

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA
DEL LITORAL**

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

**“ Diseño de un Sistema de Radiotelefonía
Movil Celular para la Provincia de El Oro”**

Tesis de Grado

Previa a la Obtencion del Título de
INGENIERO EN ELECTRICIDAD
Especialización: **ELECTRONICA**

PRESENTADA POR:

Miriam V. Ramos Barberán

GUAYAQUIL — ECUADOR

1987

AGRADECIMIENTO

A los profesores de la ESPOL ,
que supieron orientarme en mi
carrera académica.

Al pueblo de mi Patria con cu-
yo diario sacrificio se forjan
los profesionales universita -
rios.

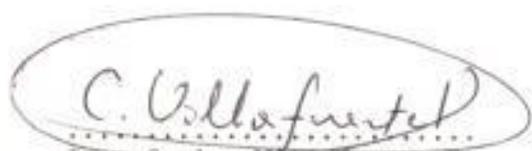
DEDICATORIA

A MIS ADORADOS PADRES : ALBA Y
ECUADOR

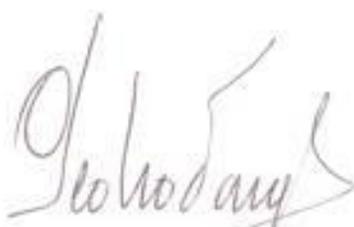
Por el amor, sacrificio y comprensión que han sabido darme en todo momento y que hoy se refleja en la culminación con éxito de esta trascendental etapa de mi vida.

A MI QUERIDO LUIS

Quien me ha brindado todo su apoyo y cariño.

A handwritten signature in cursive script, enclosed within an oval border.

.....
Ing. Carlos Villafuerte P.
DECANO DE LA FACULTAD DE
INGENIERIA ELECTRICA

A handwritten signature in cursive script.

.....
Ing. Pedro Vargas G.
DIRECTOR DE TESIS

A handwritten signature in cursive script.

.....
Ing. Pedro Carló P.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

A handwritten signature in cursive script, enclosed within an oval border.

.....
Ing. Juan C. Avilés C.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACION EXPRESA

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

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


.....
MIRIAM V. RAMOS BARBERAN

RESUMEN

La presente tesis contempla la realización del diseño de un Sistema de Radiotelefonía Móvil Celular para la Provincia de El Oro, a través del cual se podrá hacer llegar servicio telefónico a sitios dentro de la mencionada Provincia que presenten la ausencia casi total del mismo, permitiendo la comunicación entre abonados móviles y los que utilizan la red pública.

El diseño se ha basado en los principios de la estructura celular, dividiendo la zona tratada en celdas cuya cobertura es función de sus respectivas demandas determinadas partiendo de un estudio de tráfico vehicular, lo que permitirá efectuar una conveniente distribución de radiocanales dentro del rango de frecuencias utilizable en Radiotelefonía Móvil.

El sistema empleará un equipo automático que eleve su eficacia realizando la supervisión continua de la señal que se transmite y produciendo la conmutación correspondiente cuando se de el paso de un móvil desde una celda hacia otra adyacente.

INDICE GENERAL

	<u>Pág.</u>
RESUMEN	VI
INDICE GENERAL	VII
INDICE DE FIGURAS	XI
INTRODUCCION	15
I. PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE RADIOTELEFONIA MOVIL CELULAR	17
1.1 Generalidades	17
1.2 Características principales	18
1.3 Elementos básicos	19
1.3.1 Equipo móvil de abonado	21
1.3.2 Estación base de radio	21
1.3.3 Equipo de la Central Telefónica	21
1.4 Radioteléfonos móviles manuales y auto- máticos	22
1.5 La Estructura Celular	24
1.5.1 Reutilización de Frecuencias	25
1.5.2 Subdivisión Celular	25
1.6 Consideraciones acerca de la distribu- ción de frecuencias	29
1.6.1 Asignación de radiocanales	31
1.6.2 Control de los canales en celdas- pequeñas	31
II. DESCRIPCION DEL EQUIPO EMPLEADO EN EL SISTE	

MA DE RADIOTELEFONIA MOVIL CELULAR	36
2.1 Consideraciones generales	36
2.1.1 Central Telefónica	40
2.1.2 Estación Base de Radio	79
2.1.3 Equipo de abonado móvil	91
2.2 Estructura de red y plan de frecuencias	98
2.3 Operación y mantenimiento preventivo	103
III. ENRUTAMIENTO Y TRANSFERENCIA DE LLAMADAS	110
3.1 Métodos de llamada	110
3.1.1 Llamada a abonado móvil	110
3.1.2 Llamada desde abonado móvil	112
3.1.3 Llamada de móvil a móvil	117
3.2 Métodos de transferencia	117
3.2.1 Transferencia a otra central telefónica	118
3.2.2 Transferencia a otra estación base durante una comunicación en curso	119
IV. ANALISIS DEL TRAFICO VEHICULAR PARA LA PROVINCIA DE EL ORO	122
4.1 Consideraciones acerca de la demanda	122
4.2 Clasificación de vehículos según la Dirección Nacional de Tránsito	123

	<u>Pág.</u>
4.3 Determinación del número de suscriptores móviles	129
V. DISEÑO DEL SISTEMA DE RADIOTELEFONIA MOVIL- CELULAR PARA LA PROVINCIA DE EL ORO	131
5.1 Alcance del sistema	131
5.2 Usuarios móviles	133
5.3 Número de estaciones base	133
5.3.1 Area a ser cubierta	134
5.3.2 Nivel deseado de la relación se- ñal/ruido	141
5.3.3 Nivel de intensidad de campo re- querido en el área de servicio	141
5.3.4 Facilidades de acceso	142
5.3.5 Localización de las estaciones	142
5.4 Número de centrales de conmutación	151
5.5 Distribución de radiocanales	151
5.6 Definición de parámetros para cálculo de Potencia	156
5.7 Potencia de transmisión necesaria en ca- da una de las estaciones base	169
5.8 Definición de parámetros para cálculo de radioenlaces	179
5.9 Radioenlaces de microondas dentro del diseño	195

	<u>Pág.</u>
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	240
BIBLIOGRAFIA	243

INTRODUCCION

La necesidad de organizar de manera más eficaz y productiva el campo de las Telecomunicaciones de una nación, ha propiciado el desarrollo de lo que se conoce como Sistemas Telefónicos Móviles, los mismos que permiten establecer la comunicación entre abonados circulando en vehículos y los que utilicen la red telefónica pública. De aquí, se puede deducir la importancia del empleo de un sistema de este tipo, tomándolo como una extensión de la red telefónica que se utiliza a diario, dentro de la cual abonados móviles tendrán posibilidad de realizar o recibir llamadas con un teléfono que puede ser transportado ya sea en su bolsillo o en su automóvil, realizándose este proceso de una manera tan sencilla como si el usuario se encontrara en su casa u oficina.

Como una de las alternativas del Sistema Telefónico Móvil, se presenta el tipo Celular, lo cual se aborda en el presente estudio con miras a aumentar significativamente la capacidad de tráfico telefónico de manera tal que responda a los requerimientos de la región a tratarse. Dicho concepto celular implica la subdivisión en sectores en los cuales se pueda reutilizar espectros de frecuencia para incrementar el número de beneficiarios con el sistema propuesto.

A partir de las características dadas, surge la utilización de un SISTEMA TELEFONICO MOVIL CELULAR, en el caso particular de una Provincia de nuestro país que se destaca por su gran movimiento económico y además por la posición de frontera con nuestro vecino país del sur, el Perú, cual es la de El Oro.

Se ha coincidido en definir a las comunicaciones móviles como la extensión del hombre moderno y realmente es así, pues, las necesidades de comunicación han pasado a constituirse en una de las principales, de lo que se infiere que un país con un sector de Telecomunicaciones organizado y suficientemente desarrollado, progresa, lo que no sucede con países poseedores de sistemas de comunicaciones deficientes.

En base a las mejoras que presenta el sistema materia de este estudio con excelentes resultados en otros países del mundo, es importante dejar sentada la inquietud de su futura utilización no sólo a nivel provincial sino enfocado dentro del interés nacional.

CAPITULO I

PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE RADIOTELEFONIA MOVIL CELULAR

1.1 GENERALIDADES

Igual como sucedió con los sistemas telefónicos del pasado, el de Radiotelefonía Móvil ha constituido una real ayuda en la búsqueda por encontrar soluciones efectivas a los problemas principales de las Comunicaciones en la sociedad moderna. El solo hecho de poder contar con un sistema de comunicación permanente en una región determinada, sin considerar las demás facilidades que brinda un sistema de este tipo, es suficiente ventaja orientada directamente al desarrollo no sólo de las Telecomunicaciones sino de todos los sectores económicos y productivos de nuestro país.

La subdivisión en celdas o células que se dan a través del criterio "Celular" en el seno del sector objeto de estudio, proporciona un mayor aprovechamiento del espectro de frecuencias asignado para así asegurar la satisfacción plena de la demanda existente en el mismo.

Siguiendo el propósito fundamental de procurar la optimización del empleo del sistema propuesto y por las innumerables ventajas que presenta el hecho de automatizarlo, que se detallarán en su oportunidad, se ha elegido este medio con el fin de obtener los mejores resultados en cuanto a eficacia, rapidez y calidad del diseño a realizarse.

1.2 CARACTERISTICAS PRINCIPALES

El Sistema de Radiotelefonía Móvil Celular presenta como objetivo primordial el de dar servicio telefónico a usuarios que se encuentren en posición fija o en movimiento, ya sea que se trasladen con sus propios medios o con la ayuda de un vehículo, contando con la posibilidad de gozar de servicios tales como: alertar al abonado móvil sobre el ingreso de una llamada, al mismo tiempo que se encuentre en otra conversación y permitir una mayor velocidad en las llamadas, todo con miras a facilitar la satisfacción de las necesidades del hombre.

En zonas urbanas muy grandes, los canales disponibles están frecuentemente ocupados casi en su totalidad, por lo cual se hace imprescindible emplear la técnica de la subdivisión celular para así aumentar-

el número de canales disponibles pues al contar con varias celdas pequeñas dentro de una zona determinada, las unidades móviles sufren una disminución automática de su potencia, dando esto lugar a una elevación de la capacidad de tráfico del sistema.

1.3 ELEMENTOS BASICOS

Los elementos principales del Sistema de Radiotelefonía Móvil Celular son : los equipos móviles de abonados llamados también estaciones móviles; las estaciones base de radio, y, el equipo de la central telefónica.

Obviamente el enlace entre el abonado móvil y su central será vía radio, para lo cual se va a necesitar de las estaciones base, quienes tendrán a su cargo una determinada área para cubrir o una determinada serie para manejar. La idea básica es de que en el centro de cada una de las células exista una estación base, cuya área puede variar de tamaño según sean las demandas geográficas y de tráfico. El conjunto de todas estas células o celdas forman el sistema , de donde viene el nombre de Sistema Celular. (Véase Fig. N° 1).

- 1.- CENTRAL TELEFONICA
- 2.- ESTACIONES BASES
- 3.- ABONADO MOVIL

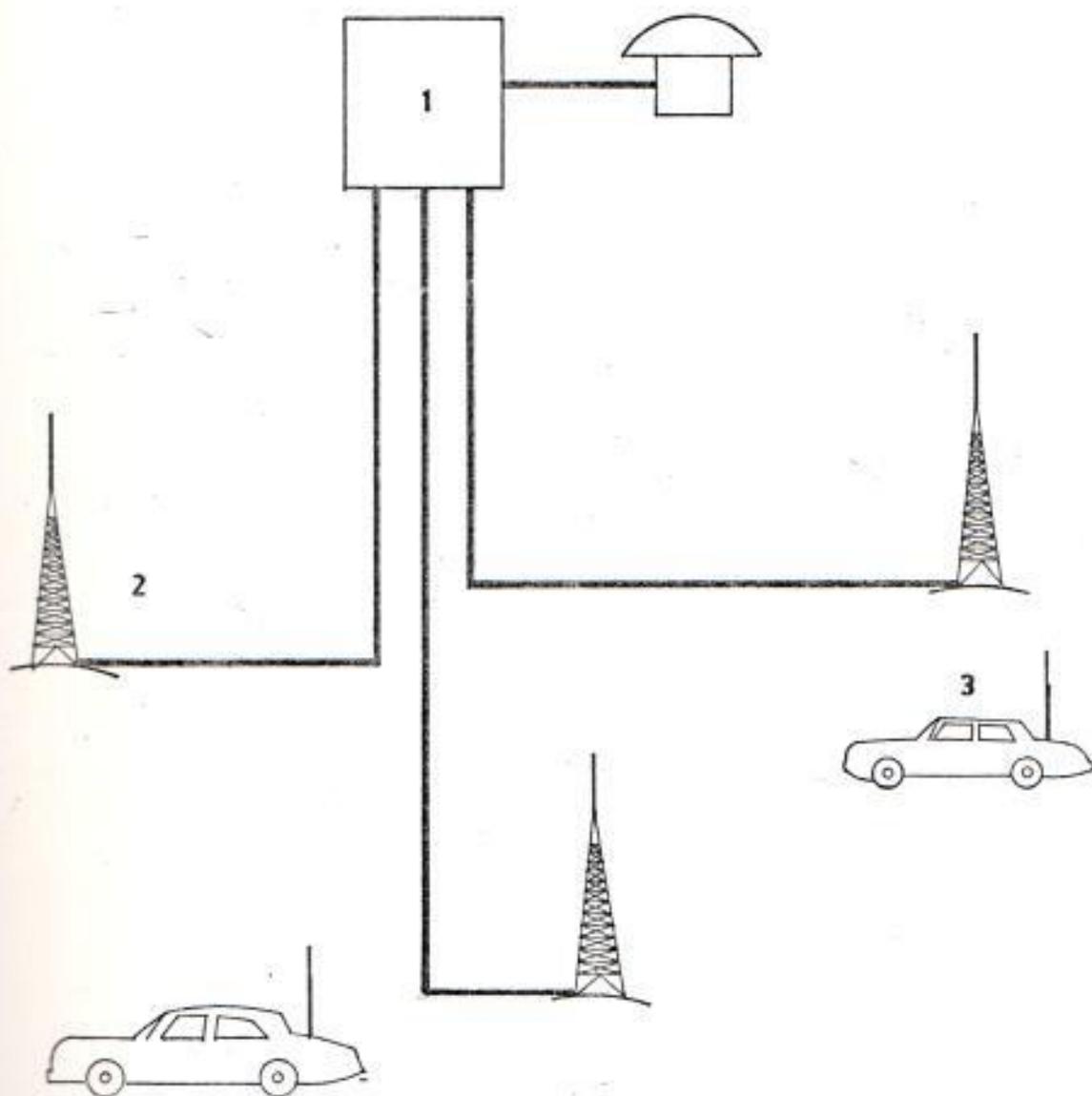


Fig.Nº 1 ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE UN SISTEMA DE RADIOTELEFONIA MOVIL CELULAR

1.3.1 EQUIPO MOVIL DE ABONADO

Llamado también estación móvil, consiste de -
pequeñas estaciones de radio montadas en vehí-
culos o en aparatos de bolsillo que tienen un
teclado para que los conductores puedan esta-
blecer comunicaciones de habla, cómodamente ,
a lo largo de toda la región a ser cubierta -
por el sistema.

1.3.2 ESTACIONES BASE DE RADIO

Se encargan de la comunicación por radio con
los abonados móviles dentro de su propia zo -
na, además se ocupan de transmitir todas las
señales entre la red de radio y el equipo de
la central telefónica.

1.3.3 EQUIPO DE LA CENTRAL TELEFONICA

Permite conectar las estaciones base de radio
a través de líneas telefónicas corrientes. -
Gracias a su estructura modular de funciones,
puede emplearse para tráfico de teléfonos mó-
viles con el tráfico público ordinario.

1.4 RADIOTELEFONOS MOVILES MANUALES Y AUTOMATICOS

La Radiotelefonía Móvil que se encarga de conectar una llamada desde un radio móvil en la red telefónica pública, presenta su característica manual cuando dicha conexión es hecha por un operador, lo cual en base a estudios realizados a nivel de los diferentes países que la utilizan ha presentado problemas como: tiempo elevado para establecer las comunicaciones; - necesidad de utilizar personal permanente para realizar las llamadas y contabilizar el tiempo para asuntos de cobros; falta de seguridad en cuanto a garantizar que una conversación no sea escuchada por otros usuarios; en el caso de sectores muy poblados, puede presentarse la necesidad de pedir a un determinado usuario que termine la llamada para satisfacer otras demandas, éstos, entre otros motivos, llevaron a la búsqueda de la automatización del sistema y sus requerimientos.

Tales sistemas automáticos de Radiotelefonía, que comienzan a desarrollarse a partir de 1981 representan éxitos en el campo de las Telecomunicaciones, ya que con ellos se introduce el concepto mismo de las células, a través del cual se plantea el uso de transmisores de baja potencia, lo que significa que muchas-

celdas pueden utilizar la misma frecuencia y más personas pueden usar el sistema.

Dentro de este sistema de carácter automático cada unidad móvil informa continuamente a la central telefónica sobre su posición. Cuando dicho sistema lo componen varias centrales, éstas intercambian información sobre un suscriptor móvil que sale o entra al sistema. Este proceso de seguimiento puede extenderse también a través de otras fronteras que no sean las del servicio local. De acuerdo a éstos principios un suscriptor que llama no necesita conocer la posición de otro móvil. El sistema de telefonía móvil de este tipo emplea las mismas señales de tono que se usan en la red telefónica fija junto con las mismas normas de señalización convencionales, como son el tono de llamada, entre otras.

Una máquina parlante informará al abonado que llama si el abonado llamado no es accesible. Por otra parte, el establecimiento de una conexión entre una unidad móvil y otro abonado está basado en el número marcado, teniéndose un período de espera después de marcar apenas más largo que el establecido con una línea fija ordinaria.

Para garantizar una buena calidad del habla durante toda la llamada, dicha calidad se supervisa continuamente; si la calidad empeora el sistema conmutará automáticamente a una condición de radio con mejores características.

En cuanto a la tasación, ésta puede llevarse a cabo usando ya sea una tarifa dependiente de la posición y del tiempo u otra que dependa solamente del tiempo durante el cual se realiza una llamada.

En definitiva y en base a las características mencionadas del sistema de radiotelefonía automático, se puede deducir el hecho de que su uso conduce a una forma muy flexible y eficaz de servicio telefónico, e incluso se puede preveer su empleo no sólo a nivel de abonados móviles sino también de aquellos abonados de difícil acceso con enlace físico.

1.5 LA ESTRUCTURA CELULAR

La aplicación celular a un sistema de telefonía móvil cualesquiera debe comprender dos aspectos básicos: por un lado el de reutilizar frecuencias para conseguir un mejor aprovechamiento del espectro de frecuencias empleado para este tipo de sistema, y,

por otra parte, el de subdividir áreas grandes con -
gestionadas en pequeñas.

1.5.1 REUTILIZACION DE FRECUENCIAS

Partiendo del hecho de que las zonas que pre-
sented una gran demanda de canales, pueden -
ser divididas en células pequeñas perfectamen-
te definidas lo cual a su vez permita satisfac-
er demandas que aumenten con el tiempo, sur-
ge el planteamiento del reuso de frecuencias-
basado en emplear iguales frecuencias en cel-
das que se encuentren lo suficientemente sepa-
radas, asegurándose de este modo la no presen-
cia de interferencias entre los canales exis-
tentes. Observando un esquema básico en el -
que figura un grupo de 32 celdas, se puede pro-
poner la utilización de la misma gama de fre-
cuencias para las celdas "A" y "B", las mis-
mas que cumplen con los requerimientos anota-
dos para tales fines. (Véase Fig. N° 2).

1.5.2 SUBDIVISION CELULAR

El proceso de subdivisión celular se hace ne-
cesario cuando al dividir una región en cel -

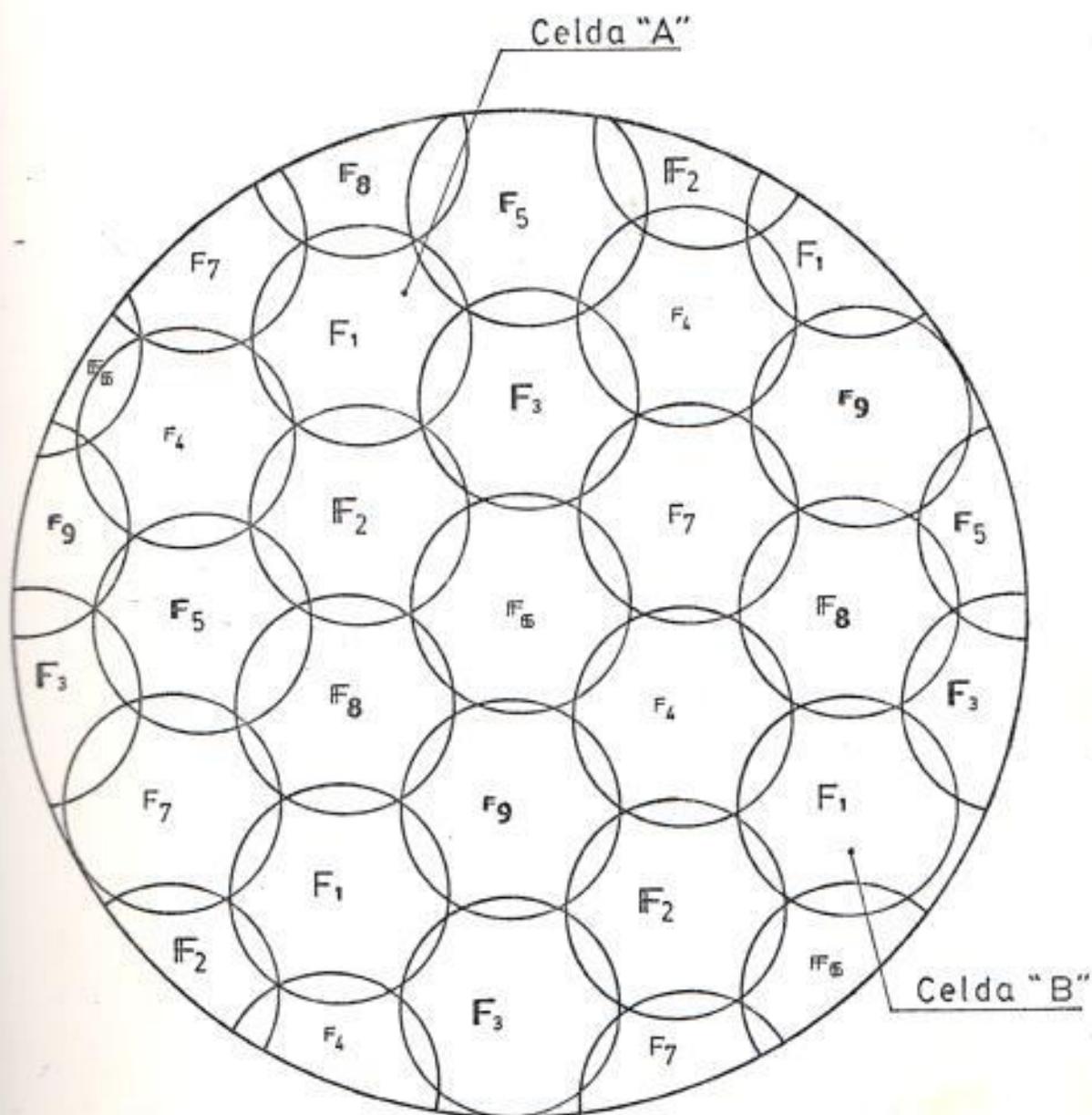


Fig. N° 2 REUTILIZACION DE FRECUENCIAS

das de igual tamaño, a las que se ha asignado un número determinado de canales, la demanda en algunas de ellas sea tal que sobrepase la asignación de canales hecha originalmente; se hará imprescindible entonces subdividir a dichas celdas en células cada vez más pequeñas, para así cumplir con la demanda que presenten las mismas.

Por ejemplo si la celda C1 requiere un mayor número de canales que los inicialmente asignados, se procederá a subdividirla, lo mismo se hará con las celdas restantes hasta la celda C6. (Véase Fig. N° 3).

Como podrá notarse, y en lo que será la aplicación de este sistema de Radiotelefonía Móvil a la Provincia de El Oro, la figura de celdas circulares va a ser utilizada a manera de patrón y no las hexagonales o cuadradas, debido al hecho de que un proceso de este tipo implicaría un mayor costo en dicha aplicación, además de que como se verá más adelante se van a utilizar antenas omnidireccionales y se deberá emplear su patrón de radiación a cabalidad.

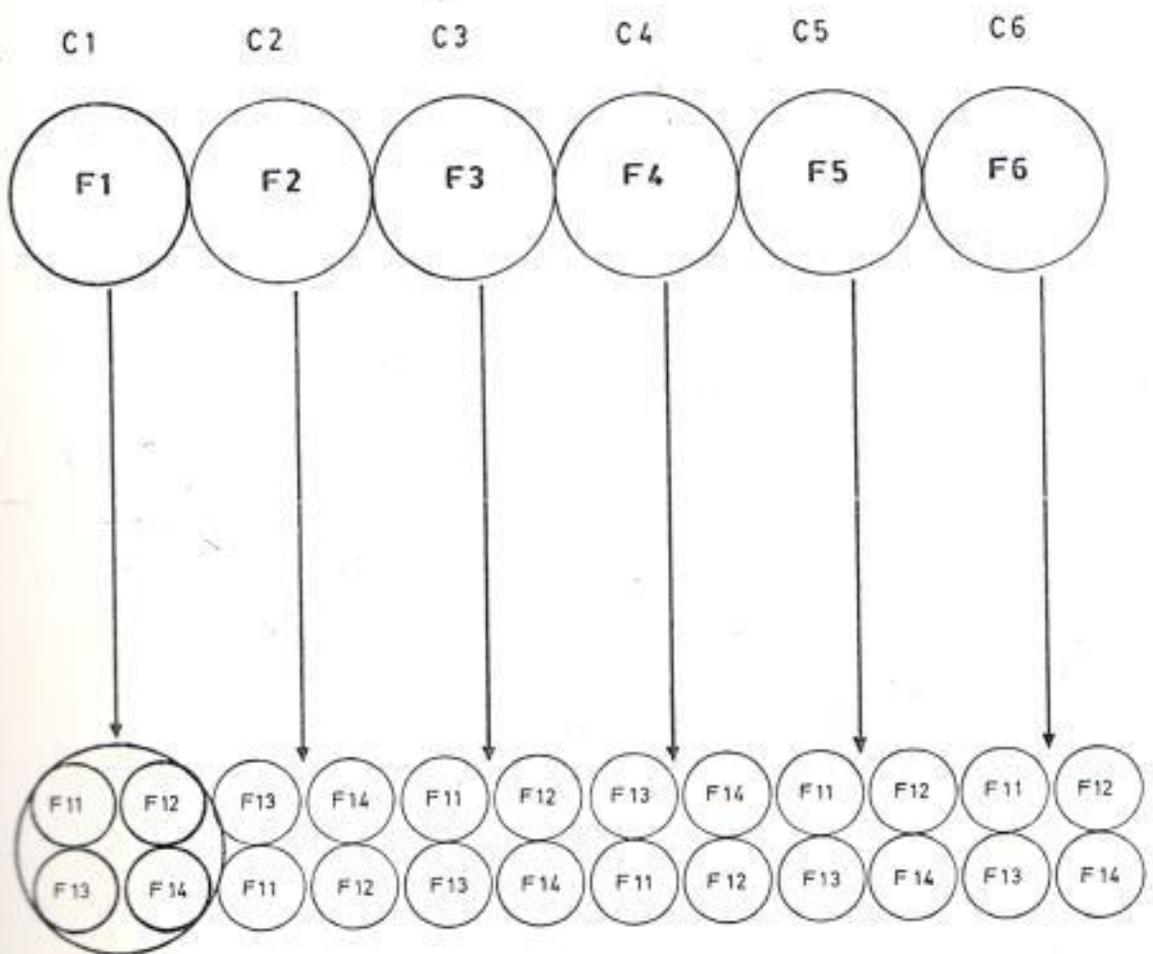


Fig. N° 3 PROCESO DE SUBDIVISION CELULAR

1.6 CONSIDERACIONES ACERCA DE LA DISTRIBUCION DE FRECUEN CIAS

Al hablar de lo que constituye la distribución de frecuencias dentro de este sistema, deben ser tomados muy en cuenta los diferentes efectos interferentes y perturbadores que pueden hacer disminuir su calidad y eficiencia, entre los que se detallan los siguientes:

- Efectos interferentes producidos en el mismo canal: se dan cuando dos o más estaciones base que utilizan el mismo canal no presentan la separación adecuada entre ellas.
- Efectos interferentes producidos en el canal adyacente: pueden ocurrir cuando no se tenga el suficiente cuidado en definir la cobertura para cada una de las estaciones base, dándose el caso de zonas que son cubiertas por más de una estación de este tipo.
- Efectos interferentes debidos a productos de intermodulación: producen la disminución de la calidad de los sistemas radioeléctricos y encuentran su explicación en las siguientes razones: por emi

siones no deseadas en los transmisores; por emisiones no deseadas en los elementos no lineales, externos a los transmisores; por presencia de sobrecargas en los circuitos de entrada de los receptores.

Todos los efectos mencionados requieren para su análisis cuantitativo la definición de los siguientes conceptos:

- a) Atenuación de acoplamiento: que es la relación entre la potencia radiada desde un transmisor con respecto a la potencia de dicha emisión en la salida de otro transmisor que pueda generar el producto de intermodulación no deseado.
- b) Atenuación por conversión de intermodulación: que es la diferencia que existe entre el nivel de potencia de la señal interferente externa y el del producto de intermodulación, ambos en la salida del transmisor.
- c) Atenuación de propagación del producto de intermodulación: que se define como la atenuación del producto de intermodulación entre la salida del transmisor que lo genera y el receptor correspon

diente.

El cálculo de la atenuación global entre un transmisor y un receptor que funcione a la frecuencia del producto de intermodulación generado por el primero, se plantea como la suma de los tres tipos de atenuación descritos en los literales a, b, y c, antes detallados.

1.6.1 ASIGNACION DE RADIOCANALES

La asignación de canales dentro del empleo del sistema va a realizarse utilizando juegos de pares de canales, cada uno de ellos comprendiendo un par para la transmisión y otro para la recepción. Se deberá tratar de que los canales de cada estación base estén repartidos de manera uniforme con una separación constante de frecuencia entre ellos, con lo que se conseguirá eludir la interferencia que debida a los productos de intermodulación se pueda presentar.

1.6.2 CONTROL DE LOS CANALES EN CELDAS PEQUEÑAS

Las señales erróneas en los canales radioeléc

tricos para el caso de celdas pequeñas, pueden entrañar una pérdida del control de los mismos y la imposibilidad de establecer un canal de tráfico entre estaciones móviles y de base. La confiabilidad en la obtención de un canal de tráfico debe ser razonablemente elevada ya que:

- Los canales radioeléctricos equivalen a las líneas de abonados en la red telefónica pública con conmutación, y,
- Las estaciones base pueden perder el control de las estaciones móviles, por lo que la probabilidad de tal situación debe ser lo más reducida posible.

