + \frac{\partial m_1}{\partial N_1} \left[c_2 \frac{\partial N_2}{\partial M_2} + c_3 \frac{\partial N_3}{\partial M_3} \right] + \frac{\partial v_1}{\partial N_1} \left[\dots \right]$$

$$c_2 \frac{\partial N_2}{\partial V_2} + c_3 \frac{\partial N_3}{\partial V_3} \quad (C3-13)$$

De esta ecuación se puede calcular el valor de N_1 pero más aplicable es la solución aproximada.

C3.2 .- Solución aproximada

Para la solución exacta se usó M y V como parámetros de tráfico para las vías alternativas. Nosotros podemos usar la relación $\theta = \frac{V}{M}$ en lugar de V . Así podemos escribir:

$$N_2 = N_2 (M_2, \theta_2) \quad (C3-14)$$

$$\frac{\partial N_2}{\partial N_1} = \frac{\partial N_2}{\partial M_2} \frac{\partial M_2}{\partial N_1} + \frac{\partial N_2}{\partial \theta_2} \frac{\partial \theta_2}{\partial N_1} \quad [C3-15]$$

De las relaciones :

$$M_2 = M_{20} + m_1 \quad [C3-16]$$

$$\theta_2 = \frac{V_2}{M_2} = \frac{V_{20} + v_1}{M_{20} + m_1} \quad [C3-17]$$

Considerando que tanto M_{20} como V_{20} son constantes

$$\frac{\partial M_2}{\partial N_1} = \frac{\partial m_1}{\partial N_1} \quad [C3-18]$$

$$\frac{\partial \theta_2}{\partial N_1} = \frac{M_2 \frac{\partial V_2}{\partial N_1} - V_2 \frac{\partial M_2}{\partial N_1}}{M_2^2} \quad [C3-19]$$

$$\frac{\partial \theta_2}{\partial N_1} = \frac{1}{M_2} \frac{\partial V_2}{\partial N_1} - \frac{V_2}{M_2^2} \frac{\partial M_2}{\partial N_1}$$

$$\frac{\partial \theta_2}{\partial N_1} = \frac{1}{M_2} \frac{\partial V_2}{\partial N_1} - \frac{1}{M_2} \frac{V_2}{M_2} \frac{\partial M_2}{\partial N_1}$$

$$\frac{\partial \theta_2}{\partial N_1} = \frac{1}{M_2} \left[\frac{\partial v_1}{\partial N_1} - \theta_2 \frac{\partial m_1}{\partial N_1} \right] \quad (C3-20)$$

Remplazando C3-20 en la ecuación C3-15 obtenemos :

$$\frac{\partial N_2}{\partial N_1} = \frac{\partial N_2}{\partial M_2} \frac{\partial m_1}{\partial N_1} + \frac{\partial N_2}{\partial \theta_2} \frac{1}{M_2} \left[\frac{\partial v_1}{\partial N_1} - \theta_2 \frac{\partial m_1}{\partial N_1} \right] \quad (C3-21)$$

El segundo término de esta expresión puede ser positivo, negativo o cero. Esto tiene generalmente un pequeño valor numérico de tal manera que :

$$\frac{\partial N_2}{\partial N_1} \approx \frac{\partial N_2}{\partial M_2} \frac{\partial m_1}{\partial N_1} \quad (C3-22)$$

Por analogía

$$\frac{\partial N_3}{\partial N_1} \approx \frac{\partial N_3}{\partial M_3} \frac{\partial m_1}{\partial N_1} \quad (C3-23)$$

Remplazando las ecuaciones C3-22 y C3-23 en la ecuación C3-15 obtenemos :

$$\frac{\partial C}{\partial N_1} \approx C_1 + C_2 \frac{\partial N_2}{\partial M_2} \frac{\partial m_1}{\partial N_1} + C_3 \frac{\partial N_3}{\partial M_3} \frac{\partial m_1}{\partial N_1} = 0 \quad (C3-24)$$

$$C1 + \frac{\partial m1}{\partial N1} \left[C2 \frac{\partial N2}{\partial M2} + C3 \frac{\partial N3}{\partial M3} \right] = 0$$

$$- \frac{\partial m1}{\partial N1} = \frac{C1}{C2 \frac{\partial N2}{\partial M2} + C3 \frac{\partial N3}{\partial M3}} \quad (C3-25)$$