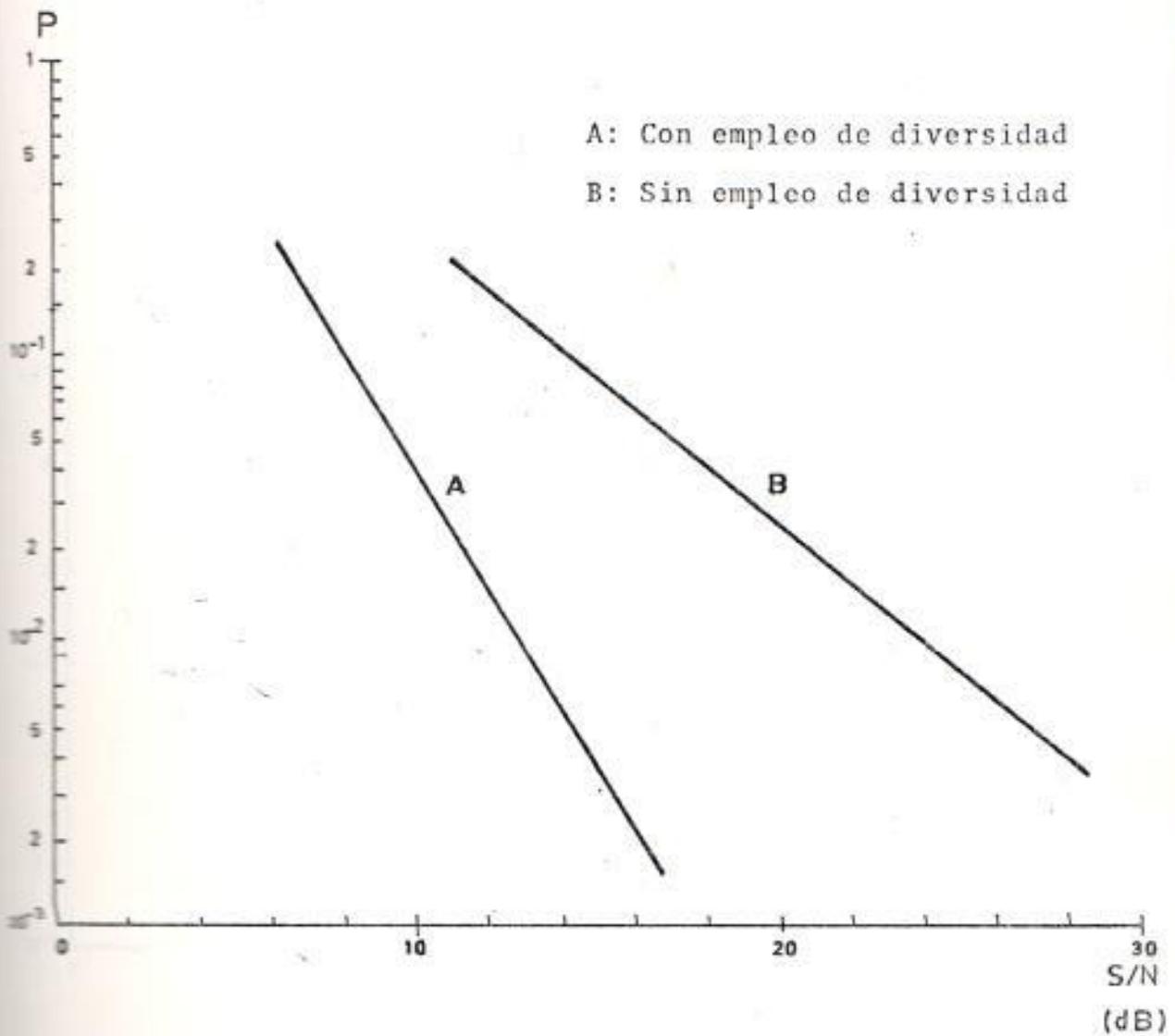
La confiabilidad de los canales de control o de tráfico, puede mejorarse a base de los siguientes métodos:

- Utilización de la diversidad.
- Utilización de códigos correctores de errores.
- Emisión repetida de la señal de control.
- Utilización de técnicas de secuencia obli-

gada; por ejemplo, métodos con reciclado y repetición.

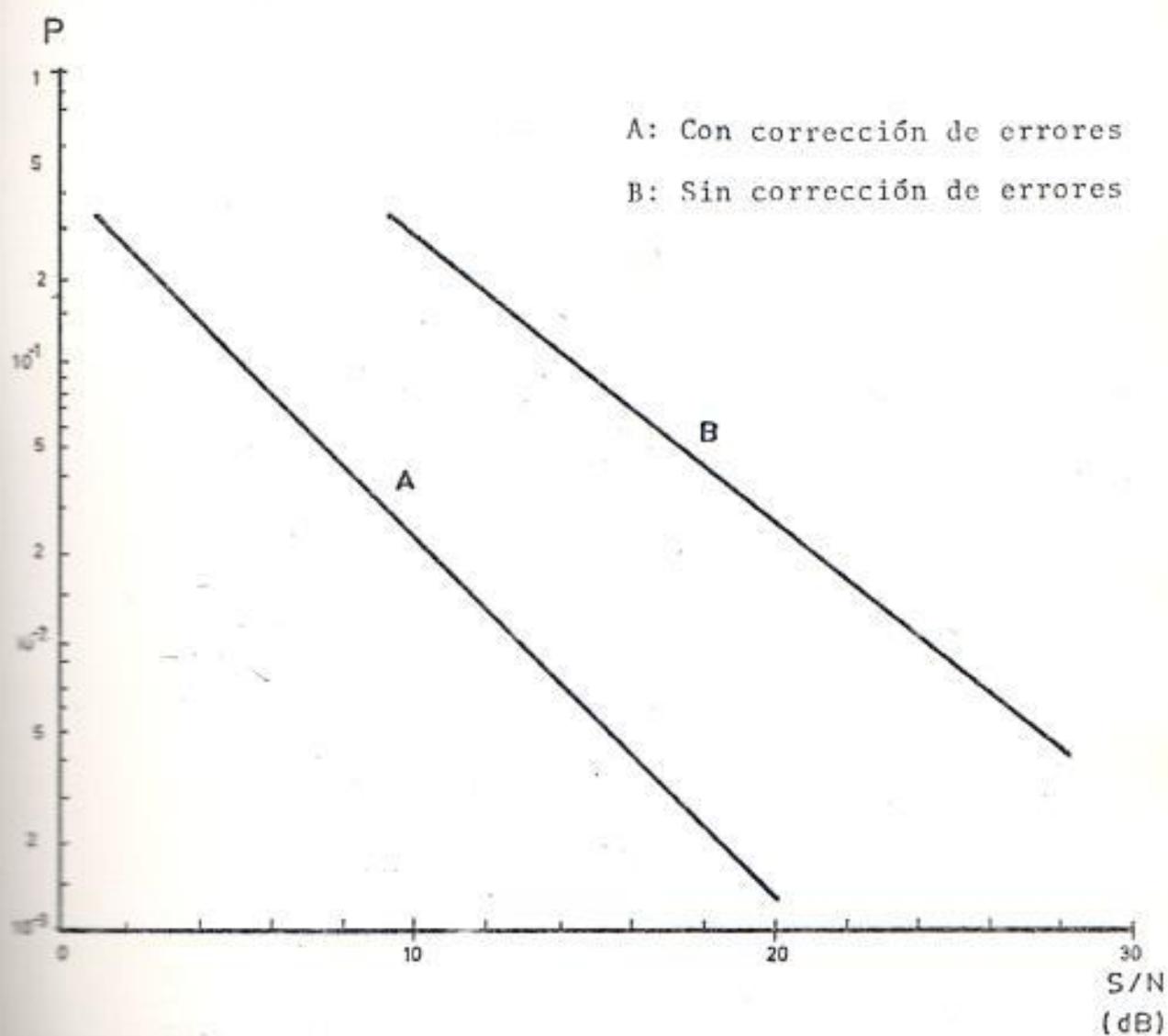
La elección del método adecuado a ser empleado depende de las condiciones del sistema. - Resultados de algunas pruebas prácticas y con simulador muestran que con el empleo de la diversidad, la probabilidad de no recepción de un mensaje se reduce considerablemente (véase Fig. N° 4); lo mismo se podrá apreciar al analizar la probabilidad de no recepción de un - mensaje utilizando los códigos correctores de errores. (Véase Fig. N° 5).

Lav. No. _____



P Probabilidad de no recepción del mensaje
S/N..... Relación Señal/Ruido.

Fig. N°4 EFECTO DE LA DIVERSIDAD



P Probabilidad de no recepción del mensaje
 (S/N) Relación Señal / Ruido (dB)

Fig. N° 5 EFECTO DE LOS CODIGOS CORRECTORES
 DE ERRORES

CAPITULO II

DESCRIPCION DEL EQUIPO EMPLEADO EN EL SISTEMA DE RADIOTELEFONIA MOVIL CELULAR

2.1 CONSIDERACIONES GENERALES

El escoger un equipo de Radiotelefonía Móvil para implementar un diseño cualesquiera no constituye una tarea fácil, dicho equipo debe cumplir con los requerimientos y disponibilidades no sólo a nivel provincial, sino a un nivel más amplio dentro de nuestro país.

En lo que va del desarrollo de Sistemas Móviles Celulares de tipo automático, algunos han sido los tipos de equipos propuestos en el mercado internacional, entre los que se encuentran: el DINA T.A.C. de Motorola, el CMS 88 de Ericsson, el General Electric, el Northern Telecom, el ITT'S Celltrex, el E.F. Johnson, el Fujitsu Ten's AVM, entre otros.

Todos y cada uno de los equipos mencionados constituyeron sin lugar a dudas soluciones reales a los incontables problemas que se presentaron en la aplicación de la Radiotelefonía Móvil Celular dentro del

campo de las Telecomunicaciones, a medida que su uso fue siendo más y más imprescindible en muchos países del mundo entero.

Si bien los principios de funcionamiento y partes constitutivas de cada uno de los equipos mencionados guardan una cierta similitud en lo relativo a resultados que de ellos se obtienen, la selección en lo que respecta al uso en este diseño del CMS 88 de Ericsson tiene una razón fundamental: trabaja con la Central de Conmutación AXE 10. No es intención de este trabajo restar importancia a los demás sistemas automáticos creados, sino la de sujetar el diseño propuesto a las posibilidades inmediatas o a corto plazo que presente nuestro país, y en este sentido es de destacar que dentro del grupo de provincias comprendidas en la región R-2, el IETEL ya ha empleado la Central de Conmutación AXE 10 en la Provincia del Guayas con excelentes resultados, lo que plantea la perspectiva de poderla utilizar en las restantes de ésta región; en base a ésta premisa resulta a toda luz evidente la utilización de un sistema que trabaje con la central a ser destinada en este caso dentro de la Provincia de El Oro por parte del IETEL (AXE 10), lo cual se traduzca en significativos ahorros de equipos en lo que se refiere a uso de in -

terfases, ya que la central del equipo tratado consiste en un módulo conectable a la AXE 10 sin necesidad de interfases de ningún tipo.

Esta ventaja que presenta el CMS 88 de poderse conectar a la AXE 10, sumada a las facilidades que proporciona el equipo en lo que se refiere a flexibilidad y modularidad, hacen de esta elección, si no la mejor por lo menos una que garantice un trabajo eficiente dentro de la Provincia tratada.

Una vez determinado el equipo a ser empleado en el diseño, es importante describir de manera clara el funcionamiento de cada uno de sus elementos para tener una visión exacta del comportamiento del CMS 88 internamente, ya que sólo estudiando los elementos de un sistema uno a uno, se lo puede conocer en su totalidad. Estos elementos son:

- La Central Telefónica
- La Estación Base de Radio
- El Equipo de Abonado Móvil

De su análisis detallado, surgirá de manera evidente la explicación de cómo opera en su interior un equipo de Radiotelefonía Móvil Celular. (Véase Fig. N°6).

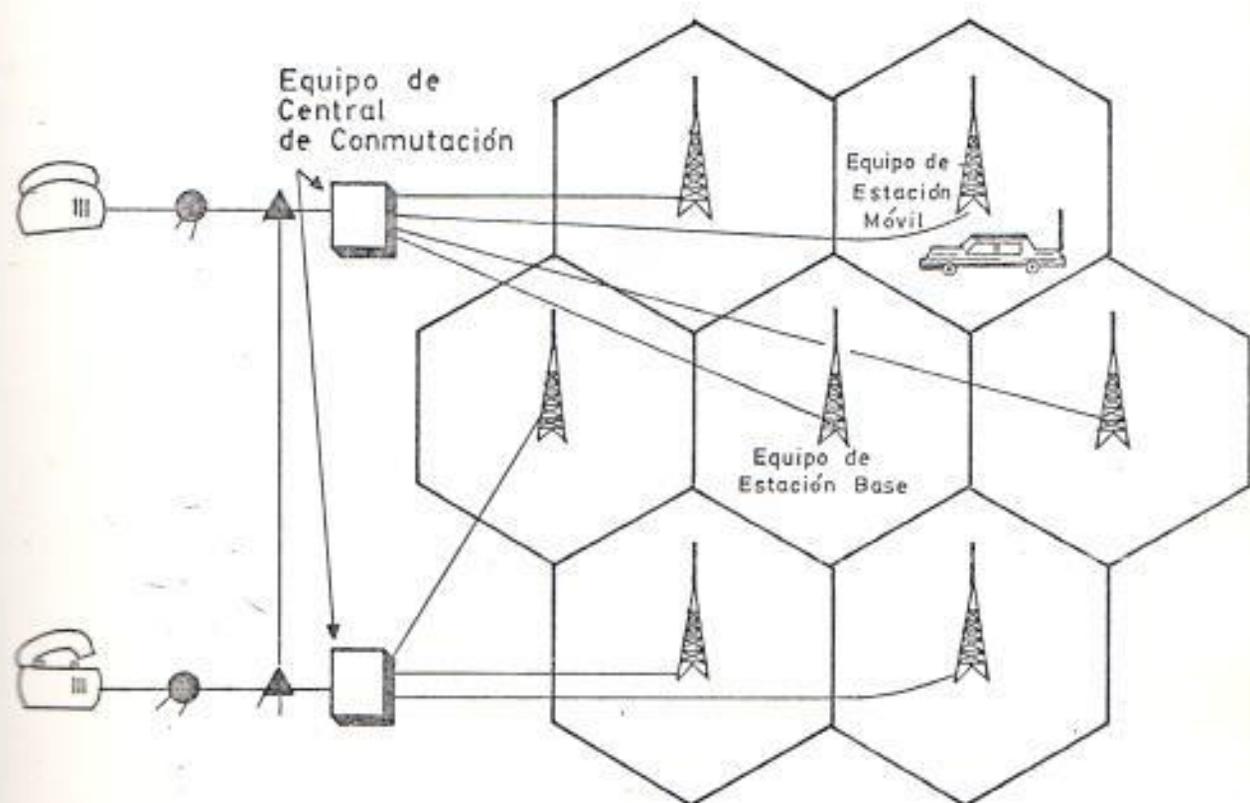


Fig. Nº 6 ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE UN EQUIPO DE RADIOTELEFONIA MÓVIL CELULAR

2.1.1 CENTRAL TELEFONICA

La mejor manera de estudiar o evaluar un equipo es comprender por qué tiene un diseño determinado, colocarlo en su ambiente o entorno y anotar cuáles son las exigencias que este entorno impone al sistema. Esto es lo que se procederá a efectuar en el caso de la central telefónica AXE 10.

Si colocamos la central en su ambiente obtenemos la siguiente apreciación: La central telefónica está en contacto directo con los abonados, la administración telefónica y la red telefónica. La Economía Total, junto con la estructura de red del futuro, las exigencias de la administración y de los abonados, determinan el diseño del equipo de la central telefónica. En este sentido, por Economía Total se entiende que el equipo aprovecha eficazmente la red telefónica, lo cual implica también ventajas económicas para los abonados. (Véase Fig. N° 7).

La presencia del equipo telefónico de la central AXE 10 en una red, exige básicamente que

Economía total



Fig. N° 7 LA CENTRAL TELEFONICA EN SU
AMBIENTE

la misma pueda introducirse en la estructura de red existente, al mismo tiempo que pueda adaptarse a lo que será la red telefónica del futuro. Los puntos principales que hay que tratar antes de abordar el estudio del funcionamiento y constitución interna de una central AXE 10 son: Construcción de la red, Servicios de abonados y Servicios administrativos.

CONSTRUCCION DE LA RED

La mayor parte de las redes telefónicas actuales son de tipo analógico, no obstante acabarán digitalizándose. El paso a la técnica digital no sólo implica transformación técnica sino que además trae consigo el realizar una estructuración más económica de la red. Esta estructura de red se puede describir simplemente como una jerarquía de selectores de grupo en una serie de niveles a los cuales se conectan pasos de abonados y unidades remotas de abonados. La estructura de red digital deberá presentarse como un cambio gradual, de aquí que aportaciones como las reflejadas en este estudio sirvan para acelerar aún más el

proceso de cambios que en este sentido ha de darse.

SERVICIOS DE ABONADOS

Una misión importante de la central telefónica en general que debe cumplir la AXE 10, es la de conectar enlaces de habla entre los abonados en forma rápida, fiable y con buenas características de transmisión. Además de estos servicios primarios, se espera que facilidades tales como selección por teclado, marcación abreviada, despertador automático y consulta, alcancen tanta importancia que sean clasificadas como estándar. Además de estos, hay una serie de servicios que en un sistema moderno deben poder ofrecerse a los abonados en forma de facilidades adicionales. Estos servicios deben formarse como módulos que se puedan aplicar al equipo para un mercado determinado y abonados específicos. Un grupo de tales facilidades están destinadas a atender en primer lugar a la administración pública y a funciones como: retrollamada automática, transferencia de números, entre otras.

SERVICIOS ADMINISTRATIVOS

Las tareas administrativas en lo que se refiere a la comunicación telefónica son cada vez más automáticas y computarizadas; esto significa que la central AXE 10 debe emitir datos en tal forma que puedan alimentarse directamente en el sistema administrativo para su procesamiento posterior y recibir, tratar órdenes y datos que se generen desde diferentes partes del sistema administrativo.

El sistema administrativo involucrado en el uso del equipo CMS 88, comprende funciones para operación y mantenimiento automático, tasación completamente automática y temporización.

Luego de haber efectuado una introducción a lo que representa el sistema telefónico AXE 10, y con el propósito de comprender de manera elocuente el papel de la central telefónica a usarse en este diseño, es necesario analizar las funciones de conmutación, y luego enfocar su funcionamiento detalladamente.

a) FUNCIONES DE CONMUTACION

Es importante destacar antes de comenzar a estudiar cómo está construido el equipo de la Central Telefónica AXE 10, los principales pasos que se deben dar en una conexión que la misma establezca. Se asumirá que la conexión va a darse entre dos abonados A y B y que el primero va a llamar al segundo.

Lo primero que la central telefónica o de conmutación ha de hacer es identificar al abonado que intenta llamar. Durante la recepción de la llamada se pueden definir cuatro pasos:

- Detección de un auricular descolgado ;
- Control de si el abonado tiene alguna restricción, por ejemplo si está bloqueado para llamar;
- Conexión de un órgano que pueda dar alimentación de corriente durante la conversación además de emitir tonos, por ejemplo tono de registrador, tono de ocupado.

- Control del tipo de aparato telefónico del abonado A, es decir, si tiene un teléfono de teclado o de disco dactilar. (Véase Fig. N° 8).

El siguiente paso en el proceso de conexión es preparar la recepción de cifras. La central ha de controlar que pueda almacenar las cifras esperadas antes de que el abonado obtenga permiso para comenzar a marcar.

Esta preparación dentro del equipo de la Central AXE 10, significa que se reserva un área de datos. Esta área puede servir como lugar de almacenamiento de las cifras y para administrar la continuación del proceso de conexión. Generalmente el área se denomina registro de registrador o registro de supervisión. Cuando esté elegido el registro se emite tono de registrador al abonado, lo que significa que ahora la central está lista para recibir las cifras. (Véase Fig. N° 9).

Las cifras se analizan según se van reci-

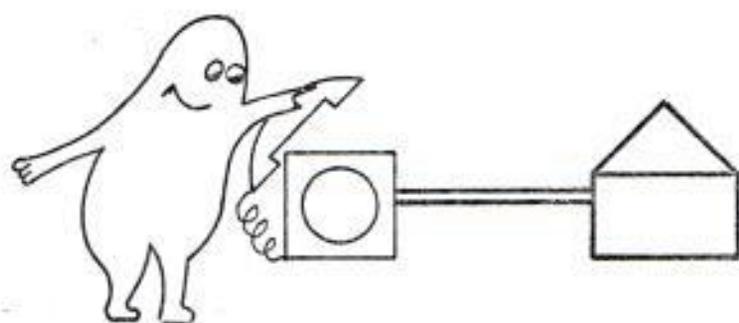


Fig. N° 3 RECEPCION DE LLAMADA

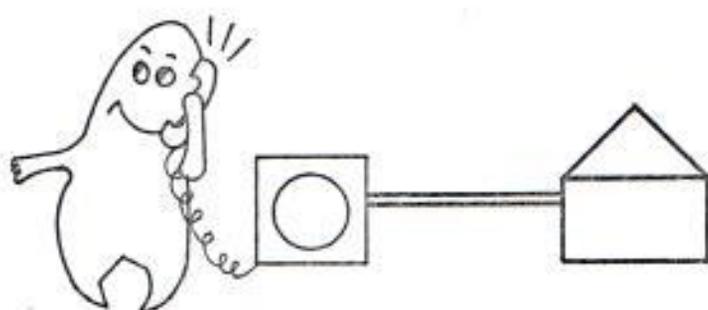


Fig. N^o 9 CONEXION DE REGISTRADOR

biendo; normalmente sólo se analizan las tres o cuatro primeras. El resultado del análisis es una indicación de abonado B, es decir, a qué línea se ha de dirigir la conexión. Si se trata de una conexión saliente, una conexión a otra central, se indica en cambio una ruta saliente. (Véase Fig. N° 10).

El análisis del abonado B comprende entre otras cosas el averiguar si el abonado B está libre; si es así se lo califica ocupado y se le asigna un órgano que puede dar alimentación de corriente y emitir señal de llamada. La conexión se efectúa vía el paso de abonado.

Cuando la conexión ha llegado hasta el punto en que el abonado B está indicado y calificado de ocupado, lo natural es intentar interconectar el abonado A y el B. Aquí se trata de una selección de vía interna en la central. El selector a través del cual se elige la vía normalmente se denomina selector de grupo. (Véase Fig. N° 11).

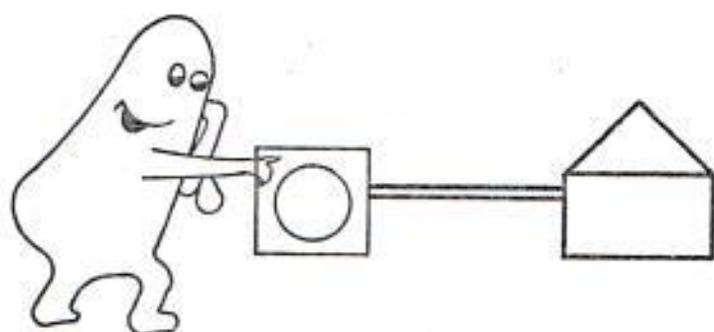


Fig. N° 10 RECEPCION DE CIFRAS

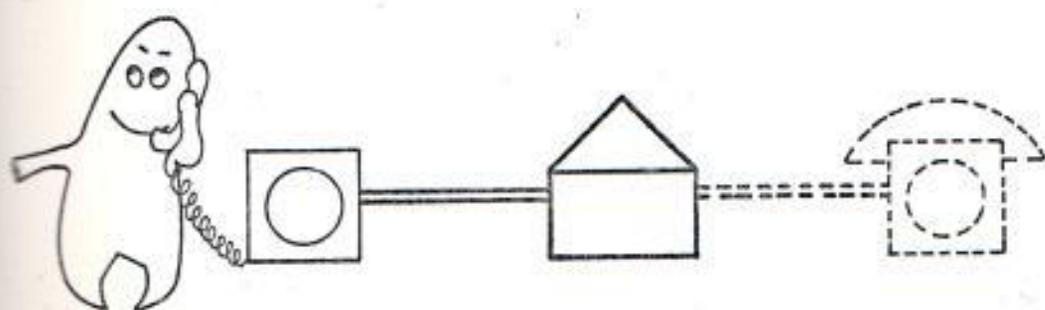


Fig. Nº.11 SELECCION DE VIA DE CONEXION

Fig. 11.

Antes de que se establezca el enlace físico, la central ha de preparar la supervisión de la conversación. Se trata de ocupar un registro de supervisión de la conversación libre que más tarde se encargará de funciones como por ejemplo de temporización. Este registro consta de un área de datos donde se almacenan los aparatos de conversación necesarios.

Al haber elegido un registro de supervisión puede decirse que todo está listo para la realización de la conexión. Las vías ocupadas a través del selector de grupo y el paso de abonado hacia el abonado B se conectan directamente. Desde la línea de cordón del abonado B se emiten señales de llamada hacia el abonado B y tono de control de llamada hacia el abonado A. Todavía no están interconectados los dos abonados. El enlace está cortado en la línea de cordón del abonado B. El registro de registrador que ha dirigido hasta ahora la conexión, se marca libre, el registro de supervisión se hace cargo de las funciones y comienza a temporizar la

señal de llamada.

Si el abonado está ocupado el fin de selección significa otra cosa. En tal caso hay que informar al abonado A que el abonado B está ocupado. (Véase Fig.Nº 12).

De no suceder así, al descolgar el abonado B el microteléfono para contestar, se efectúa la interconexión propiamente dicha entre los abonados, normalmente en la línea de cordón del abonado B. En el registro de supervisión comienza la supervisión de la conversación, lo cual significa en principio que se espera una señal de reposición de alguno de los dos abonados. Si el abonado A termina la conversación se efectúa una desconexión inmediata; puesto que el abonado A es quien paga la llamada, es él quien determina cuando ha de interrumpirse la tasación. En cambio si el abonado B repone primero, no se inicia la desconexión hasta después de un determinado tiempo. Esta supervisión de tiempo hace que B pueda continuar la conversación si dentro de este tiempo vuelve

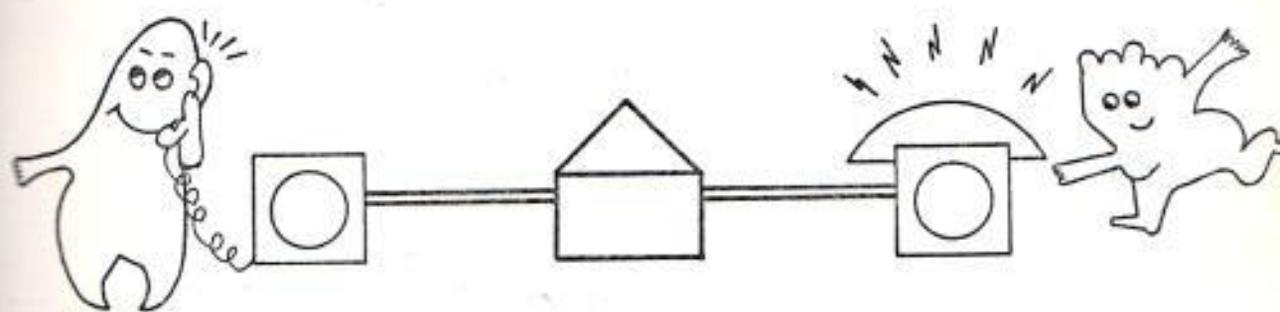


Fig. Nº 12 FIN DE SELECCION

a descolgar el microteléfono. La desconexión inmediata cuando A termina la conversación, protege a éste contra tasación extra. La supervisión de tiempo en la reposición de B protege a B de ser bloqueado por A si éste no repone el microteléfono. (Véase Fig. N° 13).

La desconexión se inicia cuando uno de los abonados repone; las vías afectadas en la red de selectores y las líneas de cordón usadas se desconectan y marcan de libre. La desconexión es administrada por el registro de supervisión. Al final también éste se marca libre con lo que la conversación está definitivamente terminada y todos estos órganos pueden volver a usarse. (Véase Fig. N° 14).

b) CONSTITUCION INTERNA Y FUNCIONAMIENTO

De lo expuesto anteriormente y haciendo un análisis de la constitución de una central de conmutación AXE 10, se observa que la misma corresponde al tipo SPC (Control por programa almacenado), deduciéndose

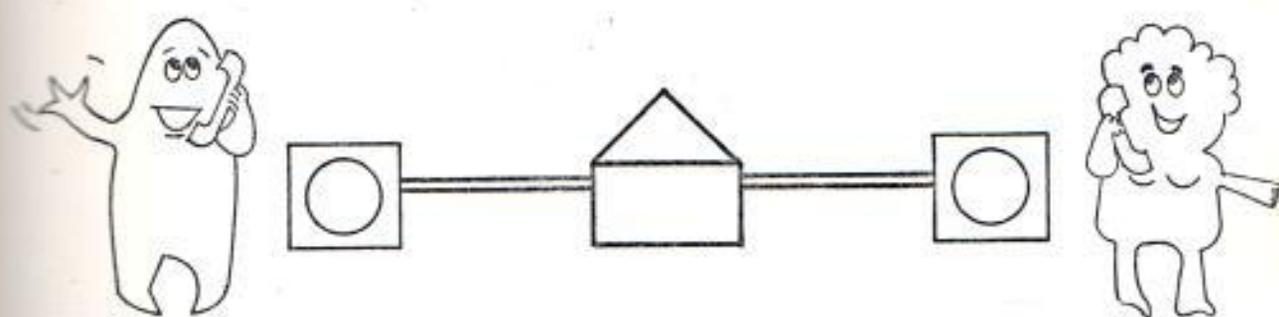


Fig. N° 13 SUPERVISION DE LA CONVERSACION

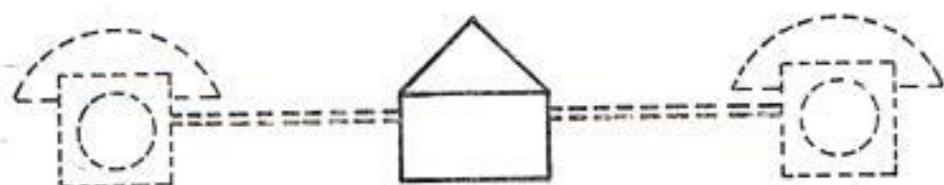


Fig. N^o 14 DESCONEXION

se que una gran parte de sus funciones es tán manejadas por programas, dándole ma yor flexibilidad al sistema de Radiotelefonía Móvil.

Normalmente un sistema SPC se puede dividir en tres partes. En primer lugar, se tiene la parte de conmutación a la que es tán conectados los abonados; aquí hay pa sos de selector, generadores de tono, cir cuitos para recepción de señales telefónicas, etc. y es donde se da el establecimiento de conexión física de las conversa ciones. Todas las actividades realizadas en la parte de conmutación son dirigidas desde la parte de control. Puede decirse que la tarea de la parte de control es - detectar y manejar la solicitud de servicio, aceptar e interpretar señales en la parte de conmutación y después emitir órdenes a ésta para cumplir el servicio solicitado.

La parte de conmutación es entonces la adaptación de la parte de control al mundo real que ha de atender, es decir, los abo

nados y la red telefónica. Otros tipos de tratamiento de información son por ejemplo: análisis de ruta, traducción de códigos de números abreviados y análisis de categoría de abonados. Este tipo de información está almacenada en la memoria principal de la central y por lo tanto es rápidamente accesible y fácil de modificar por un procesador. Los programas almacenados en la parte de control son los que determinan cómo ha de reaccionar el sistema en diferentes situaciones, en otras palabras, lo que ha de hacerse y en qué orden, por lo que se puede afirmar que la "inteligencia" del sistema está en la parte de control.

Para satisfacer las exigencias de accesibilidad y fiabilidad del sistema así como para cumplir con diferentes necesidades de aplicación de la red telefónica, es decir, centrales locales o de tránsito, se necesita más de un procesador. La solución más frecuente en los sistemas modernos es el principio de los procesadores duplicados, donde uno de ellos está conti

nuamente dispuesto a hacerse cargo del trabajo del otro en caso de falla en alguno de los procesadores, con lo que puede iniciarse una búsqueda de fallas y la unidad defectuosa puede desconectarse para reparación.

Normalmente no se puede interconectar la parte de conmutación y la parte de control, primero, debido a que las dos partes trabajan con diferentes tensiones; los computadores en la parte de control emplean una tensión mucho más baja que los 48 voltios que alimentan a los abonados, y, segundo, por cuanto hay una gran diferencia en la velocidad de trabajo. Los computadores trabajan a nivel de microsegundos mientras que los componentes electrónicos, como relés empleados sobretudo en los pasos de selector, trabajan con tiempos que pueden medirse en milisegundos. Estas diferencias entre la parte de conmutación y la de control, exigen la introducción entre ellas de una adaptación para que puedan colaborar la una con la otra. (Véase Fig. N° 15).