Para cálculos manuales se hace uso de la aproximación de V. Rapp el cual sustituye la derivada del lado izquierdo de la ecuación C3-25 con la denominada función mejoradora y usando constantes empíricas deduce el valor del miembro de la derecha en función de ϵ como a continuación mostramos :

$$F(N,A) = \epsilon (0,7 + 0,3 \epsilon^2) \quad (C3-26)$$

En la cual

$$F(N,A) = -A \left[B_{N+1}(A) - B_N(A) \right] \quad (C3-27)$$

Donde :

$$\epsilon = \frac{C1}{C1 + C2} \quad (C3-28)$$

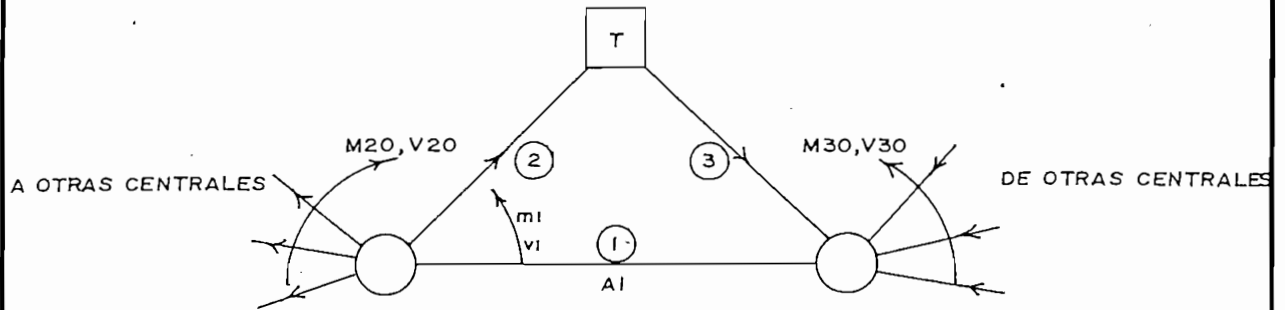
A = tráfico ofrecido a la vía directa

N = número de circuitos en la vía directa

B = congestión en llamadas - pérdida

E = relación de costos incrementales

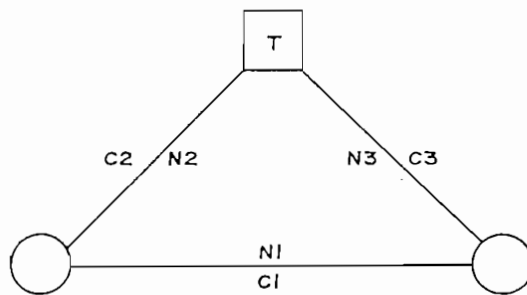
$F(N, A)$ = función mejoradora, que expresa el incremento de tráfico en la vía de alta congestión al aumentar el número de enlaces de alta congestión desde N a $N + 1$.



AI = TRAFICO OFRECIDO A LA VIA 1

m_1 = MEDIA
 v_1 = VARIANCIA } DEL TRAFICO DE SOBRECARGA DE LA VIA 1

M_{20}, M_{30} = MEDIA
 V_{20}, V_{30} = VARIANCIA } DEL TRAFICO DE SOBRECARGA ACUMULADO DE OTRAS CENTRALES



N_1, N_2, N_3 = NUMERO DE CIRCUITOS EN LA VIA RESPECTIVA

C_1, C_2, C_3 = COSTO POR CIRCUITO EN LA VIA RESPECTIVA

FIG. C3-1 PATRON TRIANGULAR

Diseñado:

[Handwritten signature]

Aprobado:

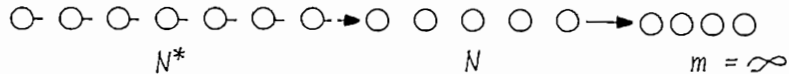
[Handwritten signature]

TESIS PREVIA A LA OBTENCION
 DEL TITULO DE INGENIERO
 ELECTRONICO.

C4 .- MEDIA Y VARIANZA

En la figura C4-1 se muestra el tráfico rechazado o de desborde desde una vía de alta congestión con enlaces N como superficies sombreadas sobre una línea $N-N$. Resulta claro que el tráfico que se rechaza a una vía alternativa (tandem) no es del mismo carácter que el tráfico que se ofrece a la vía de alta congestión. Un método práctico (pero aproximado) es describir el tráfico rechazado por el valor medio y la varianza.