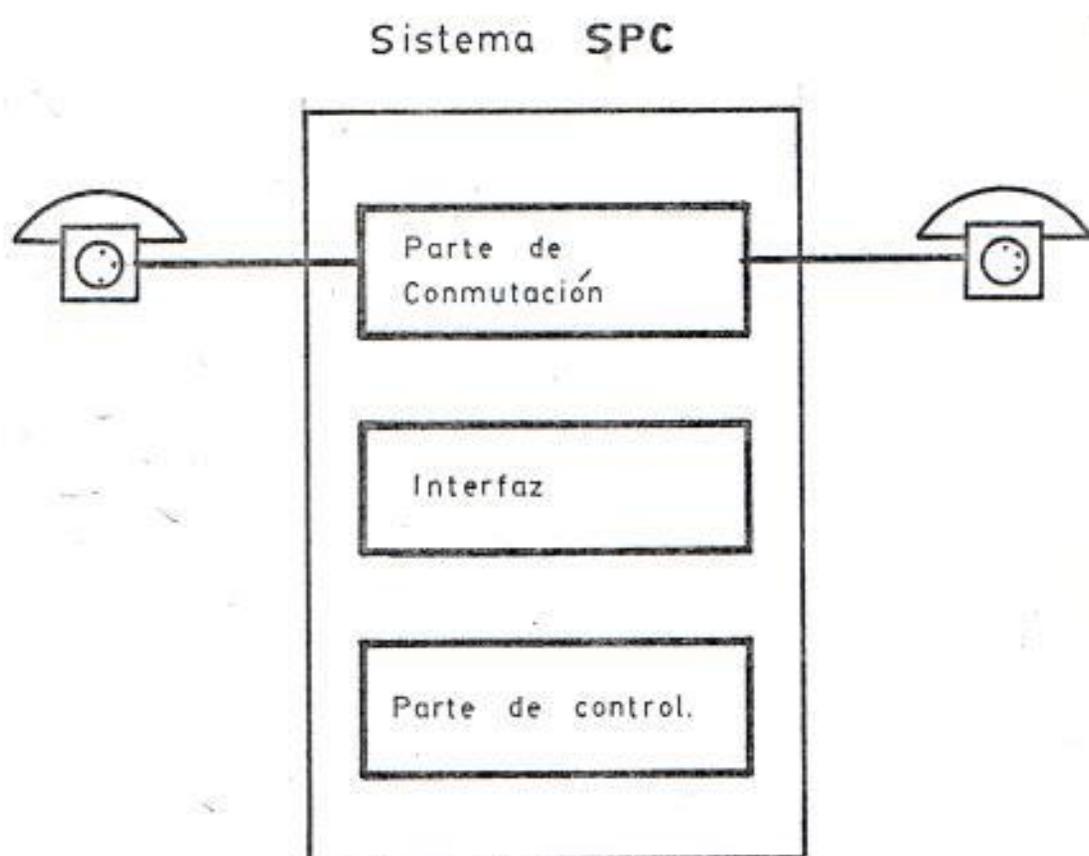


Fig. N° 15 CONFIGURACION DE UN SISTEMA

SPC

El principio de funcionamiento de la Central Telefónica AXE 10, se basa en el detallado para un sistema SPC, el cual generalizado para el caso específico de la central en cuestión, va a comprender básicamente dos partes principales: la primera, de control (igual que la de un sistema SPC) que para el caso de la AXE 10 se llama Sistema de Control o de Procesamiento de Datos la cual consta de una cantidad de computadores que a su vez controlan físicamente la central cuya tarea va a cifrarse en controlar los órganos telefónicos y los procesos telefónicos, y, la segunda parte constitutiva de la AXE 10 es la de conmutación dentro de la cual van incluidas las adaptaciones necesarias hacia los computadores, esto es la interfase. En el sistema de conmutación está el "hardware" (equipo) de conmutación constituido por la red de selectores, las líneas de cordón, los receptores y emisores de códigos, entre otros elementos. (Véase Fig. N° 16).

Como una de las alternativas de utiliza -

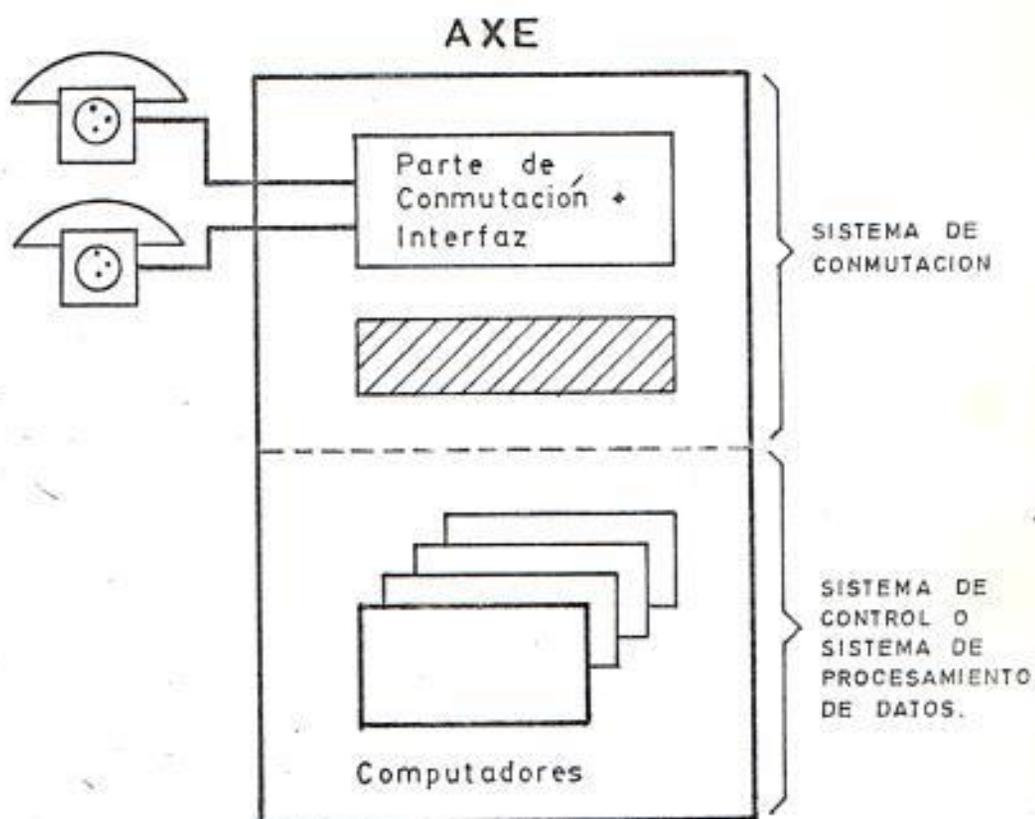


Fig. N°16 PARTES PRINCIPALES DEL SISTEMA

AXE 10

ción del sistema de centrales AXE 10, se plantea la posibilidad de encaminarla hacia el establecimiento de Sistemas de Radiotelefonía Móvil, lo cual resulta ser de mucha facilidad toda vez que para obtener el propósito que se persigue a lo largo de este estudio, sólo es necesario conectar un módulo en la AXE 10 que se encargue de proporcionar de manera eficaz todo lo necesario para obtener un servicio móvil de telefonía confiable. Este módulo que va a ser parte del equipo CMS 88, se va a constituir en la real central telefónica o de conmutación en este diseño y hacia él van a ir enfocados todos los principios de operación y funcionamiento que se describan dentro de lo que a la central de conmutación se refiera en lo que sigue de este estudio. (Véase Fig. N° 17).

Este equipo de la central telefónica al que se designará como MTX, consiste entonces de un subsistema para adaptación a la red de abonados móviles MTS, como parte del sistema de centrales telefónicas AXE-

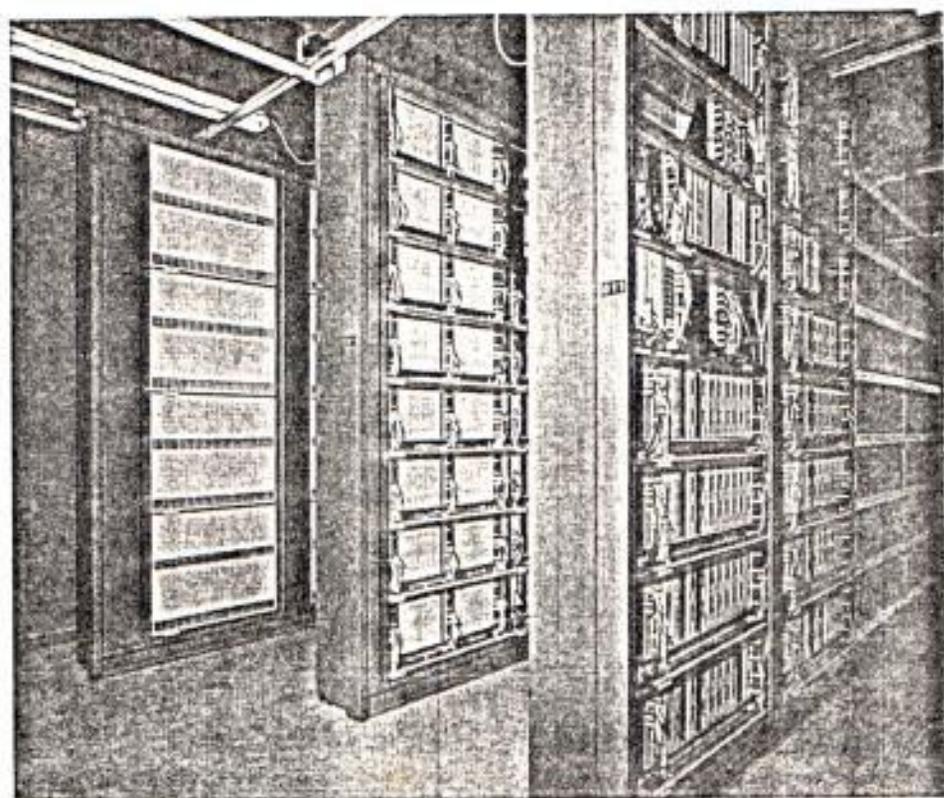


Fig. N° 17. CENTRAL AXE 10

10, subsistema que permite conectar las estaciones base de radio a la AXE 10 a través de líneas telefónicas corrientes. (Véase Fig. N° 18).

Gracias a su estructura modular de funciones, estas centrales AXE 10 pueden emplearse para tráfico de teléfonos móviles conjuntamente con tráfico público ordinario, o se encargan solamente del tráfico móvil. (Véase Fig. N° 19).

El equipo de la central telefónica está constituido en sí por el sistema digital de centrales telefónicas públicas AXE 10, el cual se trata de un sistema modular controlado por programa almacenado (SPC) que cubre toda la serie de aplicaciones, que van desde centrales locales y tándem a centrales de tránsito. En la presentación del "hardware" de la central del CMS 88, se destacan tres bloques principales que de izquierda a derecha son:

- Bloque conteniendo el subsistema para adaptación a la red de abonados móvi-

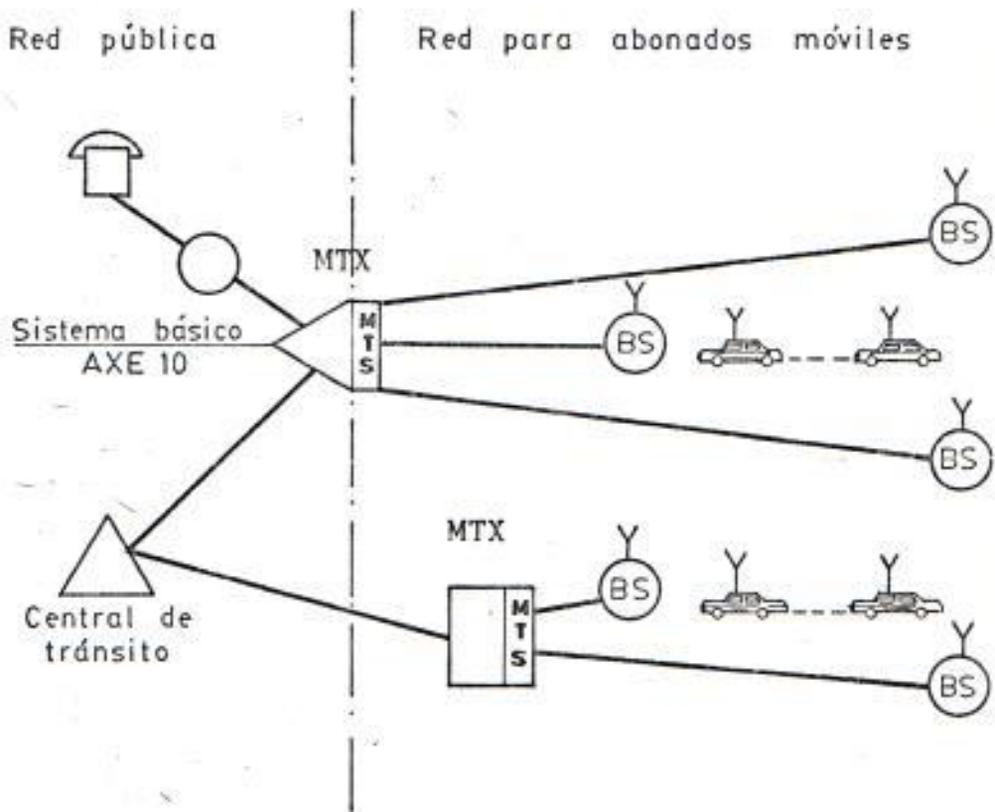


Fig. N° 18 RED DE TELEFONIA MOVIL EMPLEANDO
LA CENTRAL AXE 10

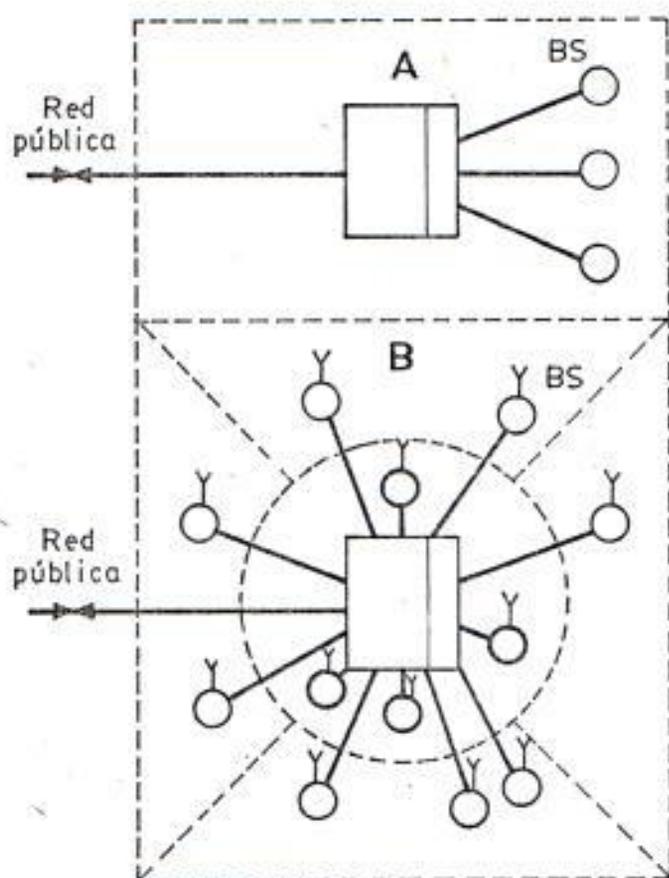


Fig. Nº 19 A: CENTRAL AXE 10 SIRVE A UNA ZONA DE TRAFICO

B: CENTRAL AXE 10 SIRVE A CINCO ZONAS DE TRAFICO

les. (MTS)

- Bloque que contiene el selector digital de grupo. (GSS-D)
- Bloque que contiene el subsistema para la selección hacia la red pública. (TSS)

BLOQUE MTS

El bloque MTS permite que los canales de tráfico y de llamada se conecten a canales de transmisión analógicos o digitales. En todos estos canales se emplea la señalización binaria para el intercambio de información entre la central telefónica y las estaciones móviles. El método de modulación en la señalización es el de desplazamiento de frecuencias entre 1.200 y 1.800 Hz con una velocidad de 1.200 bit/s. Las perturbaciones a causa del desvanecimiento en la transmisión por radio se contrarrestan empleando un código autocorrector para la señalización. El desvanecimiento en la transmisión de radio, causado por la propagación múltiple como consecuencia de reflexiones en el camino de

transmisión, impone exigencias especiales sobre el sistema de señalización del equipo a ser utilizado. El desvanecimiento se manifiesta en forma de fuertes variaciones de intensidad de campo, a menudo de 20 a 30 dB., con profundos mínimos durante algunos milisegundos (según sea la banda de frecuencia y velocidad del vehículo). En la transmisión de datos esto implica errores de bits en forma de ráfagas. Aplicando la moderna teoría de codificación puede protegerse, con códigos especiales autocorrectores contra estas ráfagas de errores. En nuestro caso se emplea un código de Hagelbarger con un intervalo de 6. Este código salva ráfagas de errores de hasta 6 bits a condición de que la separación entre dos ráfagas sea de por lo menos 20 bits. El código corrige pues, la mayoría de errores causados por desvanecimiento.

La variación típica de la intensidad de campo en función del tiempo causado por el desvanecimiento para este equipo se muestra en la Figura N° 20.



Fig. N° 20 VARIACION TIPICA DE LA INTENSIDAD
DE CAMPO EN FUNCION DEL TIEMPO -
CAUSADA POR EL DESVANECIMIENTO

Los mensajes de datos se transmiten en sincronismo en tramas. Las tramas se sincronizan por medio de una secuencia especial de 11 bits, que se emiten después de 15 bits para su sincronización. El mensaje codificado está a continuación compuesto de 64 bits de información y 76 bits de comprobación.

Dentro de este mismo bloque se mide además el nivel de las señales de habla en tramos regulándose en caso de ser necesario. Efectivamente, los repetidores hacia la estación base contienen, además de las funciones normales de repetidor, modem y regulador de nivel.

A este módulo repetidor MBT se lo controla por un microprocesador y dentro de él se destacan: la placa de circuitos para líneas analógicas PCD, la placa de circuitos para líneas digitales ETC y la unidad para bloques de habla, emisión de tono y regulación de nivel MSU.

Aparte del módulo MBT, se tiene integran-

do al MTS, el módulo receptor de código - y el emisor de código designados por MCR- y MCS respectivamente, junto con el proce- sador regional RP. (Véase Fig. N° 21).

En este bloque MTS también se almacenan - los datos de central local para los abona- dos móviles propios y para los visitantes, por ejemplo: "marcado con categoría", - "bloqueado para tráfico saliente", "con - prioridad". Se almacena además la posi- ción geográfica del abonado registrándose la zona de tráfico en que se encuentra.

A diferencia de los restantes, los abona- dos con prioridad hacen sus llamadas a - la central telefónica siempre por el ca- nal de llamada. Si no hay ningún canal - de tráfico libre, los abonados con prio- ridad son colocados en turno de espera.

Cuando en un país hay varias centrales - telefónicas, este bloque permite la trans- ferencia de información entre dichas cen- trales. (Véase Fig. N° 22).

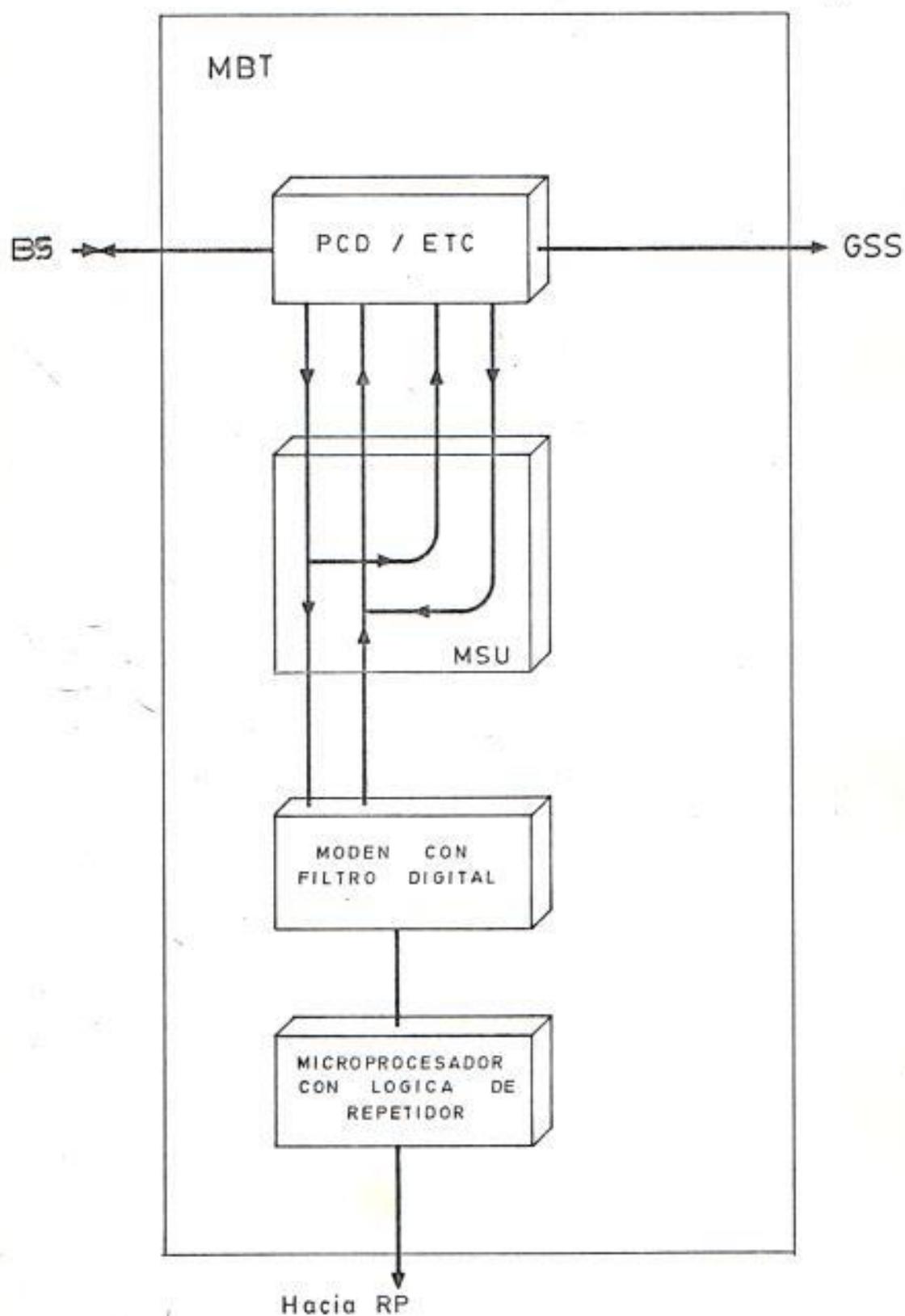


Fig. N° 21 BLOQUE REPETIDOR MBT CON REGULACION DE NIVEL, MODEN Y MICROPROCESADOR .

BLOQUE GSS-D

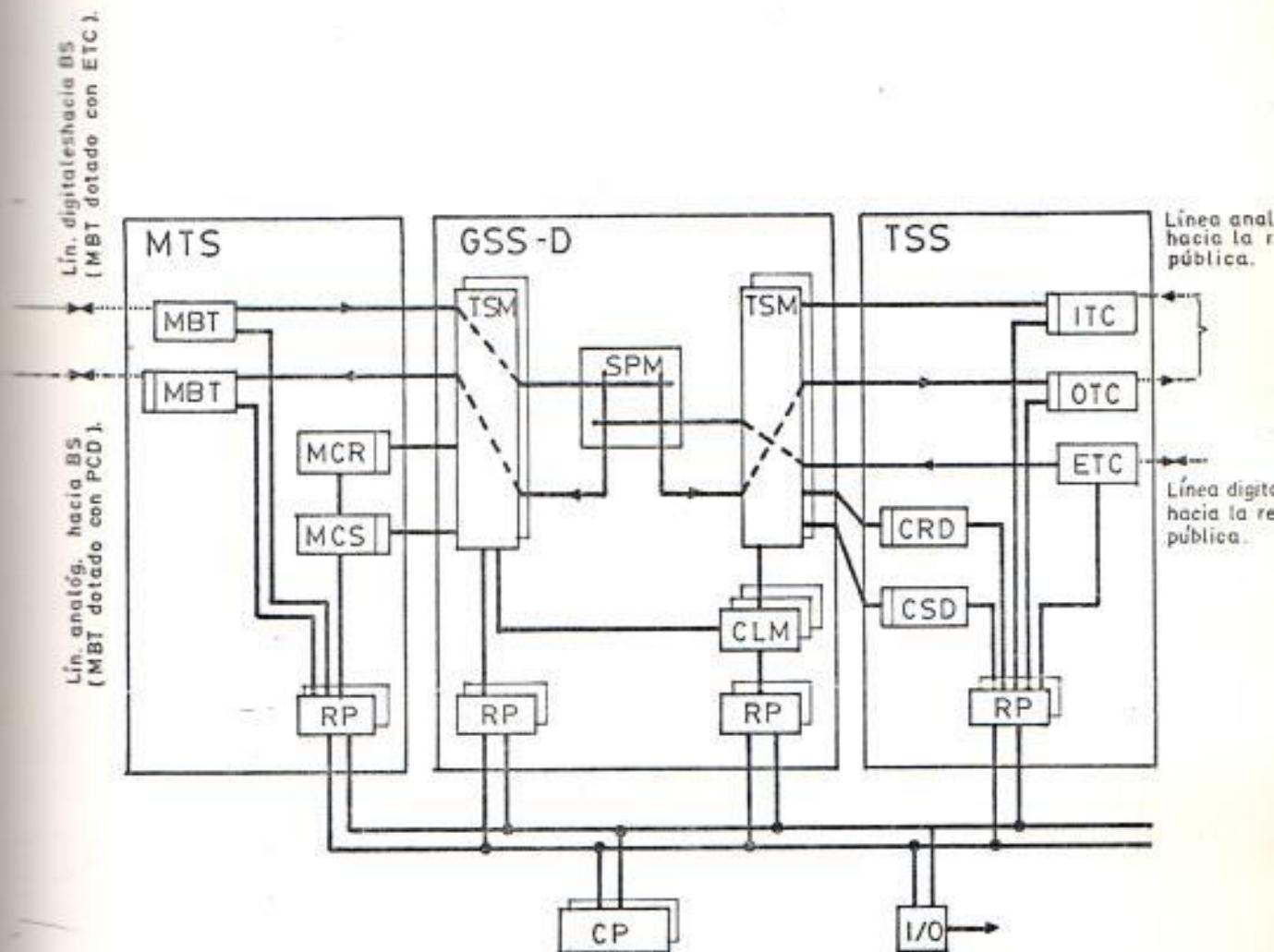
Este bloque elige, conecta directamente y libera enlaces de habla a través del selector, así como también supervisa los circuitos de conmutación y los enlaces digitales.

El "hardware" en este bloque consta de dos módulos de conmutación temporal TSM y de un módulo de conmutación espacial SPM, junto con un sistema de sincronización CLM, el cual emite impulsos de reloj a la red de selectores digitales, los que están sincronizados con la corriente de bits externa mediante un oscilador de cristal controlado por voltaje.

Este bloque también comprende dos módulos procesadores regionales RP. (Véase Fig. N° 22).

BLOQUE TSS

Este bloque tiene como función principal la de conectar líneas de enlace y de emi-



- Llamada saliente desde la estación base por una línea digital a la red pública a través de línea analógica.
- Llamada entrante desde la red pública por línea digital a la estación base a través de línea analógica.

Fig. Nº22 ESQUEMA DE BLOQUES DEL HARDWARE DE LA CENTRAL DIGITAL AXE 10.

tir y recibir señales de líneas. Consta de los módulos siguientes: el módulo que comprende el Circuito Troncal Entrante - ITC, el cual recibe las llamadas provenientes de otras centrales; el módulo que comprende el Circuito Troncal Saliente - OTC, el cual se encarga de la selección de una línea libre en la vía saliente, además de toda la señalización de línea; - el módulo que contiene la placa de circuitos para líneas digitales ETC; el módulo que contiene el receptor de código CRD, - junto con el que contiene el emisor de código CSD; y, por último se presenta el módulo procesador regional RP. (Véase Fig. N° 22).

Todas las unidades de control regionales RP dentro de la central telefónica están gobernadas por un procesador central CP, el cual coordina las tareas del sistema. Los procesadores regionales tienen la función de controlar el "hardware" de conmutación según órdenes del procesador central. Entre los procesadores regionales no hay ninguna colaboración. Un RP comu-

nica al CP los sucesos de importancia, como por ejemplo, que un abonado ha llamado, y el CP a su vez, puede ordenar a un RP - realizar diferentes trabajos , como operación de relés y establecimiento de pasos-del selector, etc.

La relación señal/ruido en todos los canales que cursan tráfico se mide continuamente en la estación base informándose a la central telefónica. Si esta relación llega a ser menor de un límite determinado en un canal de tráfico durante cierto tiempo, la central telefónica ordena medición de intensidad de campo en este canal desde la estación base. El límite puede establecerse con una orden desde la central telefónica. Después de analizarse el resultado se envía orden a la estación móvil en cuestión para que conmute a otro canal de tráfico si hay alguno libre con mejor calidad de transmisión. Esta medición de intensidad de campo, análisis y eventual conmutación a otro canal se hace también al establecer la comunicación hacia y desde un abonado móvil.

Si una estación base tiene muchos canales hacia la central telefónica, puede asignarse uno de ellos como canal de señalización empleándose solamente para información de señalización.

2.1.2 ESTACION BASE DE RADIO

Las estaciones base de radio que se encargan de la comunicación por radio con los abonados móviles dentro de su zona propia, tramitan todas las señales entre la red de radio y el equipo de la central telefónica. Las estaciones base, conectadas a las centrales telefónicas por circuitos permanentes, se encargan de la comunicación por radio con las estaciones móviles funcionando fundamentalmente como estaciones relevadoras de las señales de línea, además de supervisar la calidad del radioenlace por medio de un tono piloto. Para las redes de telefonía móvil se ha desarrollado un tipo de estación base que contiene importantes funciones de control y supervisión. La estación base a ser utilizada en este diseño como parte del equipo CMS 88 viene siendo empleada desde hace algunos años en los países-

nórdicos dando resultados muy satisfactorios.

Un esquema de bloques de una estación base se presenta en la Figura N° 23. Cada canal tiene un emisor TX, un receptor RX y una sección de control CU. La sección de control se encarga de la adaptación entre la central telefónica y la estación base de radio controlando la señalización entre estación y central así como al emisor y receptor, además de supervisar las fallas en la estación base. En caso de avería en esta estación, se emite un mensaje inmediato a la central telefónica. La sección de control se encarga también de generar el tono piloto y de evaluar la calidad del tono reemitido desde la estación móvil. La sección de control está formada sobre la base de un microordenador.

Con el multiplexor TX-MPX del emisor pueden conectarse a una antena común hasta 10 emisores, lo que es muy ventajoso ya que el espacio de los mástiles en que se montan las antenas puede ser muy restringido. A veces debe emplearse el mismo mástil para hasta 100 canales.

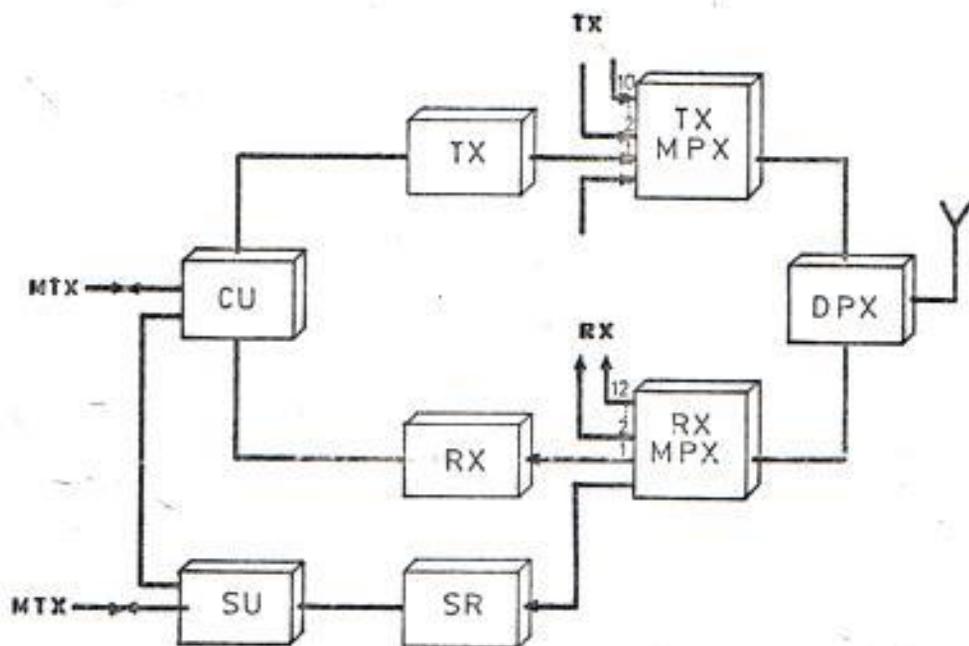


Fig. N°23 ESQUEMA DE BLOQUES DE UNA ESTACION
BASE

El distribuidor del receptor RX-MPX permite conectar hasta 12 receptores a una antena común. Con un filtro duplex especial, DPX, puede también disponerse de una antena común para emisores y receptores.

El receptor de intensidad de campo, SR, mide este parámetro en cualquier canal por órdenes emitidas por la central telefónica. El resultado de esta medición se emplea como criterio para la conmutación de una comunicación en curso a otra estación base.

La unidad de supervisión, SU, controla la señalización entre el receptor de intensidad de campo y la central.

El proceso de funcionamiento de una estación base, que ya ha sido tratado a un nivel general, presenta pues etapas específicas, cada una con operaciones definidas que en un diagrama de bloques más detallado se pueden observar, tales etapas son: - recepción, transmisión, prueba de radio -

frecuencia, medida de la intensidad de campo y unidad de prueba.

a) RECEPCION

La antena recoge la señal proveniente de los diversos abonados móviles que están emitiendo dentro del radio de acción de la estación base. La señal llega en primer lugar al filtro duplexor, de donde pasa al multiacoplador de recepción a través de su filtro pasa banda para las frecuencias de recepción, banda eliminada para las frecuencias de transmisión, sin que exista ninguna interferencia entre ellas.

En el multiacoplador de recepción se distribuye la señal a los ocho receptores de canal, así como al receptor-SR.

Los receptores RX, gobernados por su unidad CU correspondiente, reciben la señal RF y después de amplificarla y demodularla obtienen la señal BF que-

entregan a la central de conmutación -
a través de la unidad de control CU .

La unidad de control CU que es un ór-
gano gobernado por microprocesador, -
controla la conexión hacia y desde un
radiocanal. Esto hace con ayuda de -
un intercambio de órdenes y datos con
la central. En un bastidor de esta -
ción base se dispone de una unidad de
control por cada radiocanal. Asimis-
mo se atienden las comunicaciones en-
tre el medidor de la intensidad de -
campo SR y la central por otra unidad
de control llamada en este caso SU, u
nidad de supervisión.

La CU puede mandar al receptor órde -
nes como el número de canal de desac-
tivación del silenciador y puede reci-
bir de él información como señal BF, -
o medida de intensidad de campo en el
caso del receptor SR.

b) TRANSMISION

El transmisor TX, recibe desde la CU el número de canal, que le hace fijar su radiofrecuencia de emisión al valor determinado para dicho canal. También recibe la señal de BF (señal de habla) que modula a la señal de radiofrecuencia.

Las señales de salida de los 8 transmisores se conectan entre sí en el combinador de emisión para pasar el cable común de antena con baja intermodulación y pérdidas de inserción aceptables. Para cada transmisor se requiere una unidad de filtro previa al combinador de emisión. La señal pasa por último en el Filtro Duplexor por un filtro pasa banda para las frecuencias de transmisión, sin que exista ninguna interferencia con las frecuencias de recepción y de ahí a la antena.

c) PRUEBA DE RADIOFRECUENCIA

Esta prueba se lleva a cabo en la uni

dad de lazo de prueba de radiofrecuencia, la cual recibe parte de la señal de salida del transmisor, la mezcla con una señal de 10 MHz para obtener la señal diferencia que corresponde a la frecuencia de recepción del mismo canal y la inserta en el multiacoplador de recepción de donde pasará al receptor.

Las señales de mando desde la CU conectan la señal RF desde el correspondiente emisor al mezclador de la unidad RFTL. De esta forma pueden conectarse en lazo al emisor y al receptor para control de funcionamiento y de calidad.

d) MEDIDA DE INTENSIDAD DE CAMPO

La unidad SR, para la medida de la intensidad de campo físicamente es un receptor RX, complementado con una tarjeta, lo que lo hace capaz de dar a la CU/SU una señal que es proporcional a la intensidad de campo de la se

ñal recibida.

A su vez la unidad de control CU/SU gobierna al receptor SR dándole el número de canal sobre el que hay que hacer la medida e intercambia información con la central a través de las tramas de datos.

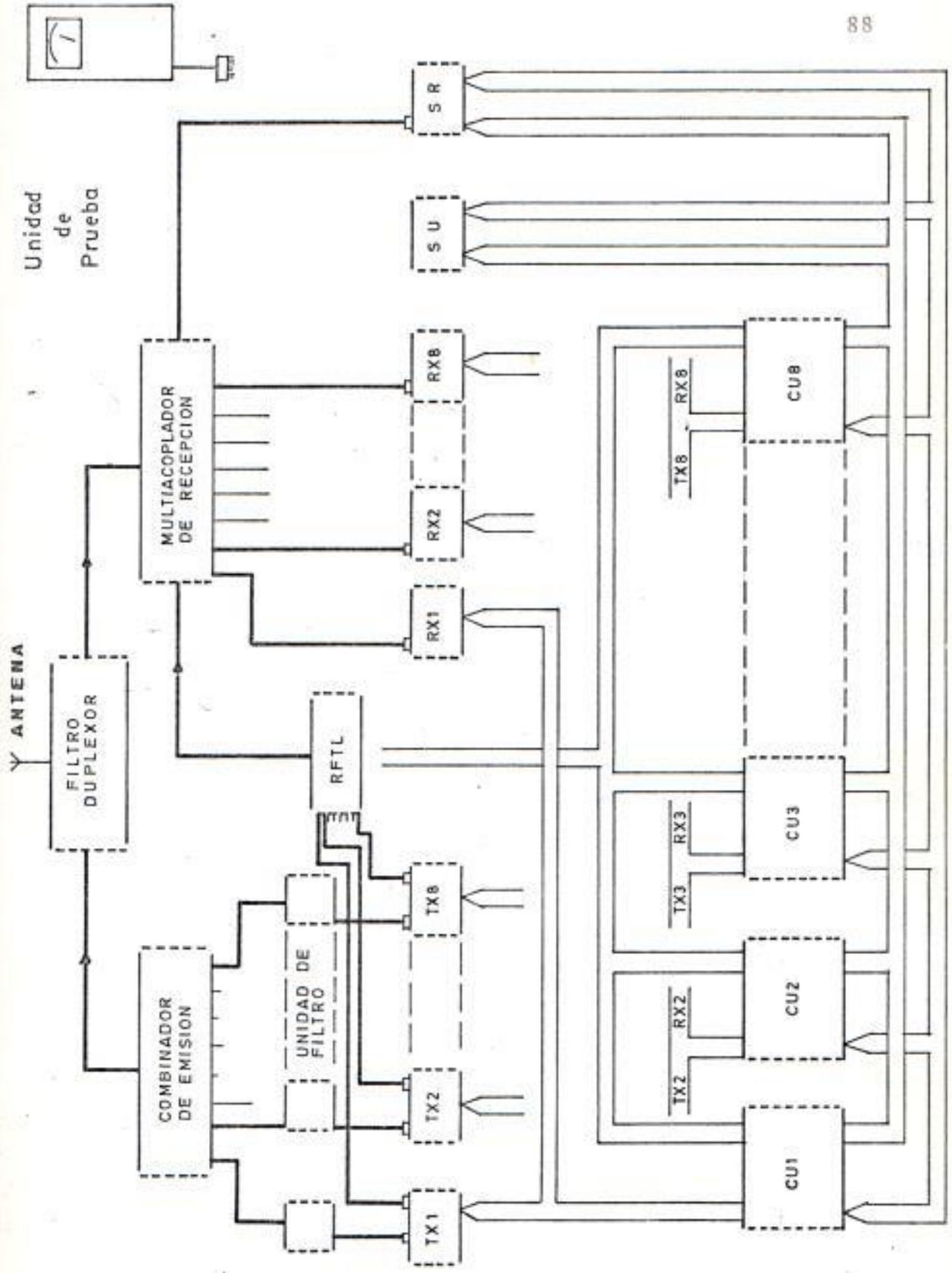
d) UNIDAD DE PRUEBA

Por último, el bastidor de ocho canales dispone de una unidad de prueba como elemento auxiliar para el control de servicio y operación de la estación base. La unidad se conecta para realizar medidas en diferentes puntos del emisor y del receptor.

Las etapas que han sido descritas se pueden observar en la Figura N° 24.

La estación base puede estar constituida por bastidores de 8 canales. Un bastidor completamente equipado puede operar con hasta ocho radiocanales en duplex, el

Fig. N°24 DIAGRAMA DE BLOQUES DETALLADO DE UNA ESTACION BASE



cual está compuesto por lo siguiente:

- Estante con 4 emisores, canales 1-4.
- Fuente de alimentación 14 V. 55 A., - para canales 1-4.
- Estante con 4 emisores, canales 5-8 .
- Fuente de alimentación 14 V. 55 A., - para canales 5-8.
- Estante con ocho unidades CU.
- Multiacoplador de antena que distribuye la señal de la antena a los ocho - receptores de canal y al receptor SR.
- Estante con ocho receptores para canales 1-8.
- Filtro Duplexor.
- Estante con receptor SR, unidad SU, - RFTL y unidad de prueba.

Un bastidor de ocho canales de una estación base se puede apreciar en la Figura N° 25.

La estructura de una estación base de radio, con su construcción modular y un equipo de canales construido en forma de unidades enchufables encerradas en cajas



Fig. N° 25 BASTIDOR DE OCHO CANALES

se muestra en la Figura N° 26.

2.1.3 EQUIPO DE ABONADO MOVIL

Este equipo ofrece una serie de valiosas facilidades para los abonados móviles que se detallan a continuación:

- Marcación por teclado simple y rápida.
- Preselección que implica que la marcación y comprobación del número marcado en un indicador de cifras pueden hacerse antes de que el abonado descuelgue. Se evita con ella muchas llamadas erróneas y no se ocupa el canal mientras se marca.
- Marcación con números abreviados de una o dos cifras para abonados que se llamen con otra frecuencia. La información de números abreviados se almacena en el equipo de estación móvil.
- Teléfono con altavoz que implica que toda la llamada puede manejarse con una sola mano. Durante la conversación, sin embargo, es necesario tener montado un micrófono fijo, por ejemplo, en el volante, con un botón especial de habla, puesto que el nivel

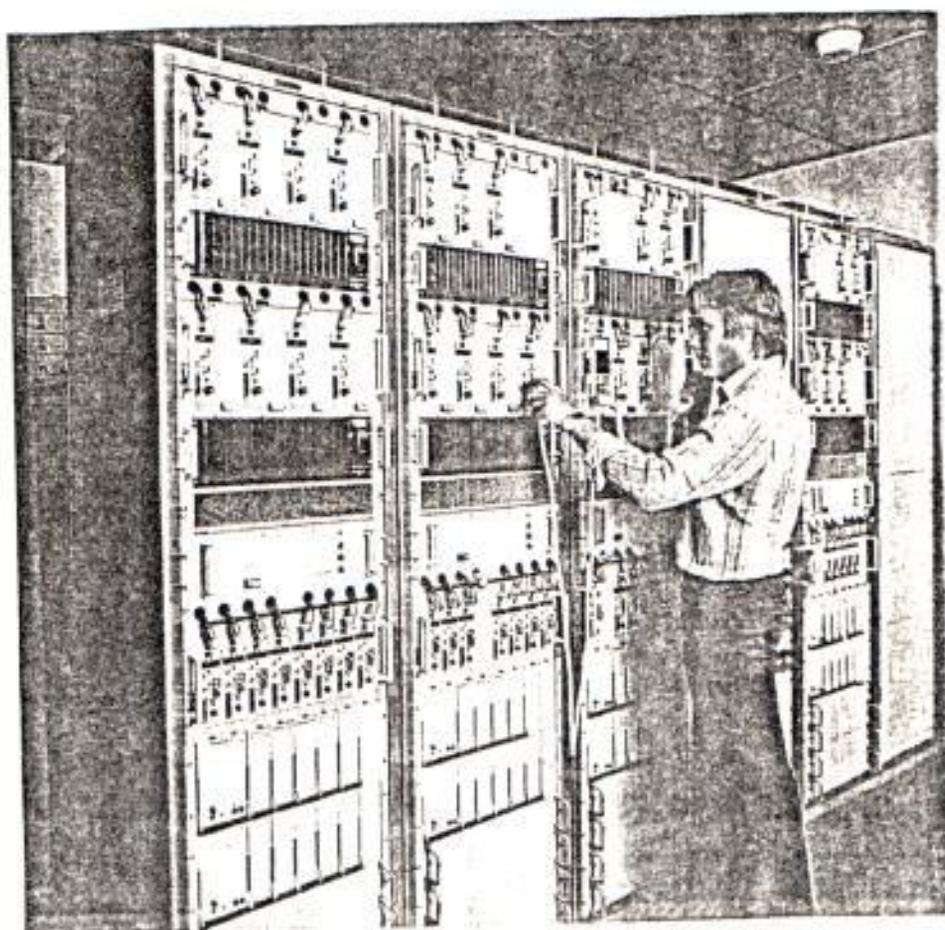


Fig. N° 26 EQUIPO DE ESTACION BASE DE RADIO

- de ruido es a menudo alto en un vehículo.
- Indicador de servicio para cuando el abonado está al alcance en la zona de la red de la estación base.
- Indicador que da información permanente de llamadas recibidas. Si el abonado ha abandonado el vehículo puede llamar al volver al abonado del que esperaba una llamada.
- Control del volumen para regular el nivel de audición.
- Servicios normales de abonado de que se dispone en la central AXE 10.

El diseño de la estación móvil que forma parte del equipo CMS 88, está basado en el más reciente desarrollo en el campo de la síntesis digital de frecuencias y en la técnica de circuitos integrados de gran escala junto con microordenadores.

El método tradicional para determinar la frecuencia de emisión y de recepción de una estación de radio es emplear un cristal para cada canal, por lo que el número de canales posible de una estación queda limitado por razones de espacio y de costo. La síntesis por

mezcla ha sido una solución para las estaciones con muchos canales. Con una combinación de dos series de m y n cristales, respectivamente, se podrían derivar $m \times n$ frecuencias. Este método exige una cuidadosa elección de las frecuencias de los cristales e implica grandes problemas de fabricación para que las señales de las frecuencias deseadas sean suficientemente puras.

Con la síntesis digital de frecuencias, por el contrario, pueden derivarse en principio cientos de frecuencias de un solo cristal de control como se muestra en la Figura N° 27. En este caso la frecuencia deseada se genera a partir de un Oscilador Controlado por Voltaje (VCO) intercalado en un lazo de regulación. La frecuencia del oscilador se divide en un divisor programable y se compara con un detector de fase con una frecuencia de referencia derivada de un cristal estable de control. La señal de error del detector de fase controla el oscilador con control de tensión hasta que la señal de error es cero. Variando el factor de división en el divisor programable, se varía también la frecuencia de la señal.

de salida.

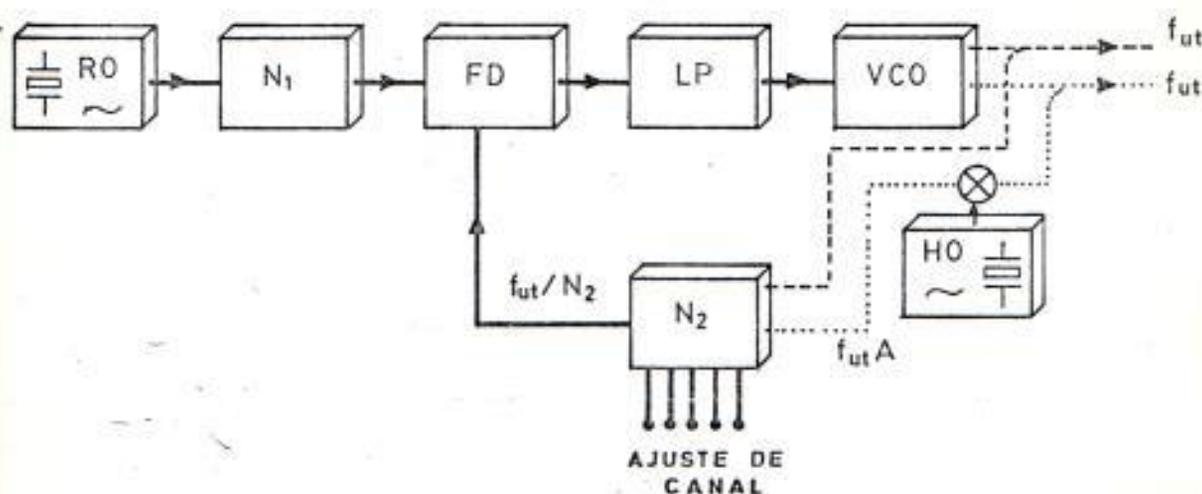
Generalmente se emplea una versión algo modificada. Por medio de un oscilador de alta estabilidad con frecuencia fija se reduce la frecuencia del divisor programable evitándose así las dificultades prácticas con divisores de alta frecuencia.

El fundamento para este método de digital de frecuencias es conocido desde hace bastante tiempo pero no ha sido posible realizarlo prácticamente sino hasta la década de 1970, gracias al perfeccionamiento de divisores rápidos. Actualmente hay circuitos especiales para síntesis que contienen divisor y detector de fase en la misma pastilla o chip.

Este revolucionario desarrollo ha sido una premisia para poder ejecutar la compleja estación móvil con dimensiones reducidas y costos razonables. (Véase Fig. N° 27).

Dentro de las unidades de funciones de una estación móvil figuran las siguientes:

f_{ut} : Frecuencia saliente-
 $f_{ut A}$: Frecuencia de salida, transpuesta por HO.



----- Versión básica
 Adición para disminuir la frecuencia adaptándola a N_2

- RO : Oscilador de referencia que genera una frecuencia estable
- N_1 : Divisor fijo que divide la frecuencia del oscilador a una frecuencia de referencia f_r (=separación de canales de 25 KHz)
- FD : Detector de fase que da una señal de error cuando la frecuencia dividida es diferente de la de referencia.
- LP : Filtro de paso bajo que filtra la señal de error desde FD.
- VCO : Oscilador controlado por voltaje de error del filtro desde FD.
- N_2 : Divisor programable que divide la frecuencia de salida por un factor determinado por el ajuste de canal, dando f_r .
- HO : Oscilador de alta estabilidad con frecuencia determinada

- La sección de maniobra que contiene el teclado y el cuadro de cifras para comprobar el número marcado.

- La unidad de control que se basa en un microordenador que se emplea para las funciones complejas de señalización y para dar acceso al abonado a las facilidades adicionales como la selección por número abreviado con un costo adicional despreciable. También tienen lugar en esta unidad la conexión y desconexión de comunicaciones, el control del emisor y del receptor: selección de canal, arranque del emisor, apertura de la vía de habla, etc.

- La sección de radio comprende un emisor, un receptor y un generador de frecuencias, encargándose de la transmisión hacia las estaciones base, emplea varios circuitos integrados de mediana escala e híbridos, (3 circuitos monolíticos y 5 híbridos) para tener bajos el volumen y el peso. El generador de frecuencias de la sección de radio se basa en la síntesis digital de frecuencias, y su misión es la de fijar la

frecuencia de señal básica para cada canal en la estación de radio.

- El filtro duplex permite emitir y recibir simultáneamente.

Las unidades de funciones de la estación móvil del equipo CMS 88 se presentan en la Figura N° 28).

El montaje del teléfono móvil es sencillo y flexible. Normalmente se monta en una caja como una unidad y se aloja entonces por ejemplo en el compartimiento normal para radios en automóviles. Puede también dividirse de forma tal que la sección de maniobra se coloca fácilmente accesible al conductor y el resto del equipo en otro lugar del vehículo. (Véanse Fig. N° 29 y Fig. N° 30).

2.2 ESTRUCTURA DE RED Y PLAN DE FRECUENCIAS

La red que utiliza el equipo de Radiotelefonía Móvil se forma con una serie de estaciones base de radio, BS, cuyo número y emplazamiento dependen de la extensión y topografía del país así como del número de a-

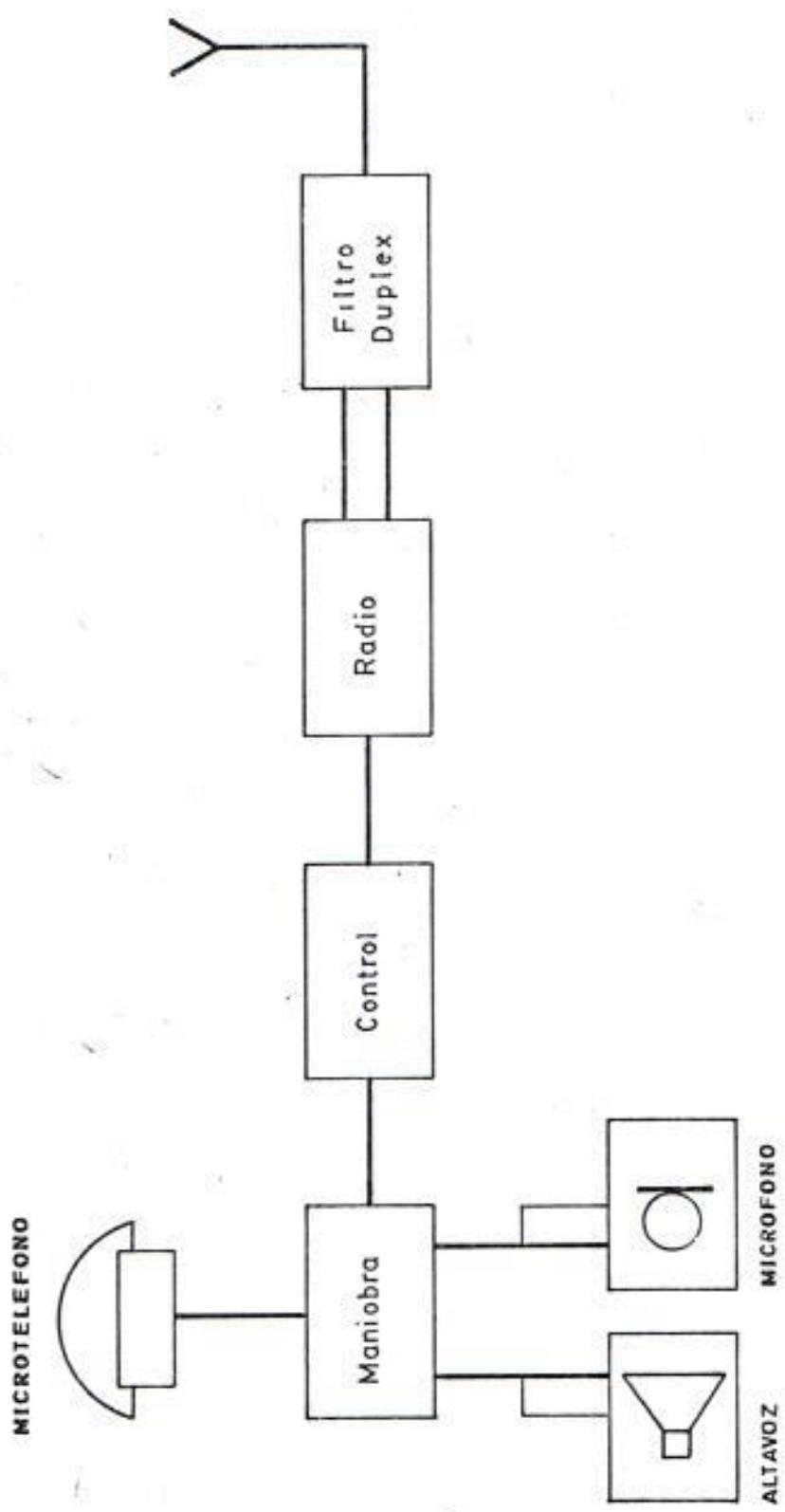


Fig. N° 28 UNIDADES DE FUNCIONES DE UNA ESTACION MOVIL

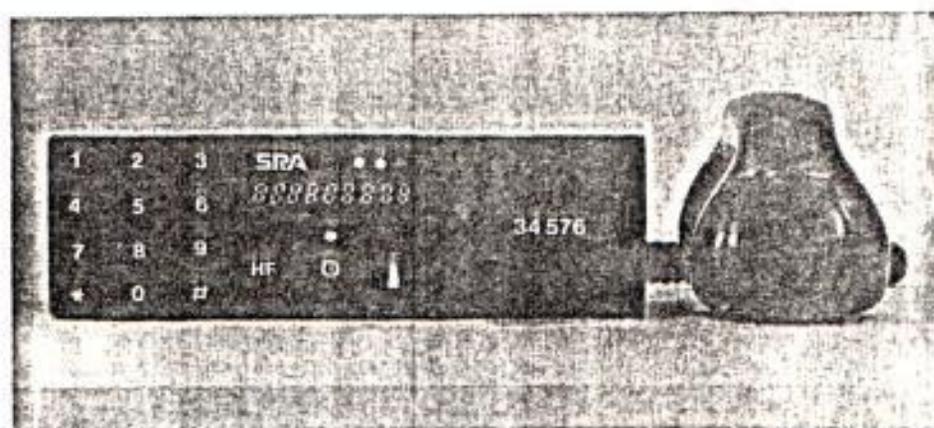


Fig. N^o 29 TELEFONO MOVIL CON TECLADO
PARA MARCAR

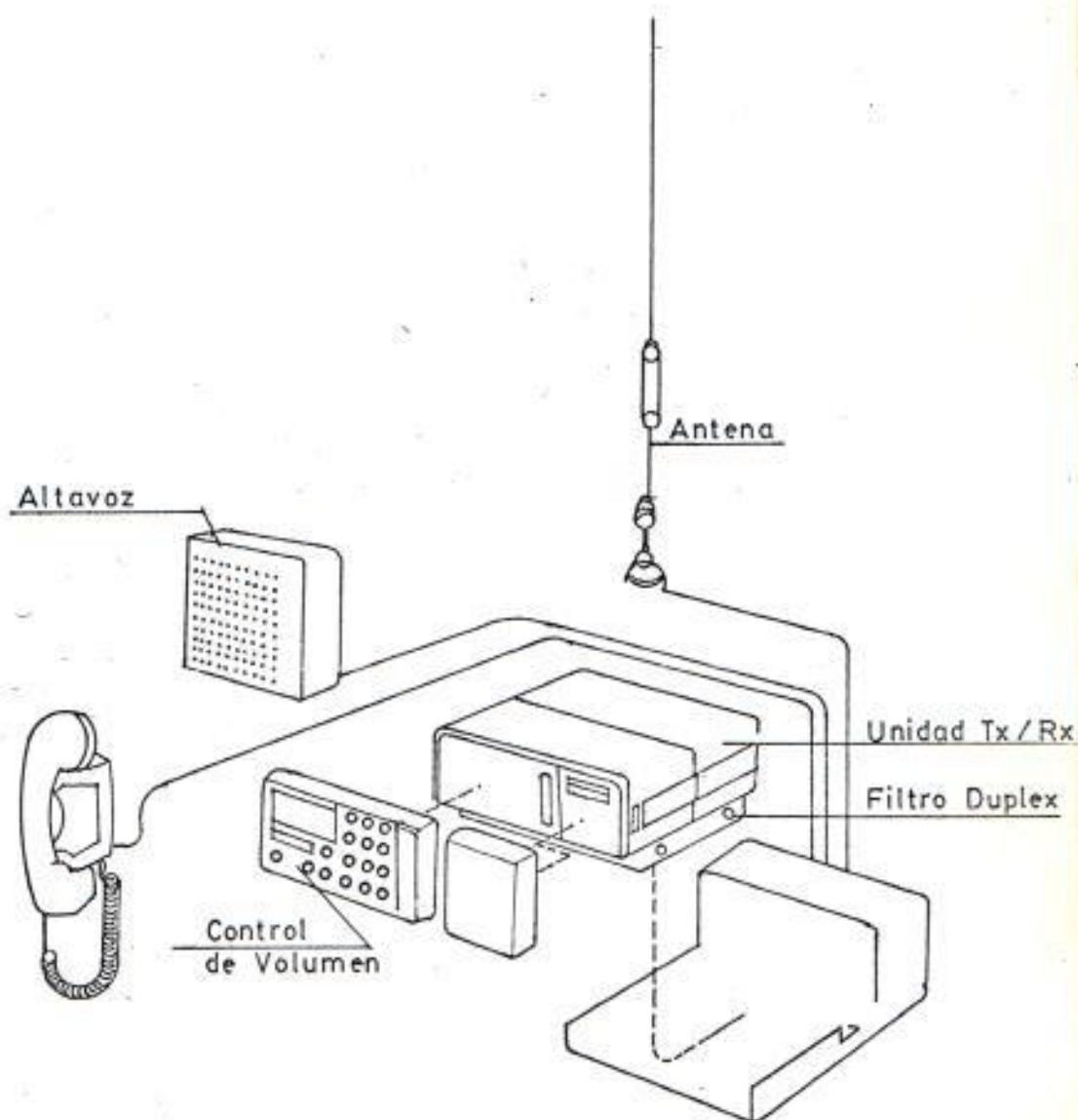


Fig. N° 30 MONTAJE DE UN TELEFONO MOVIL

bonados móviles que han de servirse. Las estaciones de radio que están conectadas a la misma central telefónica forman una o varias zonas de tráfico. Dentro de una zona de tráfico tienen lugar llamadas selectivas a un abonado móvil en paralelo desde todas las estaciones base de radio de dicha zona.

Las estaciones base de radio contiguas emiten en diferentes frecuencias. Un canal de cada estación base se emplea como canal de llamada, los restantes sirven como canales para el tráfico. El tipo de canal se indica con un código en formato de señalización, el cual permite una flexibilidad tal que un canal de llamada puede emplearse como canal de tráfico y viceversa. Esto es especialmente ventajoso en zonas de poco tráfico y sólo unos pocos canales por estación base. En caso de, por ejemplo, avería en el canal de llamada, el sistema puede además cambiar de canal alterando la marcación de canal. El alcance de una estación base depende de la altura del mástil y de la topografía del terreno siendo generalmente de 20 a 50 Km.

Cada circuito de radio emplea dos canales: uno para transmisión y otro para recepción que forman conjuntamente un canal duplex. La separación entre fre -

cuencias de emisión y recepción, separación duplex , es de 45 MHz. El número máximo de canales duplex en un sistema del tipo descrito es de 1.000, con separación de 25 KHz entre canales contiguos, lo que hace necesario un ancho de banda de 25 MHz por cada sentido de transmisión.

El equipo a ser empleado en este diseño para la aplicación del Sistema de Radiotelefonía Móvil Celular - (CMS 88) va a trabajar entre los 890 MHz y los 960 MHz, rango en el cual deben distribuirse los canales necesarios en el mencionado diseño.

Gracias a que se pueden emplear las mismas frecuencias en zonas geográficamente separadas, el número de canales puede aumentarse considerablemente por encima de los 1.000, si el caso así lo requiere. (Véase Fig. Nº 31).

2.3 OPERACION Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Antes de estudiar la forma en que se lleva a cabo el proceso de operación y mantenimiento para el equipo empleado en este diseño de Radiotelefonía Móvil para la Provincia de El Oro, es importante explicar lo que significan los dos conceptos.