C4.1 .- Media y varianza para caracterización del tráfico cursado y tráfico de desborde



Considerando un grupo de circuitos con accesibilidad completa consistente de dos partes N finito y m infinito (o si el número de fuentes de tráfico N^* es finita y $m \geq (N^* - N)$). La división del grupo de accesibilidad completa se usará para describir las características del tráfico rechazado o de desborde por el grupo N , este tráfico rechazado será atendido por el grupo m . Las características del sistema pueden definirse por (p, q) donde :

p = número de ocupaciones simultáneas en la vía directa.

q = número de ocupaciones simultáneas en la vía alternativa.

Y cuyos valores fluctuaran entre :

$$0 \leq p \leq N \quad (C4-1)$$

$$0 \leq q \leq m \quad (= \infty) \quad (C4-2)$$

$$0 \leq p + q \leq N^* \quad (C4-3)$$

El problema es ahora determinar las características del tráfico rechazado por el grupo primario N .

Un método práctico (pero aproximado) es como ya dijimos el describir el tráfico de desborde o rechazado por la media y la varianza.

$$M = \sum_{p=0}^N \sum_{q=1}^{\infty} q [p, q] \quad (C4-4)$$

$$V = \sum_{p=0}^N \sum_{q=1}^{\infty} (q-M)^2 [p, q] \quad (C4-5)$$

La formulación de ecuaciones de estado para $[p, q]$ es posibi

ble para calcular los valores de M y V , aunque se obtiene expresiones muy complicadas.

El caso más común es que el tráfico de desborde puede ser definido como una distribución de Erlang en la cual M y V están determinados por :

$$M = A \cdot E_N (A) \quad (C4-6)$$

$$V = M \left[1 - M + \frac{A}{N + 1 - A + M} \right] \quad (C4-7)$$

Expresión en la cual $E_N (A)$ es la congestión en tiempo y es igual al tráfico rechazado sobre el tráfico ofrecido a la vía de alto uso. estas expresiones han sido obtenidas por Riordan. Las características del tráfico rechazado o tráfico de desborde para una distribución de Erlang y para un grupo de accesibilidad completa se define cuando $V > M$. En cuyo caso el tráfico se dice que es degenerado.

Físicamente esto implica que las llamadas son más concentradas que en un tráfico al azar. Palm llama a esto "concentración esporádica" lo cual implica que las llamadas cogen el grupo secundario solamente cuando todos los circuitos en el grupo primario son ocupados ($p = N$).

C5 .- CIRCUITOS TANDEM

La suma de los valores de media y varianza Mit y Vit pueden ser caracterizados en forma más conveniente como el tráfico de sobre carga de un grupo ficticio de circuitos con un número equivalente de circuitos de alto uso igual a nit y tráfico ofrecido equivalente Ait .

Con estos antecedentes y de acuerdo a las fórmulas 3-10 y 3-11 - subcapítulo 3.4.2 podemos escribir :

$$Mit = Ait E_{nit} (Ait) \quad (C5-1)$$

$$Vit = Mit \left[1 - Mit + \frac{Ait}{1 + nit + Mit - Ait} \right] \quad (C5-2)$$

Wilkinson dedujo en forma aproximada el valor de Ait :

$$Ait = Vit + 3 \frac{Vit}{Mit} \left[\frac{Vit}{Mit} - 1 \right] \quad (C5-3)$$

De la ecuación C5-2 podemos despejar el valor de nit .

$$\frac{Vit}{Mit} = 1 + Mit = \frac{Ait}{1 + nit + Mit - Ait} \quad (C5-4)$$

$$1 + nit + Mit - Ait = \frac{Ait}{\frac{Vit}{Mit} - 1 + Mit} \quad (C5-5)$$

$$nit = \frac{Ait}{\frac{Vit}{Mit} - 1 + Mit} - Mit + Ait - 1 \quad (C5-6)$$

$$nit = Ait \left[\frac{1}{\frac{Vit}{Mit} - 1 + Mit} + 1 \right] - Mit - 1 \quad (C5-7)$$

$$nit = Ait \left[\frac{1 + \frac{Vit}{Mit} + Mit - 1}{\frac{Vit}{Mit} + Mit - 1} \right] - Mit - 1 \quad (C5-8)$$

Dividiendo numerador y denominador por $\frac{Vit}{Mit} + Mit$

$$nit = Ait \left[\frac{1}{\frac{Vit}{Mit} + Mit - 1} \right] - Mit - 1 \quad (C5-9)$$

$$nit = \frac{Ait}{1 - \frac{1}{Mit + \frac{Vit}{Mit}}} - Mit - 1 \quad (C5-10)$$

Con los valores de Ait y el valor de congestión en las vías tandem (E_o) Wilkinson dedujo una fórmula simplificada para