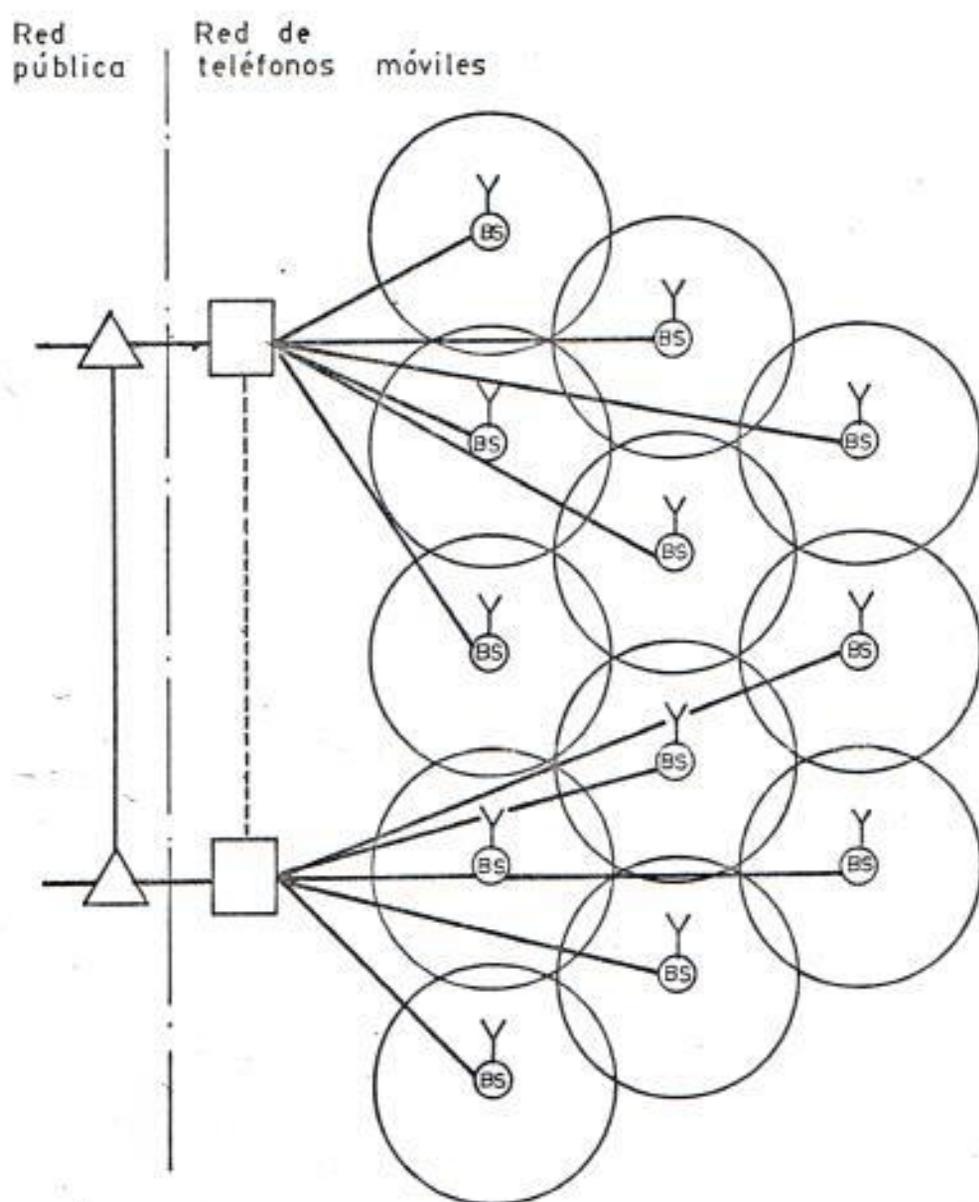


Fig. N° 31 PLAN TIPICO DE FRECUENCIAS

Por operación se entiende los cambios que se den dentro del equipo de tipo normal, tales como inserción de nuevos abonados, modificación de categorías de abonados, mediciones de tráfico, etc. Estas actividades tienen la función de adaptar el equipo todo a un ambiente que esté en continuo cambio. Así pues la operación involucra actividades completamente normales que no tienen nada que ver con funciones defectuosas en el sistema. Normalmente tales actividades se inician con una orden de trabajo; el resultado de la orden de trabajo se constituye en una o varias acciones del operador, con lo que el sistema quedará adaptado a las nuevas exigencias. (Véase Fig. N° 32).

El mantenimiento, en cambio, comprende la localización y reparación de fallas. Las actividades de mantenimiento comienzan cuando se presenta en el sistema un estado anormal, es decir, un estado que afecta directamente la calidad del servicio. El sistema tiene la posibilidad de descubrir dichas fallas usando una señal de alarma. También los abonados pueden descubrir fallas y darlas a conocer mediante reclamaciones al operador o a la administración del sistema. Después de una alarma o de una reclamación, el operador tomará las oportunas medidas para eliminar las fallas. (Véase Fig. N°33).

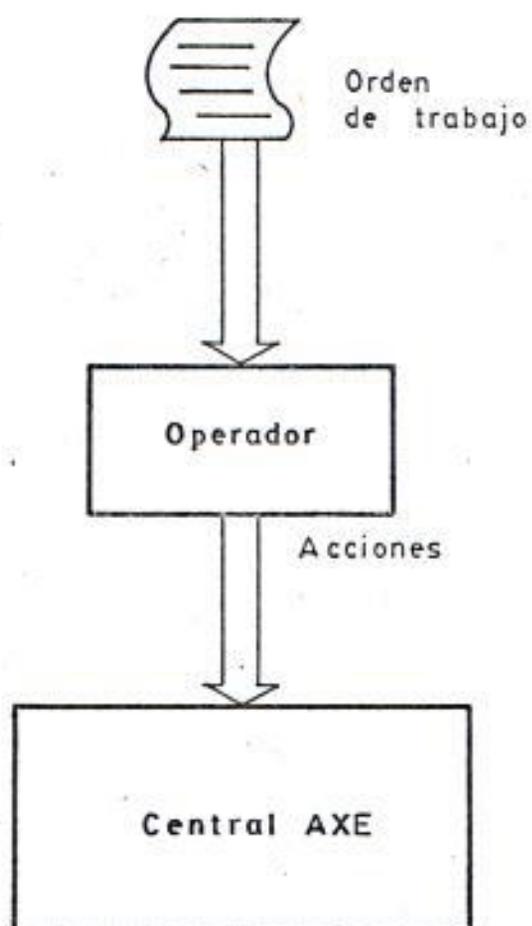


Fig. N° 32 OPERACION DEL EQUIPO CMS 88

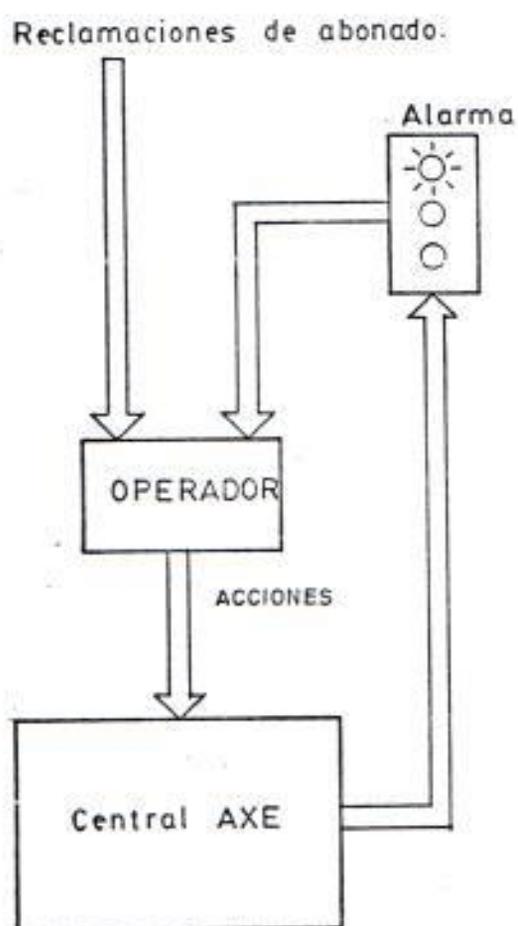


Fig. N° 33 MANTENIMIENTO DEL EQUIPO CMS 88

Como este equipo es tipo SPC, la mayoría de las medidas de operación y mantenimiento consisten en modificar o leer datos y en iniciar programas de búsqueda de fallas y de recopilación de estadística. Tales actividades se efectúan desde terminales, como por ejemplo, máquinas de escribir o pantallas. Naturalmente, a veces con el propósito de detectar fallas hay que intervenir en el "hardware" del equipo. Se han de cambiar placas de circuitos defectuosas y conectar abonados en el distribuidor general. (Véase Fig. N° 54).

Un equipo de Radiotelefonía Móvil Celular como el que ha sido descrito, según las recomendaciones que proporciona la Ericsson, debe someterse a un mantenimiento de tipo preventivo dejando pasar un período de tres meses como máximo, lo cual reducirá considerablemente las posibilidades de falla del sistema. El mantenimiento considerado como preventivo comprenderá el chequeo de circuitos, de energía de alimentación, de niveles de salida de cada una de las unidades ya sean dentro de la central, la estación base y la móvil, de calidad de la señal de habla, entre otros aspectos.

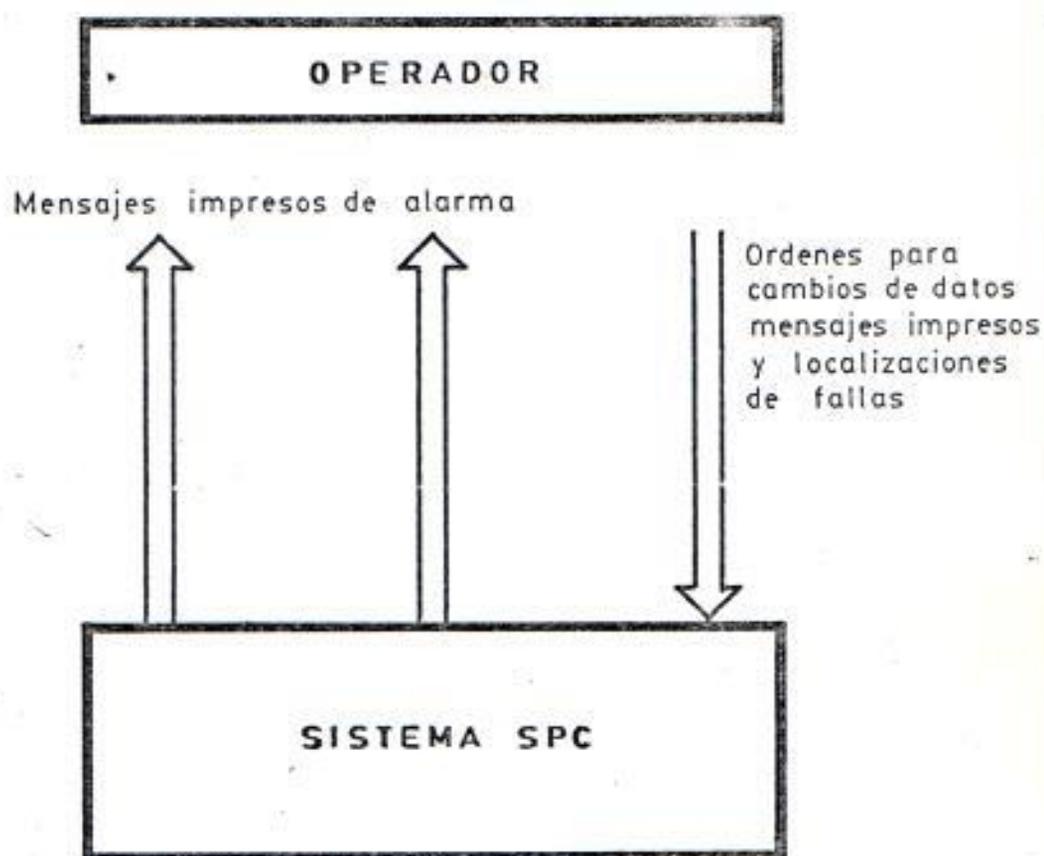


Fig. Nº 34 TRABAJO DEL OPERADOR

CAPITULO III

ENRUTAMIENTO Y TRANSFERENCIA DE LLAMADAS

3.1 METODOS DE LLAMADA

La llamada a un abonado móvil tiene lugar en la misma forma que una llamada interurbana. Primero se marca el prefijo del servicio móvil, seguido inmediatamente por el número del abonado de la estación móvil, es decir, el suscriptor móvil podrá llamar y ser llamado tal como si estuviera directamente conectado a la red pública. Dentro de los tipos de llamadas que se pueden presentar se tienen:

- Llamada a abonado móvil
- Llamada desde abonado móvil
- Llamada de móvil a móvil

3.1.1 LLAMADA A ABONADO MOVIL

En el plan nacional de numeración, el sistema de telefonía móvil comprende un grupo de números y el servicio puede alcanzarse con un mismo prefijo en cualquier lugar del país. Dentro del grupo de números cada abonado tiene -

un número único propio.

Para llamar a un abonado móvil se marca primero el prefijo que puede ser de 1, 2 ó 3 cifras y a continuación el número del abonado.

Sobre la base del prefijo y de la primera o dos primeras cifras del número del abonado, el suscriptor que llama se conecta a la central telefónica. Una vez recibido el número completo, la central telefónica lo analiza en lo que respecta a validez, categoría de abonado (por ejemplo si está bloqueado) y zona de tráfico en que el abonado se encuentra. La central telefónica emite señal de llamada para todas las estaciones base de la zona de tráfico en cuestión.

Cuando el abonado está libre, su estación móvil está ajustada al canal de llamada desde una estación base con calidad aceptable de transmisión. Cuando la estación móvil detecta la llamada, emite automáticamente una señal de confirmación por el mismo canal. Con ello la central telefónica ha localizado la estación base desde la que se puede alcanzar

al abonado suscriptor móvil solicitado.

La central telefónica ocupa un canal de tráfico libre a esta estación base y emite una orden por el canal de llamada a la estación móvil, ésta conmuta entonces al canal de tráfico indicado y aquí tiene lugar un proceso normal de identificación o lo que se llama "un apretón de manos". (Véanse Fig. N° 35 y Fig. N° 36).

3.1.2 LLAMADA DESDE ABONADO MOVIL

Una llamada desde un abonado móvil comienza marcando primeramente el número del abonado, después de lo cual inicia la llamada descolgando el microteléfono (esto cuando el equipo es el convencional para automóviles). La estación móvil empieza entonces a buscar un canal de tráfico señalizado como libre desde una estación base dentro de una zona de tráfico. Cuando la estación móvil ha encontrado un canal libre y ha llamado, tiene lugar el "apretón de manos" normal y a continuación el número solicitado se transmite a la central telefónica que es la central local del sus -

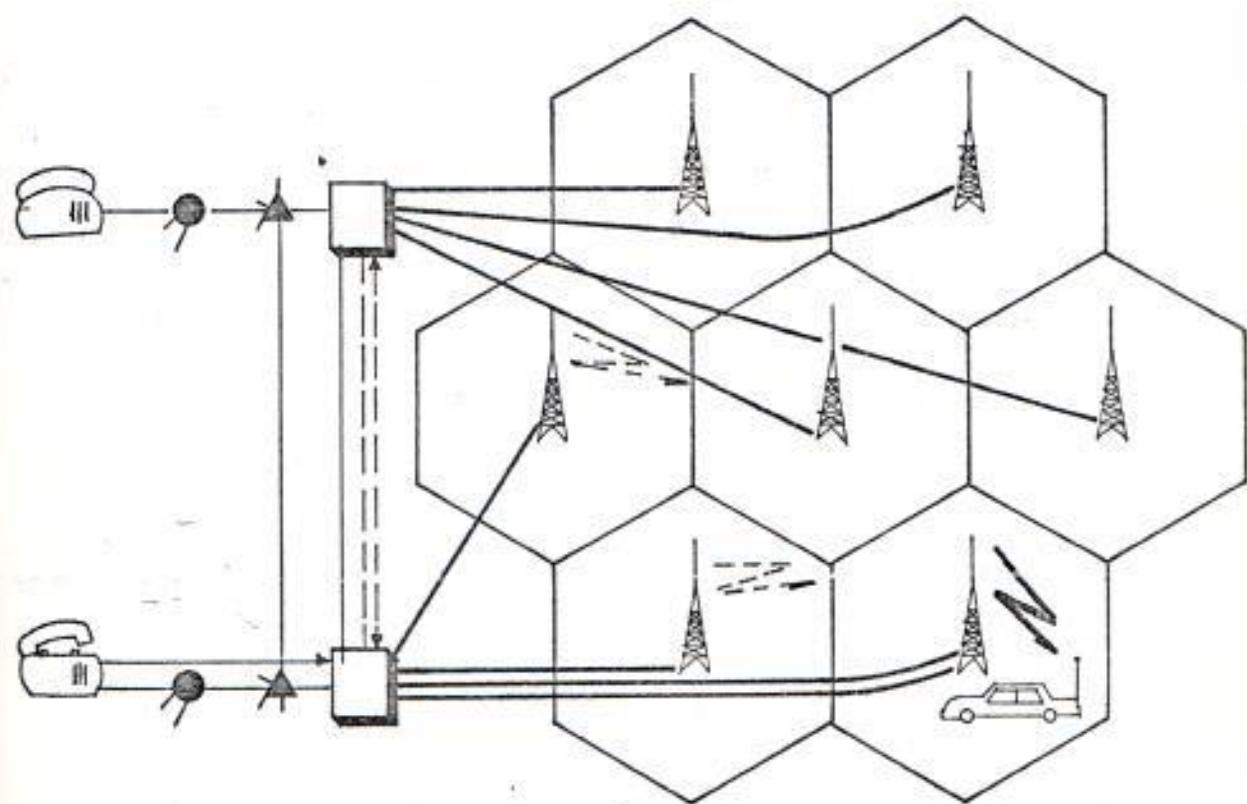
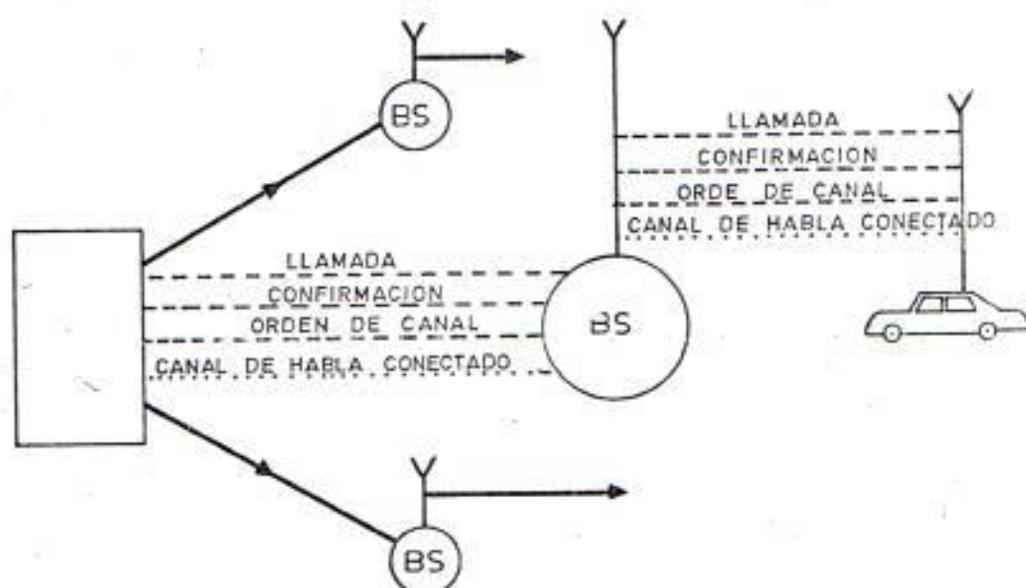


Fig. N° 35 ESQUEMA DE PRODUCCION DE UNA LLAMADA
A UN ABONADO MOVIL



----- Señalización por el canal de llamada

..... Canal de tráfico ocupado por la central que es conectado por medio de orden por la estación móvil.

Fig. N° 36 SEÑALIZACION POR CANAL DE LLAMADA,
Y CANAL DE HABLA CONECTADO AL LLA-
MAR A UN ABONADO MOVIL

criptor móvil. La central telefónica analiza la categoría del abonado y el número marcado, después de lo cual se puede establecer la comunicación.

En la Figura N° 37 se presentan los pasos seguidos desde el suscriptor móvil. El proceso es como sigue:

La estación base BS recibe la tentativa de llamada por parte del abonado móvil, la cual es detectada por el sistema de señalización hacia estaciones base y hacia estaciones móviles MBT.

Luego de esto, la tentativa de llamada se transfiere dentro del módulo que controla el establecimiento de la comunicación MTA. A partir de este momento se procede a analizar el número del abonado y a convertirlo en número interno de abonado móvil.

Después se analiza la categoría del abonado móvil a través del módulo donde se almacenan los datos sobre categoría de bloqueo y zona de tráfico de abonados residentes MTH y del

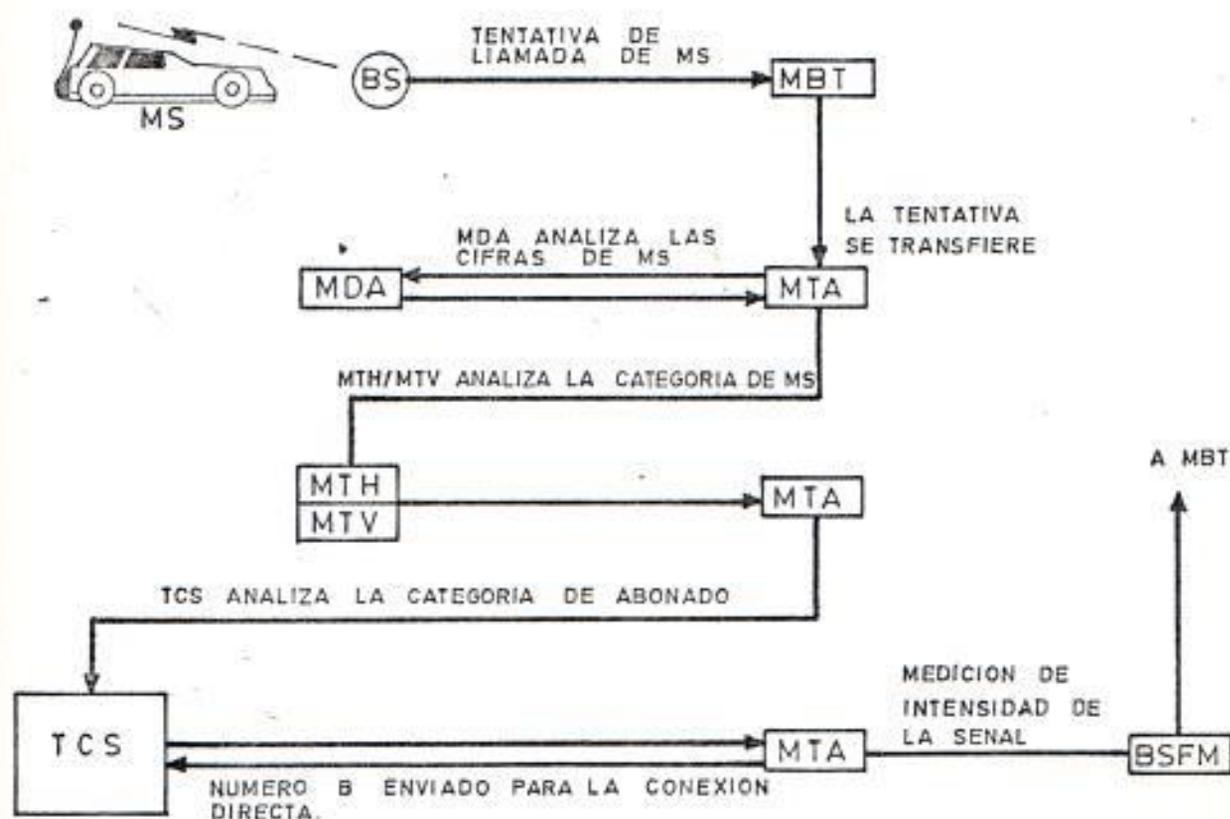


Fig. N° 37 DISTRIBUCION FUNDAMENTAL DE UNA LLAMADA DESDE UN SUSCRIPTOR MO-VIL

módulo donde se almacenan los datos sobre categoría de bloqueo y zona de tráfico de abonados visitantes MTV. Luego se efectúa la medición de la intensidad de la señal a través del control del establecimiento de la comunicación, para que finalmente sea el subsistema de control de tráfico TCS quien se encargue de la determinación de la categoría del abonado para que se establezca la conexión directa entre los dos abonados tratados.

3.1.3 LLAMADA DE MOVIL A MOVIL

La llamada de un suscriptor móvil a otro se realiza exactamente de la misma manera como se explicó anteriormente en las otras dos posibilidades de llamadas, con la diferencia de que la llamada de móvil a móvil será manejada únicamente por la central telefónica, ya que no se necesita establecer comunicación con abonados de servicio normal.

3.2 METODOS DE TRANSFERENCIA

Puesto que los abonados se desplazan de un lugar a otro, la conversación mantenida debe transferirse a o

tra central telefónica cuando ha salido de la zona -
cubierta por la central propia. El abonado debe tam-
bién transferirse durante una conversación en curso,
a otra estación base de radio cuando sale de la zona
cubierta anteriormente.

Dentro de los métodos de transferencia que van a ser
analizados se tienen:

- Transferencia a otra central telefónica
- Transferencia a otra estación base durante una co-
municación en curso.

3.2.1 TRANSFERENCIA A OTRA CENTRAL TELEFONICA

Cada abonado móvil está registrado en una -
cierta central telefónica que se denomina Cen-
tral Telefónica Móvil de Residencia (MSCH). -
Cuando un abonado se desplaza a una zona de -
tráfico de otra central, la que se conoce co-
mo Central Telefónica Móvil de Visita (MSCV),
su llamada se transfiere automáticamente. Es
este proceso se denomina "roaming" (excursión).

Inmediatamente que una estación móvil entra -
en una zona de tráfico servida por la misma u

otra central telefónica, su estación móvil detecta este suceso identificando el código de zona de tráfico presente en el canal de llamada. La estación móvil hace entonces una llamada automática a la central telefónica que puede ser residente o visitante. La central telefónica registra la zona de tráfico en que el abonado se encuentra. Si ha llamado a una central telefónica móvil de visita nueva, esta indica a la central de residencia del abonado que éste se encuentra en una nueva zona de tráfico.

Una llamada a un abonado móvil se dirige siempre primero a la estación de residencia y en caso necesario la llamada se enruta a la central de visita, por medio de la información de posición citada. (Véase Fig. N° 38).

3.2.2 TRANSFERENCIA A OTRA ESTACION BASE DURANTE UNA COMUNICACION EN CURSO

Una comunicación en curso se transfiere desde una estación base de radio a otra, cuando un abonado se desplaza de una zona cubierta por una estación hacia otra.

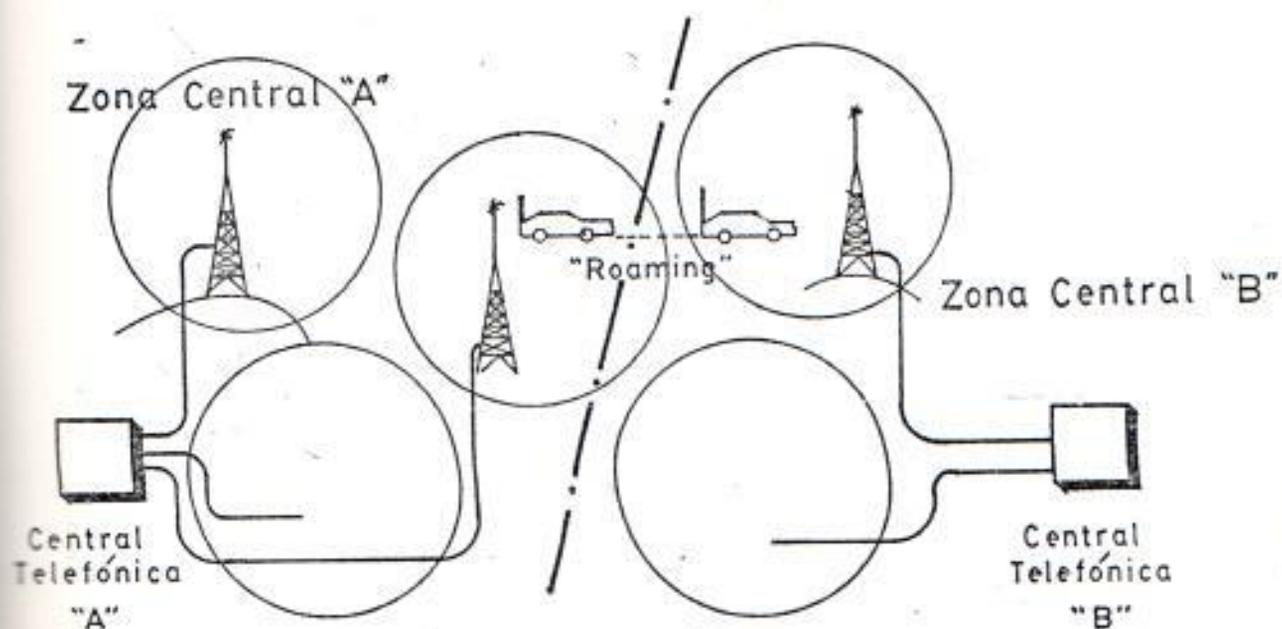


Fig.Nº 38 TRANSFERENCIA DE UNA LLAMADA A OTRA CENTRAL TELEFONICA

La calidad de transmisión de cada comunicación en curso se comprueba supervisando un tono piloto (4.000 Hz), esta señal se emite desde la estación de radio hasta la estación móvil, y de vuelta.

Cuando es necesario transferir una comunicación en curso, la central telefónica ordena una medición de intensidad de campo en las estaciones base contiguas del canal de tráfico en cuestión. La central telefónica analiza el resultado. Si alguna estación base ofrece mejor calidad de transmisión, la central telefónica averigua si hay algún canal de habla libre desde dicha estación y en caso de una respuesta afirmativa, la comunicación se conmuta a este canal.

CAPITULO IV

ANALISIS DEL TRAFICO VEHICULAR PARA LA PROVINCIA DE EL ORO

4.1 CONSIDERACIONES ACERCA DE LA DEMANDA

La realización del diseño de un Sistema de Radiotelefonía Móvil Celular para una determinada región debe llevar al estudio de la demanda que la misma presente. En este caso específico de la Provincia de El Oro, y a partir de datos obtenidos en la Dirección Nacional de Tránsito a través de su departamento de archivos y estadísticas, se va a dar una idea general de lo que significará el número de usuarios que dispondrán de los beneficios del sistema en cuestión.

Básicamente el estudio sobre la demanda de la Provincia, va a centrarse en datos obtenidos de cada uno de los cantones integrantes de la misma comprendiendo los cuatro más importantes grupos de vehículos con los que cuenta la nación ecuatoriana en general.

Los vehículos entonces van a clasificarse dentro de los siguientes grupos: vehículos de alquiler, de estado, municipales y particulares.

Inv. No. _____

Por otra parte, es de destacar el hecho de que los valores dados se van a tabular de acuerdo a los diferentes cantones que la Provincia presenta y que se ha escogido un período de análisis de cinco años consecutivos para poder observar claramente cuál ha sido el comportamiento vehicular con respecto al tiempo y en base a esto poder preveer la posible demanda futura de la Provincia misma y para lo que podría ser posteriormente la utilización a nivel nacional del sistema que se trata.

4.2 CLASIFICACION DE VEHICULOS SEGUN LA DIRECCION NACIONAL DE TRANSITO

Comenzando la distribución de los datos obtenidos para la elaboración posterior del diseño dentro de la Provincia, tenemos en primer término el grupo correspondiente a los vehículos de alquiler, cuya denominación encierra a todos aquellos medios de transporte que poseen carácter público para prestar servicios a una comunidad. Se comprenden en este primer grupo de vehículos los taxis, buses, colectivos, transportes de carga, entre otros.

Los datos registrados en este conjunto de transportes clasificados de acuerdo a los diferentes canto -

tones de El Oro son como siguen:

VEHICULOS DE ALQUILER

<u>CANTONES</u>	<u>AÑOS</u>				
	<u>1983</u>	<u>1984</u>	<u>1985</u>	<u>1986</u>	<u>1987</u>
Machala	519	543	552	560	680
Arenillas	36	32	33	39	46
Atahualpa	29	25	27	30	35
El Guabo	27	28	30	35	38
Huaquillas	158	150	162	180	185
Marcabelf	32	27	30	39	43
Pasaje	31	35	32	45	50
Piñas	63	55	60	68	79
Portovelo	71	63	69	56	68
Santa Rosa	103	130	146	148	158
Zaruma	56	45	49	52	63
<u>TOTAL</u>	<u>1.125</u>	<u>1.133</u>	<u>1.190</u>	<u>1.252</u>	<u>1.445</u>

En lo que sigue de la presentación de los datos recogidos necesarios para el propósito fundamental de la presente tesis, se tiene el conjunto de vehículos de Estado, que corresponde a todos los utilizados -

por: Comandos de Policía; Subsecretaría de Educación, Cultura y Deportes; Subsecretaría de Agricultura y Ganadería; Subsecretaría de Finanzas y Crédito Público; Subsecretaría de Trabajo y Recursos Humanos; Subsecretaría de Bienestar Social y Promoción Popular; Subsecretaría de Defensa Nacional; Subsecretaría de Industrias, Comercio e Integración; Subsecretaría de Obras Públicas y Comunicaciones; Subsecretaría de Salud Pública; Sucursal del Banco Central del Ecuador; Junta Nacional de la Vivienda; Banco de Fomento, entre otros:

VEHICULOS ESTATALES

CANTONES	AÑOS				
	<u>1983</u>	<u>1984</u>	<u>1985</u>	<u>1986</u>	<u>1987</u>
Machala	61	55	63	58	56
Arenillas	5	3	2	1	1
Atahualpa	-	-	-	-	-
El Guabo	-	-	-	-	-
Huaquillas	15	13	20	18	18
Marcabeli	-	-	-	-	-
Pasaje	3	2	1	1	1
Piñas	8	7	8	7	7
Portovelo	2	1	-	-	-

Santa Rosa	30	23	26	24	22
Zaruma	6	2	1	-	-
TOTAL	130	106	121	109	105

Dentro del tercer tipo de vehículos que se encuentran a lo largo de la Provincia y del Ecuador en general, se tienen los llamados Municipales que comprenden lo relacionado a: Agua Potable, Alcantarillado, Ornato, Electrificación, entre otros.

La distribución que se tiene de estos medios de transporte a nivel Municipal es como sigue:

VEHICULOS MUNICIPALES

CANTONES	AÑOS				
	<u>1983</u>	<u>1984</u>	<u>1985</u>	<u>1986</u>	<u>1987</u>
Machala	32	28	35	30	32
Arenillas	2	1	2	2	2
Atahualpa	1	1	2	1	2
El Guabo	1	1	1	1	2
Huaquillas	16	14	18	16	21
Marcabeli	2	1	2	1	2
Pasaje	1	2	2	2	2

Piñas	2	1	2	2	2
Portovelo	2	2	2	2	2
Santa Rosa	18	16	25	14	16
Zaruma	3	2	4	2	3
TOTAL	80	69	95	73	86

Para finalizar la presentación de los datos recogidos, se tiene el último tipo de medio de transporte correspondiente a los vehículos particulares dentro de los que figuran: los de la Banca Privada; Construcción; Médicos; Hospitales; Agricultores y Ganaderos; diversos profesionales; comerciantes, y, usuarios en general que utilicen los vehículos con el propósito de la satisfacción personal de sus necesidades.

En tal tipo de vehículos se tienen los siguientes datos:

VEHICULOS PARTICULARES

<u>CANTONES</u>	<u>AÑOS</u>				
	<u>1983</u>	<u>1984</u>	<u>1985</u>	<u>1986</u>	<u>1987</u>
Machala	3.795	4.235	4.375	4.629	4.728

Arenillas	489	371	497	501	622
Atahualpa	114	121	131	135	146
El Guabo	95	94	102	109	124
Huaquillas	1.054	1.120	1.346	1.415	1.569
Marcabeli	76	79	81	89	99
Pasaje	170	176	179	183	208
Piñas	347	349	354	361	377
Portovelo	86	88	92	98	108
Santa Rosa	942	950	973	964	1.170
Zaruma	358	347	360	297	382
TOTAL	7.526	7.934	8.490	8.781	9.533

Debido a que el diseño va a considerar los datos del año en curso, los valores a partir de los cuales se va a trabajar son los siguientes:

TOTAL DE VEHICULOS DE ALQUILER	:	1.445
TOTAL DE VEHICULOS DE ESTADO	:	105
TOTAL DE VEHICULOS MUNICIPALES	:	86
TOTAL DE VEHICULOS PARTICULARES	:	9.533
TOTAL DE VEHICULOS EXISTENTES	:	11.169

4.3 DETERMINACION DE NUMERO DE SUSCRIPTORES MOVILES

De acuerdo a los datos recogidos para los cuatro tipos de vehículos en la Provincia, se va a efectuar una estimación aproximada del número de unidades móviles que podrían integrar el diseño de este Sistema de Radiotelefonía Móvil Celular.

La mencionada estimación va a comprender una recopilación del número de vehículos totales existentes en cada uno de los cantones de la Provincia, para a partir de ella, determinar el número de posibles suscriptores móviles que conformarán el diseño. Así :

<u>CANTONES</u>	<u>TOTAL DE VEHICULOS</u>	<u>SUSCRIPTORES MOVILES</u>
Machala	5.496	280
Arenillas	671	42
Atahualpa	183	12
El Guabo	164	8
Huaquillas	1.793	130
Marcabeli	144	7
Pasaje	261	18
Piñas	465	32
Portovelo	178	9
Santa Rosa	1.366	96

Zaruma	448	28
<hr/>		
TOTAL	11.169	662

Esta distribución realizada sobre los posibles suscriptores móviles que integran el diseño, va a servir como referencia para lo que después comprenderá la asignación de los diferentes canales dentro del rango de frecuencias correspondiente, ya que la deducción en número de las unidades móviles asignadas representa una función directa de la disponibilidad de transporte en cada región de la Provincia, lo cual también refleja la demanda existente en la misma.

Es de mencionar que las cantidades asignadas de los posibles suscriptores móviles para cada uno de los cantones de la Provincia han surgido como resultado de encuestas efectuadas dentro de pequeñas muestras escogidas en cada uno de ellos contemplando la utilización de los cuatro tipos de medios de transporte descritos en líneas anteriores. Dichas encuestas fueron proporcionadas por cada uno de los Comandos de Policía de la Provincia de El Oro, bajo cuyo control se encuentra lo referente al tráfico vehicular en la misma.

CAPITULO V

DISEÑO DEL SISTEMA DE RADIOTELEFONIA MOVIL CELULAR PARA LA PROVINCIA DE EL ORO

5.1 ALCANCE DEL SISTEMA

Teniendo en cuenta que la aplicación de un Sistema de Radiotelefonía Móvil Celular constituye una técnica nueva en lo que va del desarrollo de las Telecomunicaciones en nuestro país, se hace imprescindible a notar ciertas recomendaciones básicas que aseguren su correcto funcionamiento, entre las que se tienen las siguientes:

- El trabajo de dimensionamiento del sistema propuesto debe realizarse con criterios conservadores, pero al mismo tiempo tomando en cuenta las tasas de crecimiento de la zona estudiada para no restringir el alcance del servicio radiotelefónico. Por las razones anotadas en el Capítulo IV, es necesario que durante un período conveniente y en base a un programa de control y evaluación, se verifiquen las hipótesis del diseño, en especial en lo referente a la demanda; al mismo tiempo deben estudiarse factores como los concernientes al

comportamiento de los abonados, la calidad del servicio y las características técnicas y de Ingeniería a ser aplicadas para el correcto funcionamiento de este sistema.

- Como de acuerdo a la demanda resultante en la Provincia de El Oro, el número de suscriptores móviles resultó relativamente bajo, la capacidad del sistema a utilizarse no presentará un muy elevado número de canales, razón por la cual se requerirá de un sistema automático de bajo contenido de los mismos, lo que resulta conveniente ya que sistemas de este naturaleza han sido ya empleados y comprobados en cuanto a su eficiencia en múltiples países del mundo.

- Con miras a emplear este Sistema de Radiotelefonía Móvil a niveles mayores comprendiendo ya no una sola Provincia sino un grupo de ellas o por qué no decirlo a todas las que integran nuestro país, es útil conocer el hecho de que existen sistemas automáticos de este tipo de mediana capacidad (entre 2.000 y 10.000 abonados) que ya han sido empleados en países como Francia, Venezuela, Alemania, Australia y Países Nórdicos dando excelentes resultados. Inclusive si se piensa a ni -

vel de países de enorme capacidad (más de 10.000-abonados), se tienen instalados también en múltiples naciones corroborando su confiabilidad.

5.2 USUARIOS MÓVILES

A partir del estudio de demanda hecho en el Capítulo IV, y teniendo en cuenta que el número de suscriptores móviles fue obtenido en base a un análisis aproximado tomado de muestras escogidas al azar, se obtuvo un total (vehículos de Alquiler, de Estado, Municipales y Particulares) de 662 unidades móviles a ser empleadas dentro del diseño.

5.3 NUMERO DE ESTACIONES BASE

Para la obtención de este número de estaciones base como parte del diseño a realizar, es importante anotar la dependencia de dicha obtención con los siguientes factores:

- Area a ser cubierta
- Nivel deseado de la relación señal/ruido
- Nivel de intensidad de campo requerido en el área de servicio
- Facilidades de acceso

5.3.1 AREA A SER CUBIERTA

Para la determinación del área que cubre cada estación base dentro de la Provincia, es necesario contar con la distribución de la misma en base a cartas topográficas que fueron proporcionadas por el Instituto Geográfico Militar. (Véase Fig. N° 39).

Cada una de las cartas existentes dentro de la Provincia, comprende a su vez una subdivisión en cartas de áreas más pequeñas en el caso de no existir en una sola carta toda la información necesaria.

Las cartas necesarias en el estudio topográfico de la Provincia son como siguen:

a) Tendales

Cuya subdivisión comprende las siguientes partes:

- 1 : Boca de Pagua
- 2 : Pagua
- 3 : El Palmar
- 4 : Tendales



Fig. N°39 MAPA DE LA PROVINCIA DE EL ORO
CONTENIENDO LAS CARTAS TOPOGRÁFICAS EXISTENTES.

Carta Topográfica:

1	2
3	4

b) Machala

Cuya subdivisión comprende las siguientes partes:

- 1 : La Raquel
- 2 : El Guabo
- 3 : Machala
- 4 : Pasaje

c) Uzhcurrumid) Huaquillas

Cuya subdivisión comprende las siguientes partes:

- 1 : Las Huacas
- 2 : Isla Pongal
- 3 : Jumón

e) Santa Rosa de El Oro

Cuya subdivisión comprende las siguientes partes:

- 1 : Puerto Jelf
- 2 : La Virginia
- 3 : Santa Rosa

4 : Vega Vivero

f) Chilla

g) Arenillas

Cuya subdivisión comprende las siguientes partes:

1 : Chacras

2 : Arenillas

3 : Guabillo

4 : Palmales

h) La Avanzada

i) Pacha

j) Las Lajas

Cuya subdivisión comprende las siguientes partes:

1 : Manabí de El Oro

2 : El Bunque

3 : La Avanzada de El Oro

k) Marcabeli

Cuya subdivisión comprende las siguientes partes;

- 1 : La Bocana
- 2 : Marcabeli
- 3 : Balzas

1) Zaruma

Cuya subdivisión comprende las siguientes partes:

- 1 : Piñas
- 2 : Zaruma
- 3 : Los Amarillos
- 4 : El Prado

En la Figura N° 39 se presenta el perfil de la Provincia de El Oro en el que constan las cartas topográficas anteriormente descritas .

Del análisis de las cartas topográficas de la Provincia , se han podido distinguir como puntos importantes dentro de cada uno de los cantones, que a su vez van a conformar el diseño propuesto, los siguientes:

- Abañín
- Atahualpa
- Arenillas
- Ayapamba
- Barbones
- Balzas
- Bellavista
- Buenavista
- Capiro
- Costa Rica
- Curtincápac
- Chacras
- Chilla
- Dos Quebradas
- El Cambio
- Guabo
- Guanazán
- Guishaguiña
- Huaquillas
- Huertas
- Jambelí
- La Avanzada
- La Bocana
- La Chorrera
- Las Lajas
- La Peaña

- La Victoria
- La Florida
- Machala
- Malvas
- Manabí de El Oro
- Marcabeli
- Moromoro
- Palmales
- Pasaje
- Piñas
- Piedras
- Platanillos
- Portovelo
- Progreso
- Puerto Bolívar
- Salatí
- Santa Rosa
- San Roque
- San Lorenzo
- San Vicente
- San Isidro
- San Antonio
- Tendales
- Uzhcurrumi
- Victoria
- Zaruma

5.3.2 NIVEL DESEADO DE LA RELACION SEÑAL/RUIDO

De acuerdo a las recomendaciones hechas por el C.V.C.I.R. en el # 339-3 se tiene que para obtener una calidad comercial marginal la relación señal de audio a ruido debe ser de 15 dB. y, para buena calidad comercial de 33 dB.

Además, según el informe presentado por el Comité antes mencionado # 352-2, la mínima calidad aceptable de servicio debe ser de 14 dB.- En base a lo antes dicho, el sistema que se está diseñando puede presentar una relación señal/ruido de unos 22 dB. para ser considerado aceptable.

5.3.3 NIVEL DE INTENSIDAD DE CAMPO REQUERIDO EN EL AREA DE SERVICIO

Los niveles de intensidad de campo dependerán del lugar donde se ubique cada estación base, ya que los mismos son una función variable de acuerdo al ruido introducido en el sitio donde se asienten dichas estaciones.

Dicho ruido comprende el generado por causas-

tales como: las de tipo térmico, las provocadas por descargas gaseosas de ciertos aparatos, las producidas por sistemas de encendido o apagado de los equipos, por acoplamiento de las líneas de transmisión, entre otras.

5.3.4 FACILIDADES DE ACCESO

Las estaciones base deben ser escogidas de manera tal que presenten facilidades en cuanto a llegar hasta ellas debido a que dichas estaciones deben ser sometidas continuamente a procesos de control, supervisión y mantenimiento con el fin de garantizar el normal funcionamiento del sistema que se está diseñando.

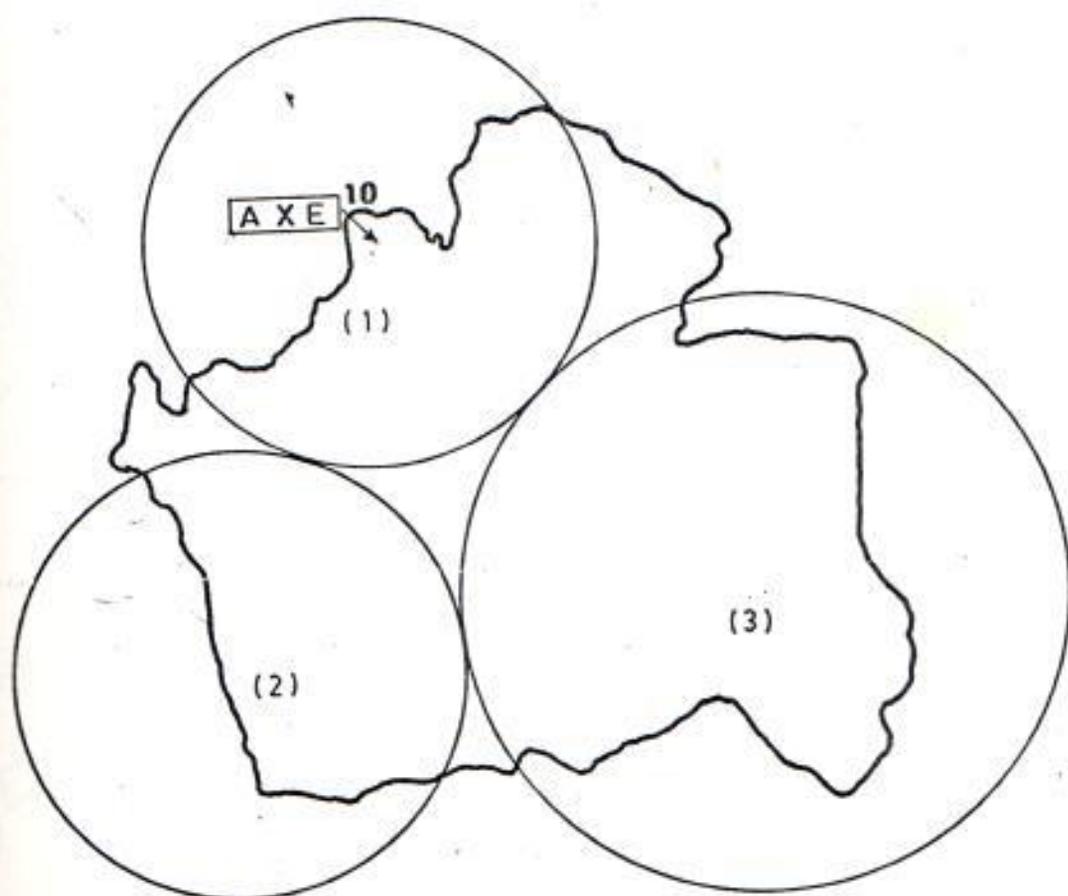
5.3.5 LOCALIZACION DE LAS ESTACIONES

Cumpliendo con los requerimientos anotados en los literales anteriores en lo que respecta a la determinación de las estaciones base dentro de la Provincia de El Oro, se ha escogido un total de tres estaciones base que dan una cobertura total a la Provincia, lo que implica una cantidad de tres celdas o células que cubren a toda la Provincia tratada.

La primera de dichas estaciones base, estará ubicada en la capital de la Provincia de El Oro, es decir, en la ciudad de Machala que es la que presentará la mayor demanda de suscriptores móviles, y en donde ha sido necesario ubicarla sobre el edificio más alto que es el del Palacio Municipal de 30 metros de altitud, debido a que la mencionada ciudad se encuentra a nivel del mar y no posee ninguna elevación digna de considerarse para los objetivos del sistema. Básicamente la cobertura de esta estación base comprenderá el sector norte de la Provincia.

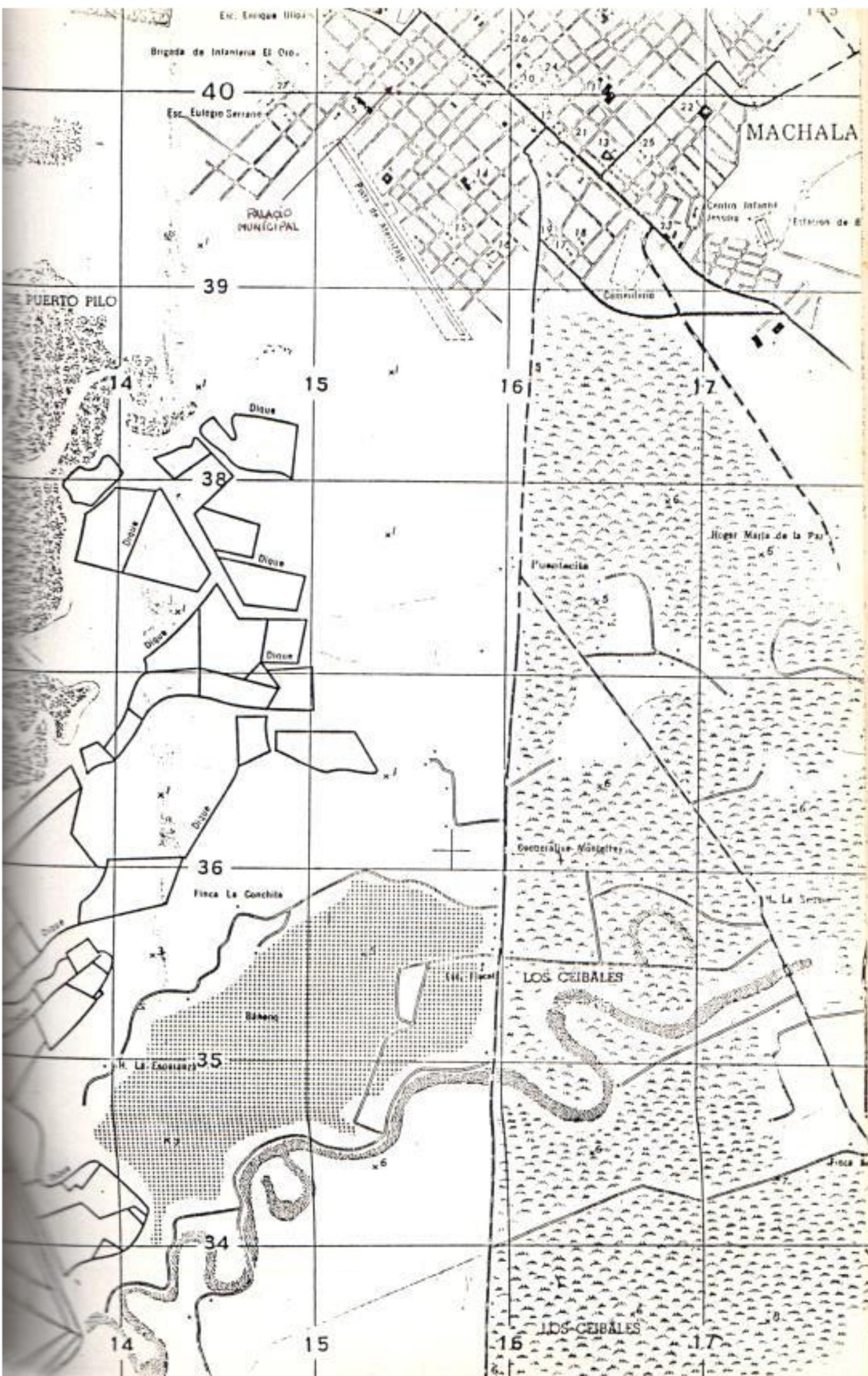
Para cubrir el área sur-occidental de la Provincia, se ha ubicado la segunda estación base en el Cerro El Toro correspondiente a la población de Las Lajas, el cual presenta una altitud de 580 metros.

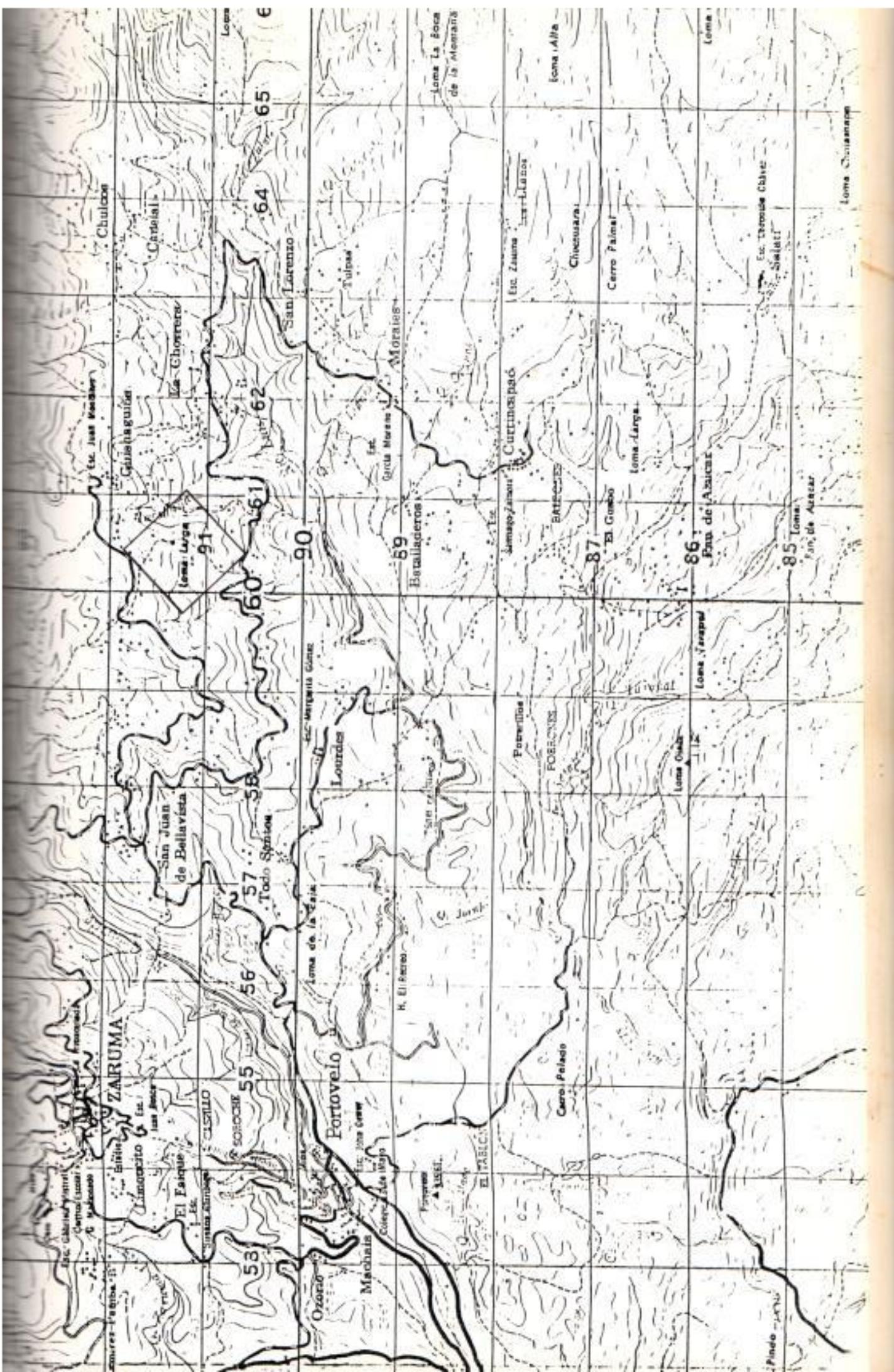
La tercera y última estación base se ha localizado en la elevación de Loma Larga en la población de Guishaguña, con lo que se cubrirá la región sur-oriental de la Provincia. Esta elevación de Loma Larga presenta una altitud de 1.200 metros. (Véase Fig. N° 40).



	CENTRAL	→	AXE 10:	CIUDAD DE MACHALA
ESTACIONES BASE.	{	(1)	PALACIO MUNICIPAL DE MACHALA	79° 57' 30" L.W. 3° 15' 22" L.S.
		(2)	CERRO EL TORO	80° 4' 50" L.W. 3° 46' 12" L.S.
		(3)	LOMA LARGA	79° 33' 12.6" L.W. 3° 41' 46.8" L.S.

Fig. N° 40 CENTRAL DE CONMUTACION Y ESTACIONES BASE.





En lo referente a la cobertura de cada estación base, se tiene que para la ciudad de Machala se ha asignado una cobertura de 30 Km., haciéndose lo mismo para la estación de Las Lajas.

Para la estación ubicada en Guishaguña, se ha dado una cobertura de 40 Km., por encontrarse en el punto más alto dentro de la zona correspondiente y teniendo en cuenta que el número de suscriptores móviles es relativamente menor si se lo compara con la de Machala y Las Lajas.

A continuación se presentan las estaciones base con sus respectivas coberturas y distancias de las poblaciones comprendidas dentro de cada cobertura con respecto a las mismas .

<u>ESTACION BASE</u>	<u>POBLACIONES COMPRENDIDAS</u>	<u>DISTANCIA</u> (Km)
Palacio Municipal (Ciudad de Machala).	Machala	--
	Tendales	20
	Barbones	13
	Puerto Bolívar	3
	Costa Rica	30

	El Guabo	15
	Santa Rosa	22
	El Cambio	15
	Jambelf	10
	Bellavista	28
	La Peaña	11
	Pasaje	19
	Progreso	27
	Victoria	21
	Buenvista	20
Cerro El Toro	Palmales	14
(Población de	Marcabeli	16
Las Lajas)	La Bocana	20
	Dos Quebradas	7.5
	San Antonio	28
	Piedras	21
	San Isidro	10
	Chacras	29
	La Florida	5
	Platanillos	3
	Huaquillas	30
	Las Lajas	--
	San Vicente	5
	La Victoria	2
	Arenillas	27

	Manabí de El Oro	8
	La Avanzada	27
	Balzas	27
Loma Larga	Abañín	37
(Guishaqui	San Lorenzo	1.5
ña)	Chilla	26
	Piñas	12
	Atahualpa	16
	Uzhcurrumi	38
	Salatí	10
	San Roque	14
	Capiro	22
	La Chorrera	1
	Guanazán	28
	Portovelo	9
	Guishaguíña	--
	Moromoro	16
	Zaruma	8
	Huertas	13
	Malvas	6
	Curtincápac	4
	Ayapamba	16

5.4 NUMERO DE CENTRALES DE CONMUTACION

En base a la cantidad de suscriptores o abonados móviles que van a integrar el sistema objeto de diseño, se puede determinar la presencia en el mismo de una central de conmutación con capacidad de 1.000 abonados, para emplear conservadoramente un sistema de Radiotelefonía de baja capacidad y contando con la posibilidad de dar una flexibilidad más o menos significativa para futuras ampliaciones que se den en cuanto a la demanda de abonados móviles en toda la Provincia. (Véase Fig. N° 40).

Con el fin de tener mayores facilidades en el diseño del sistema, la ubicación de la central va a definirse dentro de la ciudad de Machala (capital de la Provincia) formando parte de la central AXE 10 del Instituto Ecuatoriano de Telecomunicaciones de El Oro .

5.5 DISTRIBUCION DE RADIOCANALES

Esta distribución de radiocanales va a ser realizada tomando como referencia el porcentaje de tráfico entre las tres estaciones base definidas y empleando la configuración de la banda de frecuencias con la cual va a trabajar el sistema.

Los datos de porcentaje del tráfico vehicular son estimativos en base a la demanda de unidades móviles - que presenta la región cubierta por cada una de las descritas estaciones base. Así se tiene que:

- El porcentaje de tráfico para la estación base - del Palacio Municipal es del 65%;
- El porcentaje de tráfico desde la estación base ubicada en el Cerro El Toro hacia la del Palacio - Municipal es del 60%;
- El porcentaje de tráfico desde la estación base - que se encuentra en Loma Larga hacia la que se ubica en el Palacio Municipal es del 50%;
- El porcentaje de tráfico desde la estación base - establecida en el Palacio Municipal hacia la del Cerro El Toro es del 25%;
- El porcentaje de tráfico desde la estación base - localizada en el Palacio Municipal hacia la que - se ubica en Loma Larga es del 10%;
- El porcentaje de tráfico para la estación base - que se encuentra en el Cerro El Toro es del 30% ;
- El porcentaje de tráfico desde la estación base - del Cerro El Toro hacia la de Loma Larga es del - 10%;
- El porcentaje de tráfico desde la estación base ubicada en Loma Larga hacia la que se encuentra en

- el Cerro El Toro es del 35%;
- El porcentaje de tráfico para la estación base de Loma Larga es del 15%.

Debido a que la concentración de tráfico telefónico-vehicular desde y hacia las tres zonas comprendidas por cada estación base se concentran fundamentalmente en las estaciones del Palacio Municipal en Machala y del Cerro El Toro en Las Lajas, la asignación de canales va a ser mayor para éstas dos estaciones, mientras que un menor número de dichos canales serán asignados a la estación de Loma Larga ubicada en Guishaguíña.

La capacidad máxima de canales no debe exceder y de hecho va a ser así dada la limitación del diseño a sólo una Provincia del país, a los 1.000 canales disponibles dentro de la configuración de la banda de frecuencia a ser utilizada. En este sentido, es de destacar el que dentro de la Provincia de El Oro, según informes proporcionados por la Dirección Nacional de Frecuencias, se presenta el rango desde los 890 hasta los 960 MHz sin uso y destinados al propósito de la Radiotelefonía Móvil.

La asignación de radiocanales va a efectuarse como -

sigue:

Para el Palacio Municipal de Machala y el Cerro El -
Toro en Las Lajas:

<u>FRECUENCIAS DE TRANSMISION</u>	<u>FRECUENCIAS DE RECEPCION</u>
(MHz)	(MHz)
890.000	935.000
890.025	935.025
890.050	935.050
890.075	935.075
890.100	935.100
890.125	935.125
890.150	935.150
890.175	935.175
890.200	935.200
890.225	935.225
890.250	935.250
890.275	935.275
890.300	935.300
890.325	935.325
890.350	935.350
890.375	935.375
890.400	935.400
890.425	935.425

890.450	935.450
890.475	935.475
890.500	935.500
890.525	935.525
890.550	935.550
890.575	935.575
890.600	935.600
890.625	935.625
890.650	935.650
890.675	935.675
890.700	935.700
890.725	935.725

Para Loma Larga en Guishaguña:

<u>FRECUENCIAS DE TRANSMISION</u>	<u>FRECUENCIAS DE RECEPCION</u>
(MHz)	(MHz)
890.750	935.750
890.775	935.775
890.800	935.800
890.825	935.825
890.850	935.850
890.875	935.875
890.900	935.900
890.925	935.925

En la Figura N° 41 se muestra la distribución de los radiocanales para la transmisión y la recepción dentro del rango de frecuencias en el que trabaja el sistema que se está diseñando.

- 5.6 DEFINICION DE PARAMETROS PARA CALCULO DE POTENCIA

Para el establecimiento de los parámetros involucrados dentro del cálculo de Potencia para un diseño de Radiotelefonía Móvil Celular, se va a utilizar el método de cálculo planteado por el C.C.I.R. (Comité Consultivo Internacional de Radiotelefonía).

Los parámetros necesarios para encontrar la potencia de transmisión de las antenas en cada una de las tres estaciones base son los siguientes:

- Sensibilidad de los receptores
- Orografía del terreno
- Altura de la antena de las estaciones móviles
- Calidad
- Intensidad de campo mínima utilizable
- Ganancia de las antenas para transmisión y recepción
- Pérdidas

(890 - 915) MHz

(935 - 960) MHz

TRANSMISION

RECEPCION

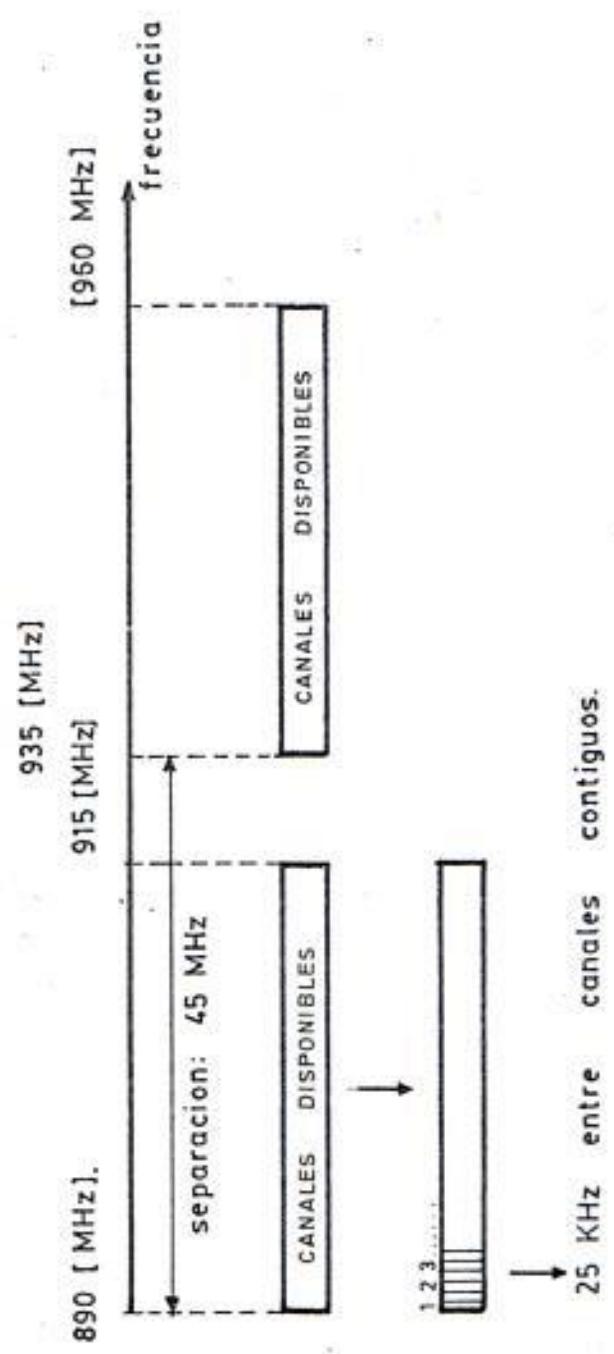


Fig. N° 41 DISTRIBUCION DE RADIOCANALES PARA TRANSMISION Y RECEPCION

a) SENSIBILIDAD DE LOS RECEPTORES

Se entiende por sensibilidad de un receptor la aptitud para recibir señales débiles y para reproducirlas con una intensidad utilizable y una calidad aceptable. La sensibilidad máxima utilizable representa el mayor de los niveles mínimos de la señal de entrada (f.e.m. de la onda portadora) que se aplica a la entrada del receptor, para obtener a la salida el nivel de la señal y la relación señal/ruido dentro del servicio normal.

En términos generales, la sensibilidad de un receptor depende de:

- Nivel de salida necesario
- Ancho de banda de la señal
- Relación señal/ruido a la salida
- Nivel de ruido interno
- Ancho de banda del ruido

La sensibilidad definida como "S", va a presentar un factor de corrección que viene dado por la siguiente expresión y al cual se lo definirá como C_s :

$$C_s = 20 \log.(S/0.7) \quad (5.1)$$

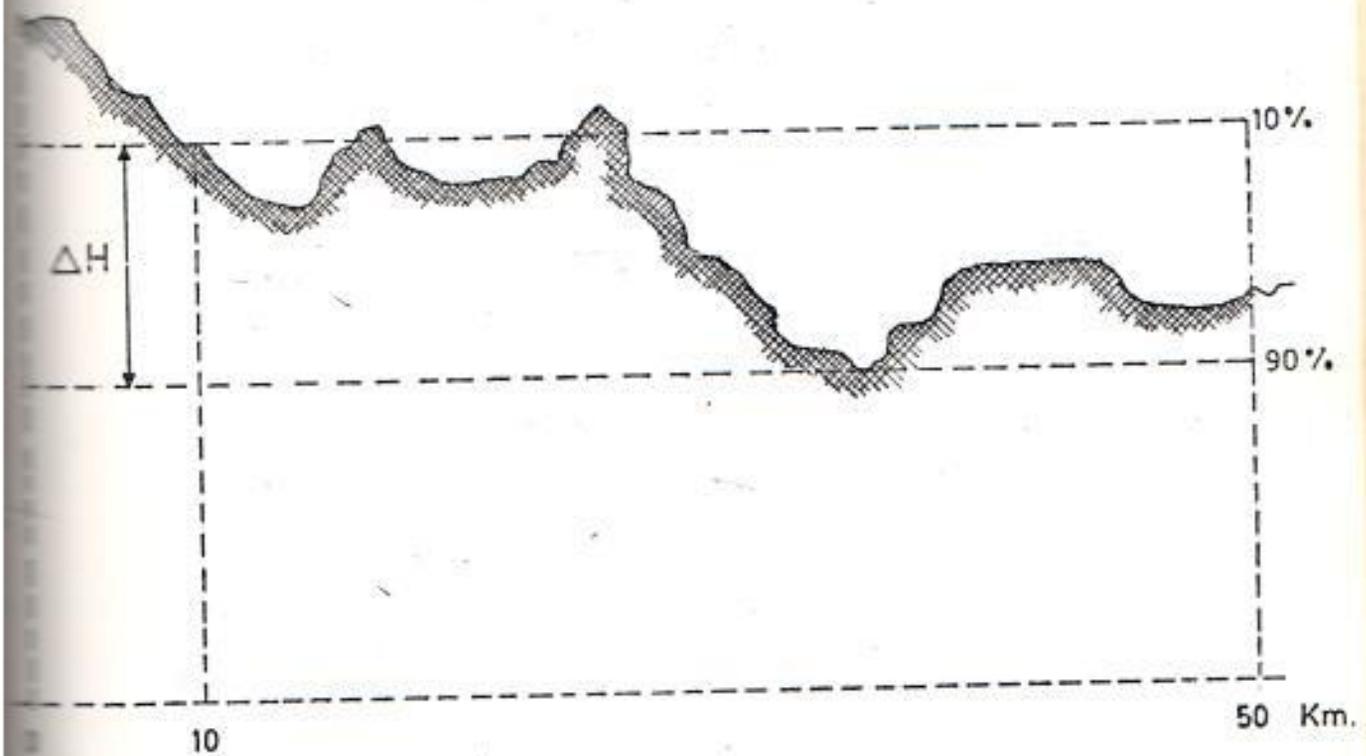
b) OROGRAFIA DEL TERRENO

El grado de irregularidad del terreno se define como ΔH y representa la diferencia entre las alturas del terreno excedidas en un 10% y en un 90% del trayecto de propagación entre 10 y 50 Km. de alcance del transmisor. (Véase Fig. N°42).

El grado de irregularidad del terreno cuando es plano es de 10 m., lo cual equivale a un factor de corrección por atenuación en función de ΔH de 12 dB.

El grado de irregularidad del terreno en el caso de ser montañoso tendrá un valor de 200 m., el cual representa un factor de corrección por atenuación en función de dicha irregularidad de 9 dB. A este factor se lo va a designar con la letra C_o .

La variación típica de C_o cuyo valor está dado en dB. versus ΔH que viene dado en metros se muestra en el Figura N° 43.

Fig. N°42 : P A R A M E T R O " ΔH "

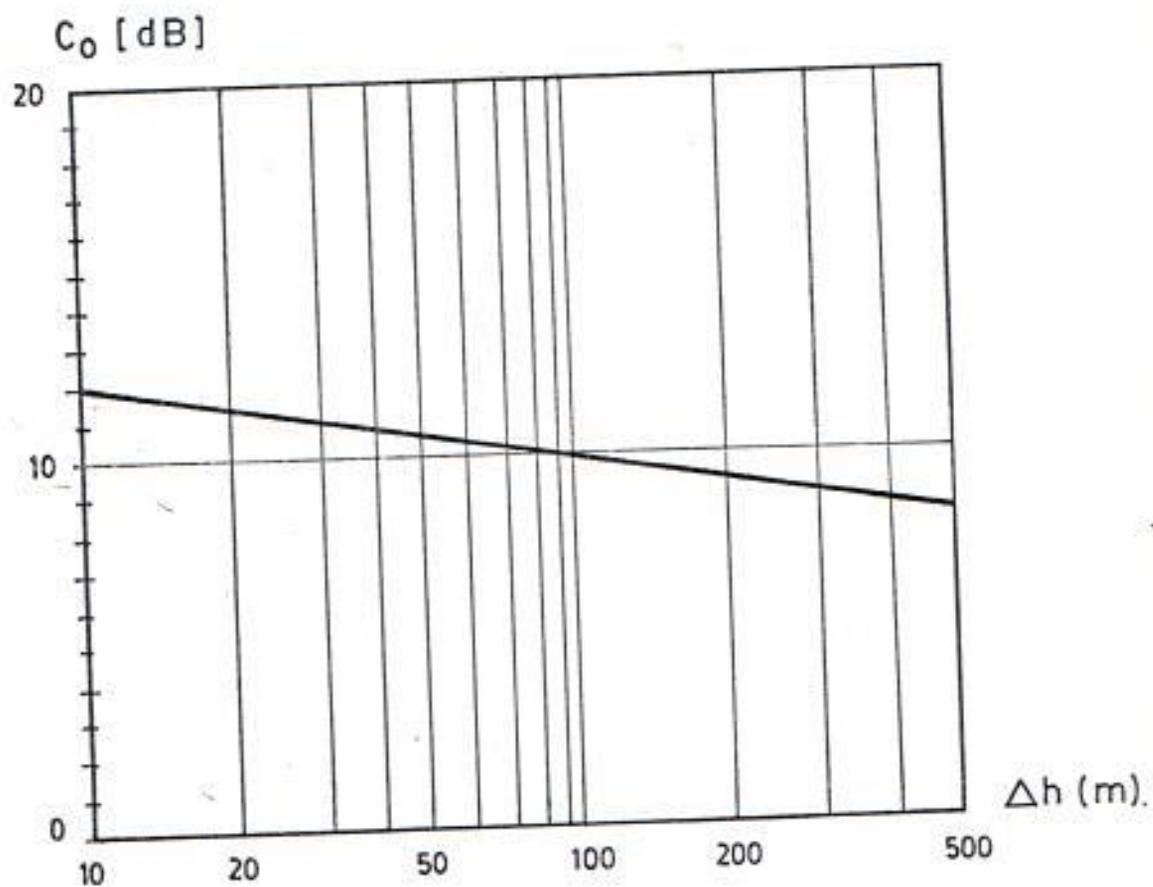
VARIACION TIPICA DE C_0 vs. ΔH .

Fig. N° 43

c) ALTURA DE LA ANTENA DE LAS ESTACIONES MOVILES

En los servicios de radiodifusión se considera que las antenas receptoras poseen una altura del orden de los 10 m. por encima del suelo, pero en el servicio móvil terrestre, la antena se halla generalmente a unos 3 m. o menos, reduciéndose en consecuencia la intensidad de campo.

Para este diseño se va a considerar el valor de la altura de la antena del móvil en 1.5 m. el cual da lugar a un factor de corrección por pérdida de altura de la antena igual a 10 dB. A esta corrección se la distinguirá como C_{AM} .

La variación de este factor C_{AM} en dB. versus la altura del móvil h_m en metros se presenta en la Figura N° 44.

d) CALIDAD

La calidad puede definirse dentro de una comunicación como el porcentaje de tiempo en el que sobrepasa la intensidad de campo mínima utilizable para una ubicación determinada.

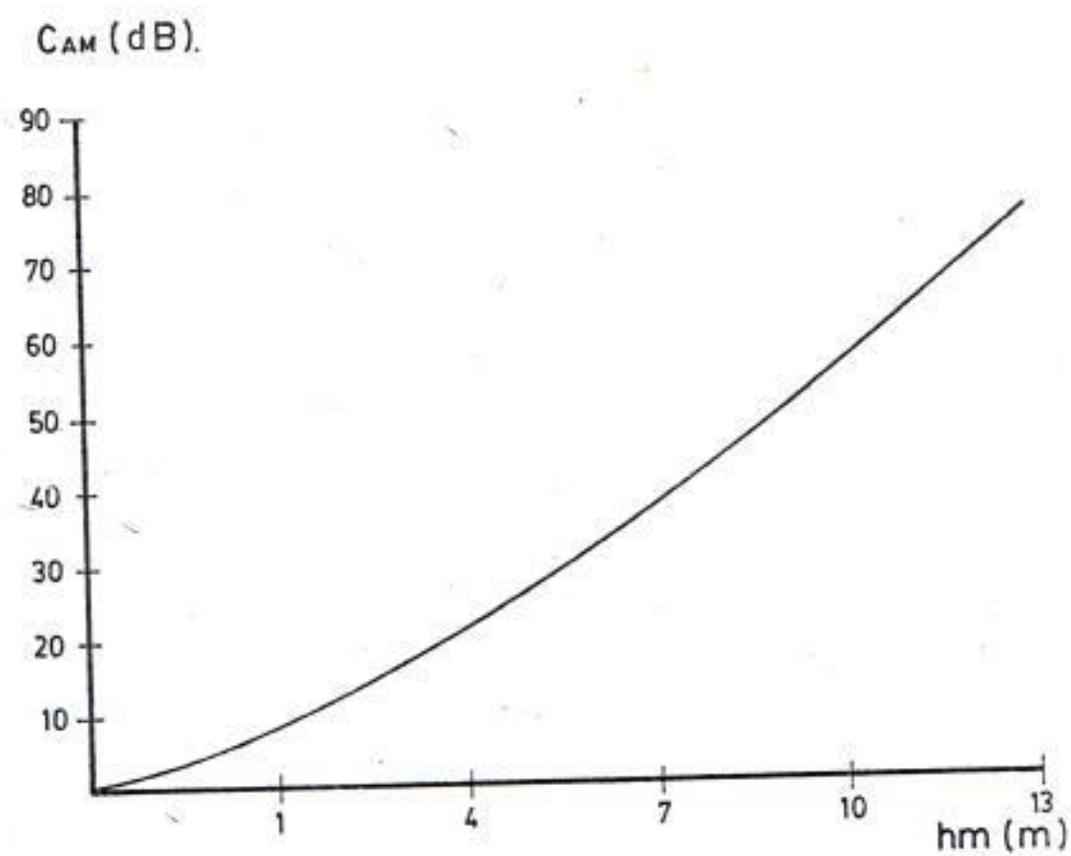


Fig. N° 44 VARIACION DE C_{AM} vs. h_m

El servicio móvil terrestre se caracteriza por amplias variaciones de la intensidad de campo según las ubicaciones y el tiempo.

Dentro de los planteamientos del diseño se va a tener un porcentaje de ubicaciones de recepción del 50%, así como un porcentaje de tiempo de recepción también del 50%, lo cual da lugar a la existencia de dos factores de corrección en virtud de la asunción dada. Es de destacar el hecho de que los valores del 50% fueron obtenidos del análisis promedial dentro del total del servicio de Radiotelefonía Móvil a nivel de muchos países.

La corrección establecida de acuerdo al porcentaje de ubicaciones de recepción se designará por C_U y se tomará como de 13 dB., mientras que la que corresponde al porcentaje de tiempo de recepción se designará por C_T y también se asumirá de 13 dB.

e) INTENSIDAD DE CAMPO MINIMA UTILIZABLE

Se definió esta intensidad como el valor mínimo requerido para cualquier instalación, en ausen-

cia de ruido industrial y de propagación por trayectos múltiples.

La expresión que rige el comportamiento de este campo es la siguiente:

$$E_1 = - 41 + \log.f \quad (5.2)$$

donde:

E_1 : Intensidad de campo mínima necesaria en el umbral de la cobertura deseada con respecto a 1 $\mu\text{V/m}$.

f : Frecuencia de operación del sistema dada en MHz.

Además de lo antes expuesto, todo sistema bajo efectos del ruido industrial y propagación por trayectos múltiples sufre una degradación en su calidad normal de funcionamiento. Se define dicha degradación como el incremento necesario de la señal de entrada deseada para establecer un grado de calidad de recepción impuesto únicamente por los efectos del ruido interno del receptor.

Para este estudio, la degradación se va a tomar de un valor de 9 dB. La Figura N° 45 muestra la variación de la degradación en función de la frecuencia de operación del sistema.

Incluyendo la degradación dentro de la expresión del campo mínimo utilizable, se tiene lo siguiente:

$$E_1 = -41 + \log.f + \text{deg} \quad (5.3)$$

donde:

deg : Degradación del sistema

f) GANANCIA DE LAS ANTENAS PARA TRANSMISION Y RECEPCION

Las antenas empleadas en el diseño son de naturaleza omnidireccional, característica con la cual se logra irradiar en todas las direcciones de propagación dentro de la cobertura que abarque cada una de ellas.

Cada estación base presentará una antena de este tipo que estará ubicada en el centro de las tres

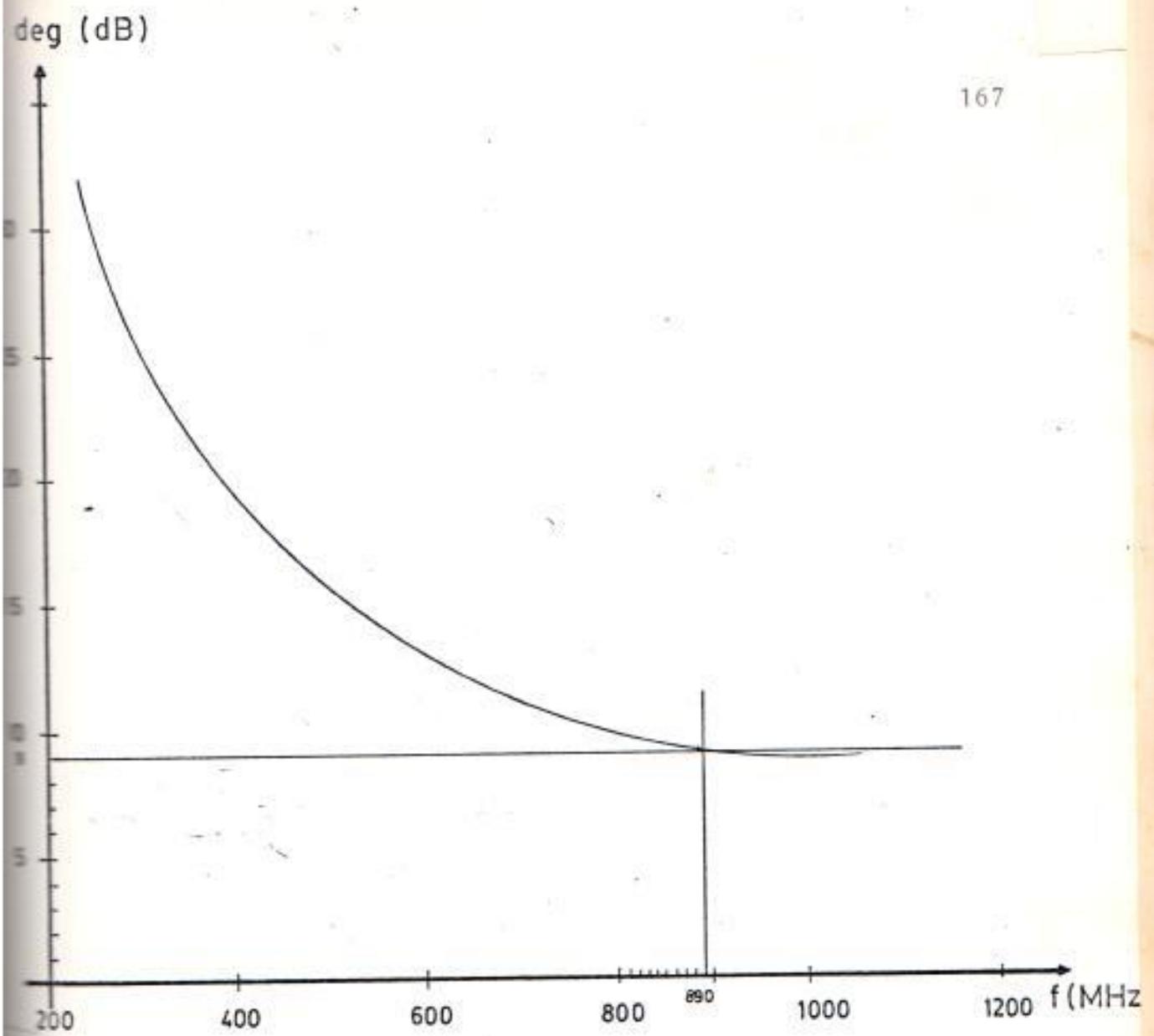


Fig. N° 45 VARIACION DE LA DEGRADACION

células del diseño, dando un total de tres antenas omnidireccionales.

La ganancia de las antenas tanto para la transmisión como para la recepción se va a asumir de un valor de 10 dB., la cual es generalmente usada en servicios de radiotelefonía móvil a nivel de los países donde se aplica. Se va a asignar la ganancia igual para el transmisor como para el receptor con el fin de lograr un perfecto acoplamiento entre la señal emitida y la recibida, reduciéndose las pérdidas que puedan presentarse en el diseño.

f) La ganancia de la antena transmisora se definirá como G_T y la de la antena receptora como G_R .

g) PERDIDAS

Otro de los parámetros importantes para el cálculo de la Potencia de transmisión lo constituyen las pérdidas en la línea de alimentación, cavidades y filtros de la antena transmisora y receptora, el cual viene expresado en dB. y se designará por la letra L.

Para efectos de cálculo de la Potencia, el valor de L será de 9 dB. que es un valor estándar aceptado internacionalmente para sistemas de aplicación de la Radiotelefonía Móvil dentro de las Comunicaciones.

5.7 POTENCIA DE TRANSMISION NECESARIA EN CADA UNA DE LAS ESTACIONES BASE

Para el cálculo de la potencia de transmisión, se deberá tomar en cuenta la intensidad de campo "E" que se tenga en los puntos donde la cobertura de transmisión es máxima, a lo que se debe sumar la influencia de cada uno de los parámetros descritos en líneas anteriores.

El campo "E" que se halle a una distancia D del transmisor es el que proporcionaría cuando la potencia radiada aparente fuera de 1 Kw., dándose para estas condiciones la presencia de un campo mínimo utilizable E_1 que va a generar el valor de la potencia transmitida dentro de un área determinada. (Véase Fig. N° 46).

La relación de potencias que se obtiene es como sigue:

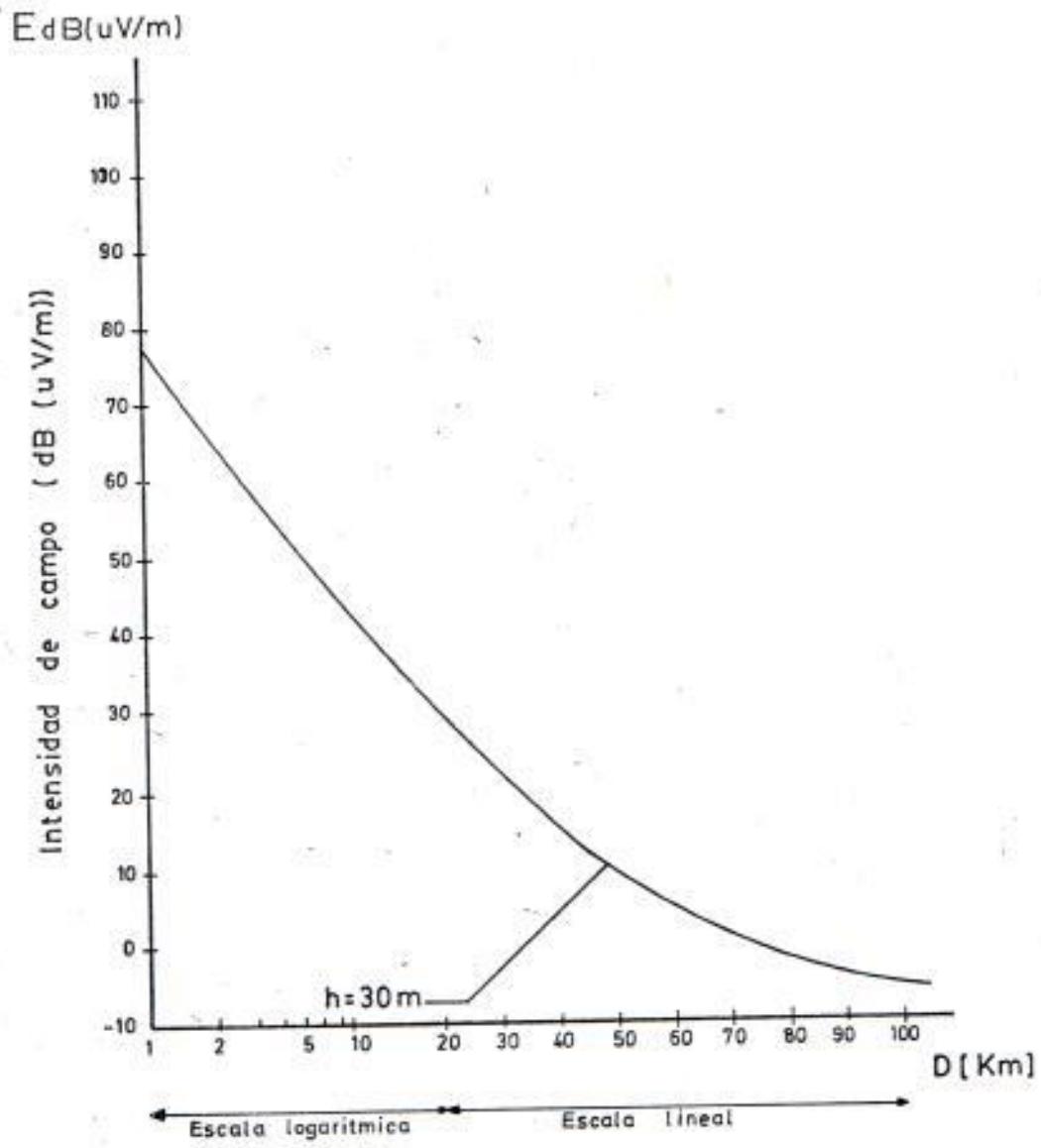


Fig. N° 46 VARIACION DE E vs.D

$$(P_T / 10^3) = (E_1 / E)^2 \quad (5.4)$$

donde:

P_T : Potencia de transmisión

E_1 : Campo mínimo utilizable

E : Campo a una distancia D del transmisor.

Desarrollando la ecuación planteada anteriormente -
5.4, se tiene lo siguiente:

$$10 \log.P_T = 10 \log.10^3 + 20 \log.E_1 - 20 \log.E$$

$$P_T(\text{dBw}) = 30 + E_1 (\text{dB}) - E (\text{dB}) \quad (5.5)$$

Añadiendo los parámetros o factores de corrección -
dentro del diseño se tiene:

$$P_T(\text{dBw}) = 30 + E_1 - E + C_S + C_O + C_{AM} + C_U + C_T + \\ G_T + G_R + L \quad (5.6)$$

$$P_T(\text{w}) = \text{antilog. } \{P_T(\text{dBw})/10\} \quad (5.7)$$

En base a los análisis presentados, y en virtud del-
propósito primordial de este diseño, cual es el de -

asegurar la eficacia y calidad del Sistema de Radiotelefonía Móvil Celular en la Provincia de El Oro, se procederá a calcular la potencia de transmisión en cada una de las estaciones base definidas ya en su parte correspondiente dentro de este estudio, analizando entonces:

- La potencia de transmisión para las estaciones del Palacio Municipal y Cerro El Toro, y,
 - La potencia de transmisión para la estación ubicada en Loma Larga
- a) POTENCIA DE TRANSMISION PARA LAS ESTACIONES DEL PALACIO MUNICIPAL Y CERRO EL TORO

Para estas estaciones base que presentan una cobertura de 30 Km., los datos necesarios para el cálculo de la potencia de transmisión son:

Altura de las antenas (h)	=	30 m.
Frecuencia de operación (f)	=	890 MHz.
Cobertura del transmisor (D)	=	30 Km.

Sensibilidad del receptor (S)	= 0.7 μ V.
Corrección por pérdida de altura de la antena de la estación móvil (C_{AM})	= 10 dB.
Corrección por atenuación en función de la irregularidad del terreno (C_o)	= 12 dB.
Corrección por porcentaje de ubicaciones de recepción (C_U)	= 13 dB.
Corrección por porcentaje de tiempo de recepción (C_T)	= 13 dB.
Ganancia de la antena transmisora (G_T)	= 10 dB.
Ganancia de la antena receptora (G_R)	= 10 dB.
Pérdidas en la línea de alimentación, cavidades y filtros de la antena transmisora y receptora (L)	= 9 dB.

$$\text{Degradación (deg)} = 9 \text{ dB.}$$

En base a los datos anotados para este cálculo, se obtienen los siguientes resultados:

- Aplicando la ecuación 5.1, el factor de corrección de la sensibilidad es:

$$C_s = 20 \log. (0.7/0.7)$$

$$C_s = 0 \text{ dB.}$$

- De la ecuación 5.3, el campo mínimo utilizable es igual a lo siguiente:

$$E_1 = -41 + \log.(890) + 9$$

$$E_1 = -29.05 \text{ dB.}$$

- Del gráfico presentado en la Figura N° 46, donde se establece la variación de la Intensidad de Campo versus la distancia que cubren en este caso las dos estaciones que se están tratando, se obtuvo que su valor es de :

$$E = 22 \text{ dB.}$$

Con todos los datos y resultados obtenidos en es

ta parte del diseño, se puede proceder a calcular la potencia de transmisión que presentarán las estaciones base ubicadas en el Palacio Municipal de Machala y en el Cerro El Toro de Las Lajas, así y empleando la ecuación 5.6, se tiene que:

$$P_T(\text{dBw}) = 30 + (-29.05) - 22 + 0 + 12 + 10 + 13 + 13 - 10 - 10 + 9$$

$$P_T(\text{dBw}) = 15.95$$

Luego, y utilizando la ecuación 5.7:

$$P_T(\text{w}) = \text{antilog}\{((15.95)/10)\}$$

$$P_T(\text{w}) = 39.35$$

Este último valor de P_T representa pues la potencia de transmisión que poseen las estaciones de Machala y Las Lajas con sus antenas ubicadas en el Palacio Municipal y el Cerro El Toro respectivamente.

b) POTENCIA DE TRANSMISION PARA LA ESTACION DE LOMA LARGA

Para esta estación base que presenta una cobertura de 40 Km., los datos necesarios para el cálculo de la potencia de transmisión son:

Altura de la antena (h)	=	30 m.
Frecuencia de operación (f)	=	890 MHz.
Cobertura del transmisor (D)	=	40 Km.
Sensibilidad del receptor (S)	=	0.7 μ V.
Corrección por pérdida de altura de la antena de la estación móvil (C_{AM})	=	10 dB.
Corrección por atenuación en función de la irregularidad del terreno (C_o)	=	9 dB.
Corrección por porcentaje de ubicaciones de recepción (C_U)	=	13 dB.

Corrección por porcentaje de tiempo de recepción (C_T) = 13 dB.

Ganancia de la antena transmisora (G_T) = 10 dB.

Ganancia de la antena receptora (G_R) = 10 dB.

Pérdidas en la línea de alimentación, cavidades y filtros de la antena transmisora y receptora (L) = 9 dB.

Degradación (deg) = 9 dB.

En base a los datos anotados para este cálculo, se obtienen los siguientes resultados:

- Aplicando la ecuación 5.1, el factor de corrección de la sensibilidad es:

$$C_s = 20 \log.(0.7/0.7)$$

$$C_s = 0 \text{ dB.}$$

- De la ecuación 5.3, el campo mínimo utilizable es igual a lo siguiente:

$$E_1 = -41 + \log.(890) + 9$$

$$E_1 = -29.05 \text{ dB.}$$

- De la figura N° 46 donde se establece la variación de la Intensidad de Campo versus la distancia que cubre en este caso la estación que se está tratando, se obtuvo que su valor es de:

$$E = 16 \text{ dB.}$$

Con todos los datos y resultados obtenidos en esta parte del diseño, se puede proceder a calcular la potencia de transmisión que presentará la estación base ubicada en Loma Larga, así y empleando la ecuación 5.6, se tiene que:

$$P_T(\text{dBw}) = 30 + (-29.05) - 16 + 0 + 9 + 10 + 13 + 13 - 10 - 10 + 9$$

$$P_T(\text{dBw}) = 18.95$$

Luego, y utilizando la ecuación 5.7:

$$P_T(w) = \text{antilog. } \{(18.95)/10\}$$

$$P_T(w) = 78.52$$

Este último valor de P_T representa pues la potencia de transmisión que posee la estación ubicada en Loma Larga de la población de Guishaguña.

5.8 DEFINICION DE PARAMETROS PARA CALCULO DE RADIOENLACES

La realización del cálculo de los diversos radioenlaces que se presentan en este diseño debe partir de un profundo estudio topográfico de la zona que se está tratando, en este caso particular de la Provincia de El Oro, para así establecer de manera más conveniente los puntos a ser tomados como importantes dentro del mismo.

Entre los parámetros constitutivos de un estudio de radioenlace que deben ser analizados a partir de la característica topográfica entre los puntos involucrados en el mismo se tienen:

- Altitud de la estación transmisora
- Altitud de la estación receptora

- Altura de la antena transmisora
- Altura de la antena receptora
- Distancia o longitud del trayecto
- Altura del obstáculo
- Distancia entre la estación transmisora y el obstáculo
- Distancia entre la estación receptora y el obstáculo
- Longitud de onda de la señal transmitida
- Primer radio de Fresnel
- Constante de la curvatura de la tierra
- Claridad
- Punto de reflexión
- Angulos verticales del trayecto
- Azimuts del trayecto
- Angulo de elevación de la onda directa
- Pérdidas por difracción
- Pérdidas por reflexión
- Pérdidas de espacio libre

ALTITUD DE LA ESTACION TRANSMISORA

Se la va a definir como h_g , y representa la altitud de la estación que se tomará en lo que va del diseño como N° 1, que es el punto de partida de la propagación. Esta altitud viene expresada en metros. (Véa-

se Fig. N° 47).

ALTITUD DE LA ESTACION RECEPTORA

Se la va a definir como hg_2 y representa la altitud de la estación que se tomará en lo que va del diseño como N° 2, que es el punto de llegada en el trayecto de propagación de la señal. Esta altitud viene expresada en metros. (Véase Fig. N° 47).

ALTURA DE LA ANTENA TRANSMISORA

Se la va a definir como ha_1 y representa la altura de la antena en el punto a partir del cual se comienza a transmitir. Esta altura está dada en metros. (Véase Fig. N° 47).

ALTURA DE LA ANTENA RECEPTORA

Se la definirá como ha_2 y es la altura que presenta la antena en el punto que se espera recibir la señal. Esta altura se expresa en metros. (Véase Fig. N° 47).

DISTANCIA DEL TRAYECTO

Llamada también longitud del trayecto, se la va a de

finir como d y representa la separación que existe entre la estación transmisora y la receptora. Esta distancia viene dada en Km. (Véase Fig. N° 47).

ALTURA DEL OBSTACULO

Esta altura se definirá como h_s y es considerada como aquella sobre el nivel del mar que se emplea para eliminar la producción de onda reflejada en el trayecto de propagación. Viene dada en metros. (Véase Fig. N° 47).

DISTANCIA ENTRE LA ESTACION TRANSMISORA Y EL OBSTACULO

Esta distancia entre la estación transmisora o N° 1 y el obstáculo se definirá como d_1 . La medida de esta distancia está dada en Kilómetros. (Véase Fig. N° 47).

DISTANCIA ENTRE LA ESTACION RECEPTORA Y EL OBSTACULO

Esta distancia entre la estación receptora o N° 2 y el obstáculo se definirá como d_2 . Su medida está dada en Km. (Véase Fig. N° 47)

LONGITUD DE ONDA DE LA SEÑAL TRANSMITIDA

Esta longitud de onda se definirá como λ y viene dada en metros.

PRIMER RADIO DE FRESNEL

Se va a definir como h_0 . La propagación entre la estación transmisora y la receptora forma un elipsoide y se define la primera zona de Fresnel como la que abarca un 60% de la energía de la señal, siendo la más importante dentro de la elipsoide, motivo por el cual no deben existir obstáculos que se intercepten con esta zona para que no se produzcan pérdidas, garantizándose una aceptable transmisión entre puntos de un trayecto. Al radio de esta zona de Fresnel se denomina Primer Radio de Fresnel y estará dado en metros. (Véase Fig. N° 47).

CONSTANTE DE LA CURVATURA DE LA TIERRA

Se reconocerá como K y deberá ser tomada de acuerdo al valor establecido para el Ecuador.

CLARIDAD

Se designará este parámetro como h_c , y se define como la libertad que tiene un trayecto. Representa la distancia entre el obstáculo y la onda directa. Viene dada en metros. (Véase Fig. N° 47).

PUNTO DE REFLEXION

Se entiende como aquel lugar del trayecto donde la onda reflejada choca contra la tierra. La distancia desde la estación N° 1 (estación transmisora) hasta el punto de reflexión se va a designar como d_{1r} , mientras que la que existe entre la estación N° 2 (estación receptora) se va a distinguir como d_{2r} . Los valores de estas dos distancias estarán dados en Kilómetros. (Véase Fig. N° 48).

ANGULOS VERTICALES DEL TRAYECTO

Existen ángulos verticales entre la onda directa y la onda reflejada del trayecto de propagación a los que se designarán como θ_1 y θ_2 para las estaciones N° 1 y N° 2 respectivamente; además, se tienen ángulos verticales de la onda directa solamente que se llaman α_1 y α_2 , y por último, se tienen ángulos verticales que se definen sólo por la onda reflejada como son β_1 y β_2 . Los valores de todos estos ángu-

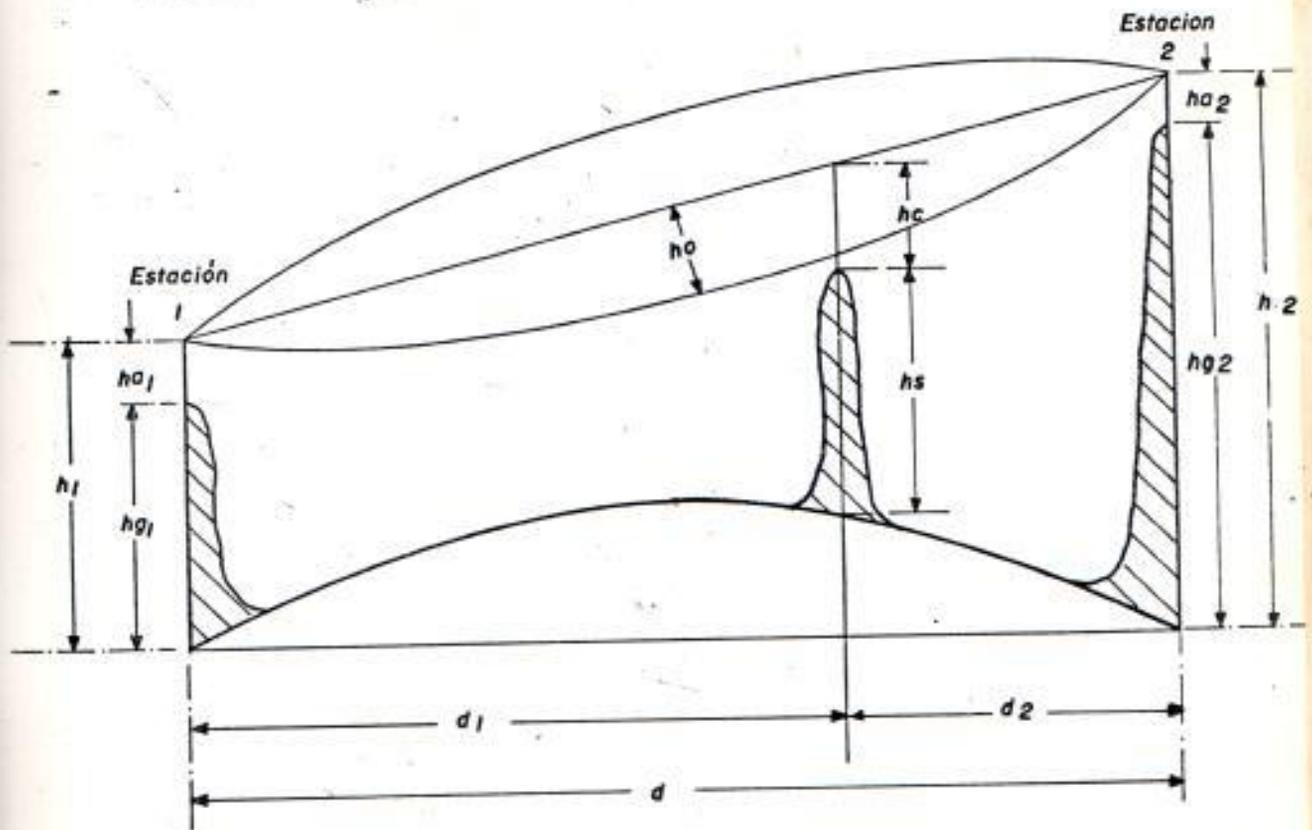


Fig. N° 47 PARAMETROS PARA CALCULO DE RADIOENLACES

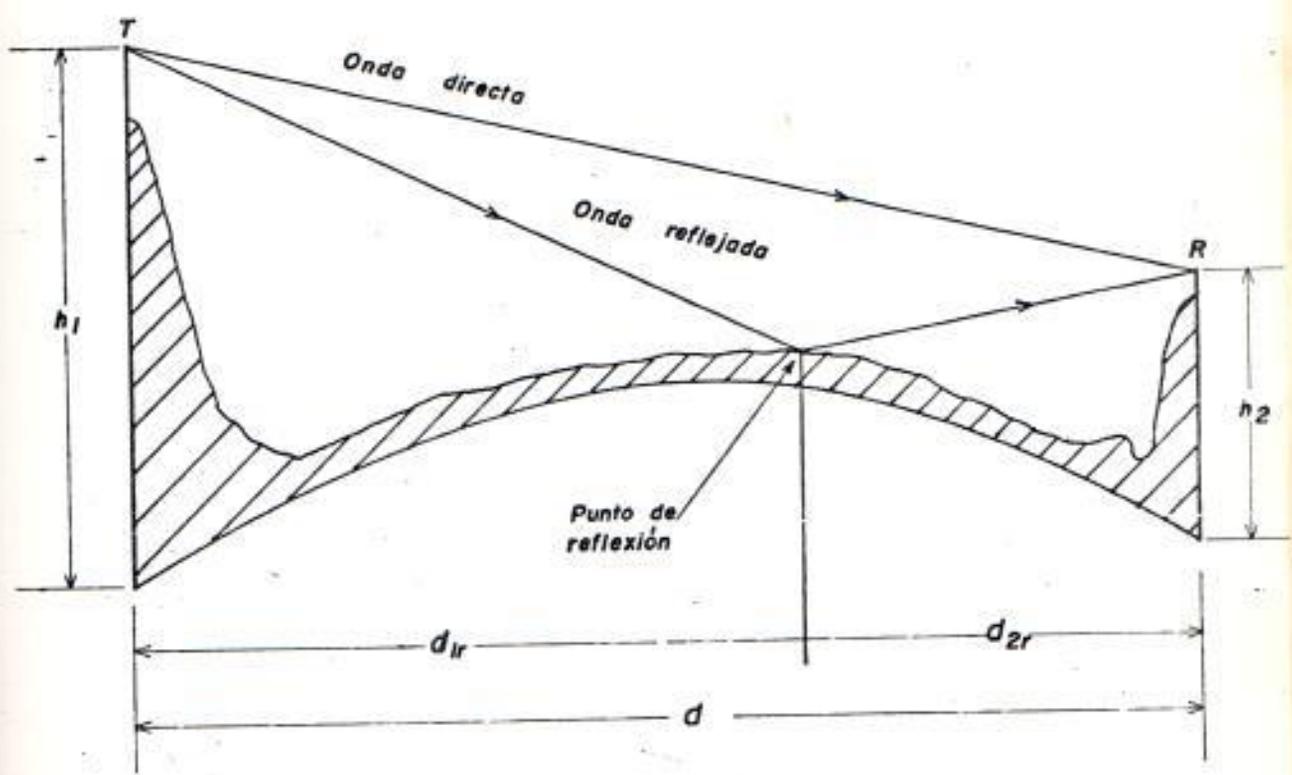


Fig. N° 48 PUNTO DE REFLEXION

los vienen dados en miliradianes. (Véase Fig. N° 49).

AZIMUTS DEL TRAYECTO

Estos azimuts son ángulos que expresan la dirección del trayecto de propagación con el fin de alinear las antenas en las estaciones transmisora y receptora de la mejor manera posible, lo cual se consigue partiendo de sus posiciones geográficas y referenciándolas con respecto al norte verdadero. Estos ángulos van a distinguirse como δ_1 y δ_2 y sus valores vienen dados en grados. (Véase Fig. N° 50).

ANGULO DE ELEVACION DE LA ONDA DIRECTA

Este ángulo puede presentarse para cualquiera de las dos estaciones dentro de la propagación de una señal, en el caso de la estación N° 1, el ángulo de elevación de la onda directa se llamará γ_1 , y para la estación N° 2 se llamará γ_2 . Ambos ángulos vienen expresados en grados. (Véase Fig. N° 51).

PERDIDAS POR DIFRACCION

Se designarán como L_D y son todas aquellas pérdidas-

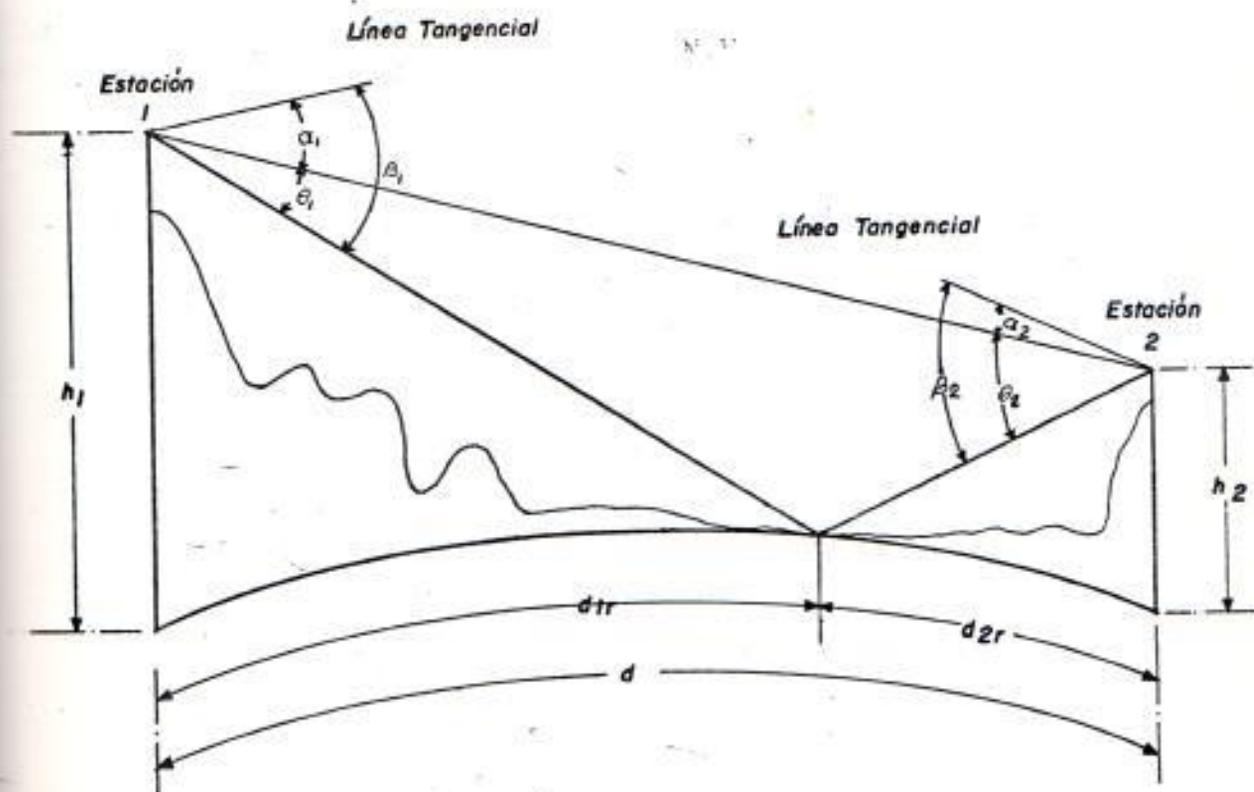


Fig. N° 49 ANGULOS VERTICALES DEL
TRAYECTO

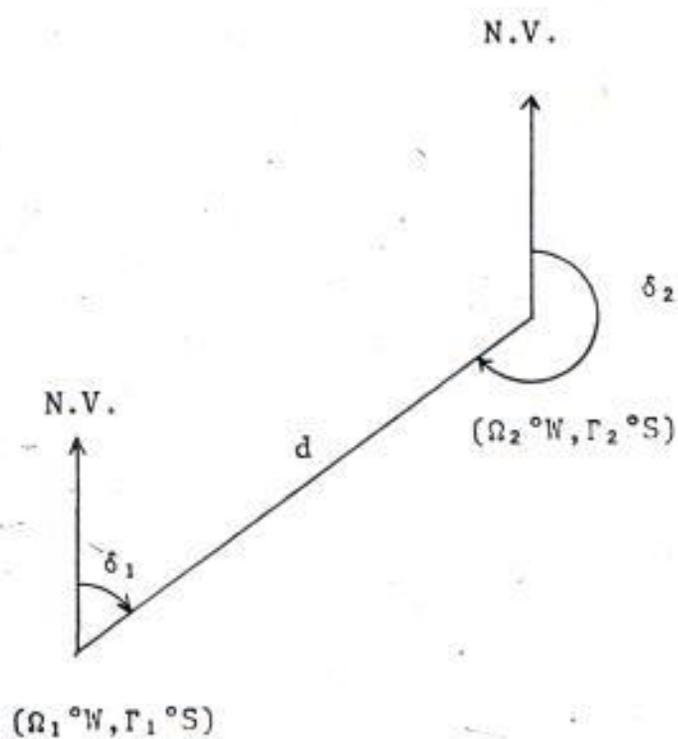


Fig. N° 50 AZIMUTS DEL TRAYECTO

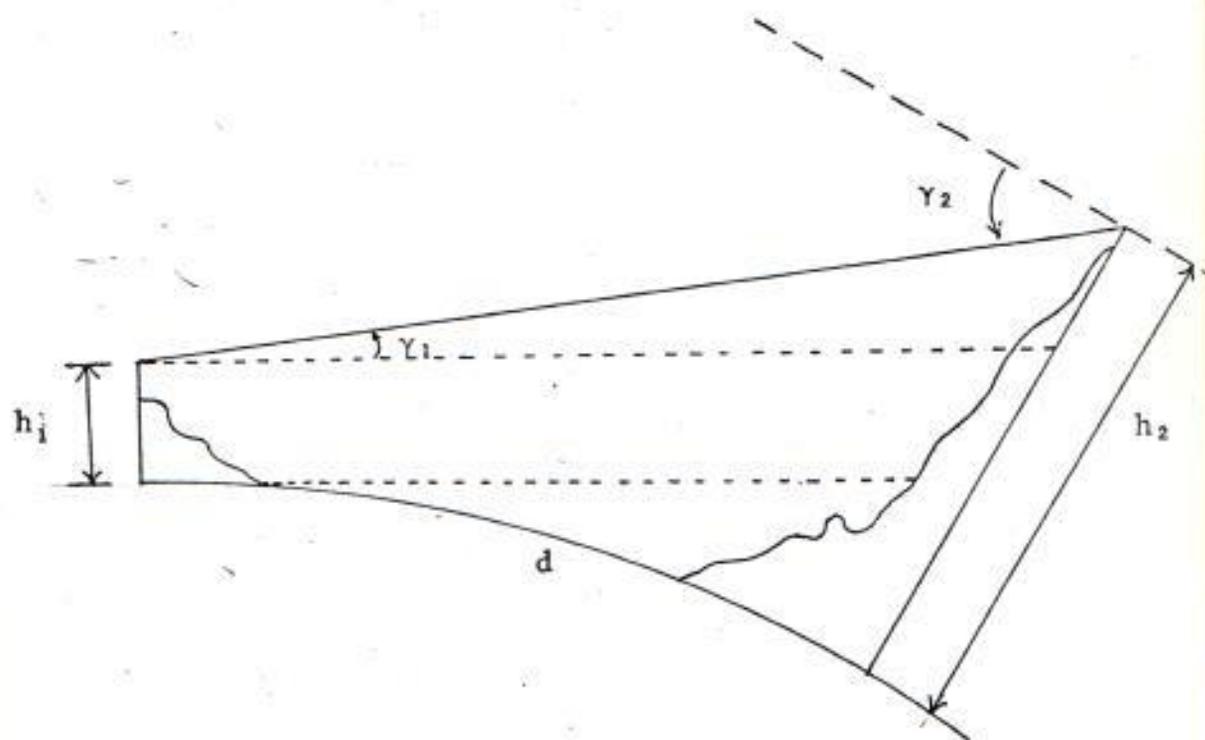


Fig. N° 51 ANGULOS DE ELEVACION DE LA
ONDA DIRECTA

ocasionadas por obstrucción en la elipsoide de los respectivos radios de Fresnel. Están dadas en decibelios.

PERDIDAS POR REFLEXION

Estas pérdidas se reconocerán como L_R y dependen básicamente de la superficie de reflexión (agua, montañas, zona urbana, entre otras). Su valor viene dado en decibelios.

PERDIDAS DE ESPACIO LIBRE

Se designará a este tipo de pérdidas como L_0 . Dependen de varios factores dentro de los cuales se encuentran principalmente la frecuencia de trabajo y la distancia del radioenlace. Vienen dadas en decibelios.

Una vez definidos los parámetros involucrados en el establecimiento de los diferentes radioenlaces del sistema, se van a presentar sus diversas expresiones que se utilizarán para el interés de este estudio.

- PRIMER RADIO DE FRESNEL

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (5.8)$$

$$h_0 = \sqrt{(\lambda d_1 d_2) / d} \quad (5.9)$$

- ALTURA DE LA ANTENA A UBICARSE EN LA ESTACION RECEPTORA

$$h_{a2} | (K=4/3) = \frac{d}{d_1} (h_0 + h_s) - \frac{d_2}{d_1} (h_{g1} + h_{a1}) + \frac{d d_2}{2 K a} - h_{g2} \quad (5.10)$$

- CLARIDAD (LIBERTAD DE TRAYECTO)

$$h_1 = h_{g1} + h_{a1} \quad (5.11)$$

$$h_2 = h_{g2} + h_{a2} \quad (5.12)$$

$$h_c = \frac{h_1 d_2 + h_2 d_1}{d} - h_s - \frac{d_1 d_2}{2 K a} \quad (5.13)$$

- PUNTO DE REFLEXION

$$h_{10} = h_1 - h_r \quad (5.14)$$

$$h_{20} = h_2 - h_r \quad (5.15)$$

$$C = \frac{h_{20} - h_{10}}{h_{20} + h_{10}} \quad (5.16)$$

$$m = \frac{d^2}{4Ka (h_{10} + h_{20})} \quad (5.17)$$

$$d_{1r} = \frac{d(1+b)}{2} \quad (5.18)$$

$$d_{2r} = d - d_{1r} \quad (5.19)$$

- ANGULOS VERTICALES DEL TRAYECTO

$$\theta_1 = \frac{h_{10}}{d_{1r}} - \frac{h_{10} - h_{20}}{d} - \frac{d_{2r}}{2Ka} \quad (5.20)$$

$$\theta_2 = \frac{h_{20}}{d_{2r}} - \frac{h_{20} - h_{10}}{d} - \frac{d_{1r}}{2Ka} \quad (5.21)$$

$$\alpha_1 = -\frac{h_{10} - h_{20}}{d} - \frac{d}{2Ka} \quad (5.22)$$

$$\alpha_2 = -\frac{h_{20} - h_{10}}{d} - \frac{d}{2Ka} \quad (5.23)$$

$$\beta_1 = -\frac{h_{10}}{d_{1r}} - \frac{d}{2Ka} \quad (5.24)$$

$$\beta_2 = -\frac{h_{20}}{d_{2r}} - \frac{d_{2r}}{2Ka} \quad (5.25)$$

Inv. No. _____

- AZIMUTS DEL TRAYECTO

$$\delta_0 = \tan^{-1} \left\{ \cos \left(\frac{\Omega_1 + \Omega_2}{2} \right) \cdot \frac{\tan \left\{ \frac{\Gamma_2 - \Gamma_1}{2} \right\}}{\sin \left\{ \frac{\Omega_2 - \Omega_1}{2} \right\}} \right\} \quad (5.26)$$

$$\delta_s = \tan^{-1} \left\{ \sin \left(\frac{\Omega_1 + \Omega_2}{2} \right) \cdot \frac{\tan \left\{ \frac{\Gamma_2 - \Gamma_1}{2} \right\}}{\cos \left\{ \frac{\Omega_2 - \Omega_1}{2} \right\}} \right\} \quad (5.27)$$

$$\delta_1 = \delta_0 - \delta_s \quad (5.28)$$

$$\delta_2 = \delta_0 + \delta_s + 180 \quad (5.29)$$

- ANGULO DE ELEVACION DE LA ONDA DIRECTA

$$\gamma_1 = 0.0573 \left\{ \frac{h_2 - h_1}{d} - \frac{4d}{51K} \right\} \quad (5.30)$$

$$\gamma_2 = 0.0573 \left\{ \frac{h_1 - h_2}{d} - \frac{4d}{51K} \right\} \quad (5.31)$$

- PERDIDAS POR DIFRACCION

$$X = \frac{hc}{hq} \quad (5.32)$$

$$L_D = 20 \log. \{ 2X (1 + (1/17 X^4 + 6)) \} \quad (5.33)$$

- PERDIDAS POR REFLEXION

$$D/U = D\theta_1 + D\theta_2 + L_R \quad (5.34)$$

- PERDIDAS DE ESPACIO LIBRE

$$L_O = 92.44 + 20 \log d + 20 \log f \quad (5.35)$$

- PERDIDAS TOTALES

$$L_T = L_O + L_D + L_R + L \quad (5.36)$$

5.9 RADIOENLACES DE MICROONDAS DENTRO DEL DISEÑO

En lo que será el análisis de los radioenlaces dentro de este diseño de Radiotelefonía Móvil Celular para la Provincia de El Oro, se va a estudiar la transmisión desde la Central de Conmutación hacia las estaciones base, y, desde una estación base cualquiera hacia un móvil que se encuentre dentro de su cobertura, todo esto con el propósito de asegurar la mayor eficacia del sistema que se ha detallado en esta tesis.

Cumpliendo con el objetivo planteado, y antes de pasar a realizar los cálculos pertinentes, es neces

rio hacer las siguientes consideraciones:

- a) La central de conmutación como ya se dijo en su respectiva oportunidad va a encontrarse dentro de las instalaciones del Instituto Ecuatoriano de Telecomunicaciones, como parte de la central AXE 10 en la capital de Provincia (ciudad de Machala), de aquí que el enlace entre esta central y la estación base ubicada en el Palacio Municipal también de la ciudad de Machala se efectuará vía cable, dada la pequeña distancia que habrá de recorrer el mismo. (Véase Fig. N° 52).
- b) Para la estación base ubicada en el Cerro El Toro (Las Lajas), el análisis varía, ya que entre la mencionada estación base y la central de conmutación existe una distancia considerable (60.4 Km.) con lo que se hace imprescindible efectuar el enlace vía microondas con el fin de hacer este estudio más real y concreto. (Véase Fig. N° 52).
- c) En el caso de la estación base localizada en Loma Larga, su enlace con la central de conmutación será también vía microondas ya que entre ambas media una distancia de 70.4 Km (Véase Fig. N° 52).

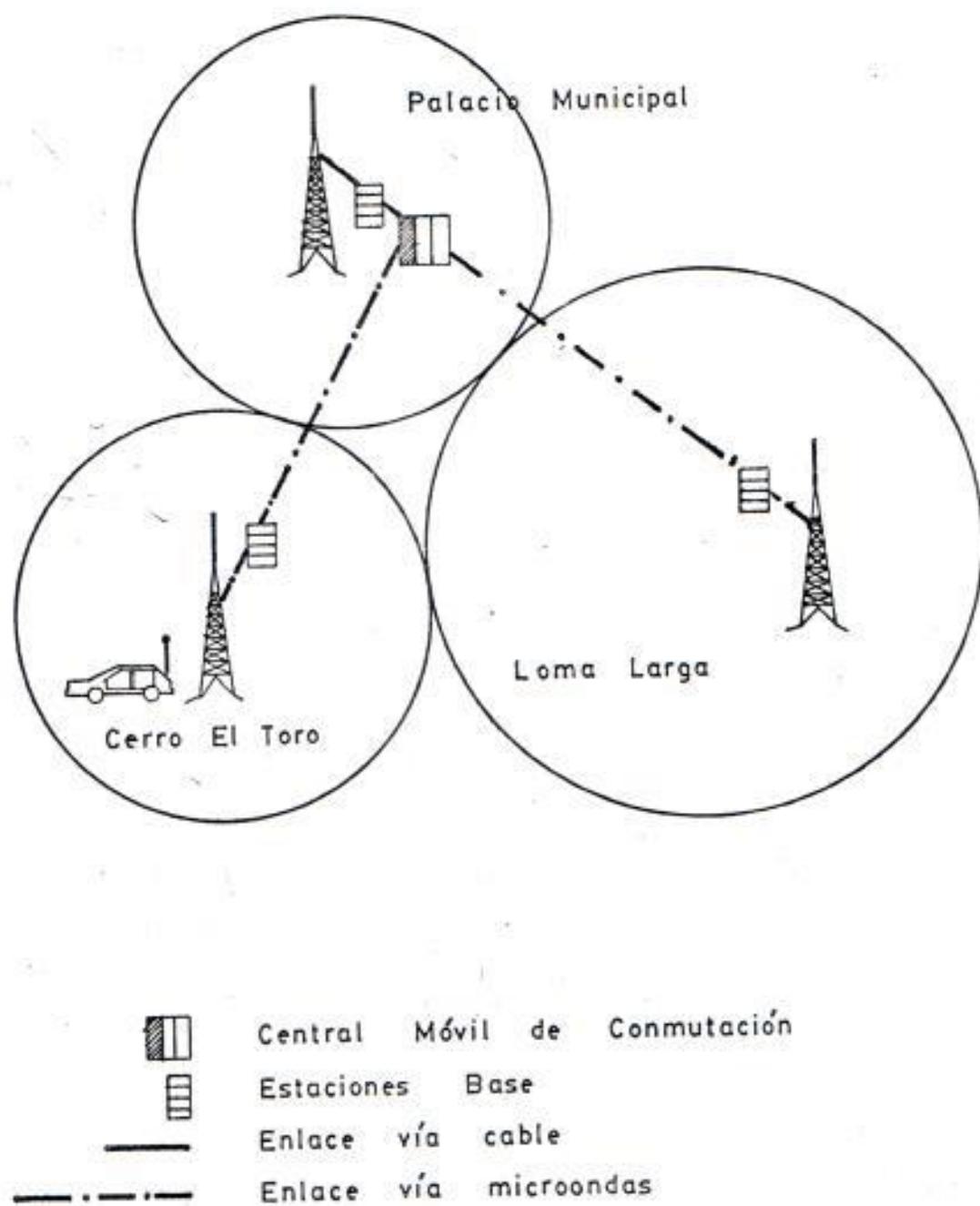


Fig. N° 52 RADIOENLACES DENTRO DEL DISEÑO

- d) Para lo que será el estudio de la transmisión entre una estación base cualquiera y un móvil, se aplicarán los conceptos del enlace vía microondas para analizar su calidad.

ENLACE ENTRE LA CENTRAL DE CONMUTACION Y LA ESTACION BASE DEL PALACIO MUNICIPAL

Como ya se mencionó en líneas anteriores, este enlace será vía cable telefónico, y el mismo precisará un número de líneas o pares tal que permita a toda la Provincia comunicarse entre sí de acuerdo al número de suscriptores móviles que se desprendió del estudio de la demanda efectuado dentro de El Oro. Así se determinó en su respectiva oportunidad, que el número total de radiocanales a ser asignados es de 38. En base a este número y dejando una reserva que permita incrementar en el futuro la capacidad del sistema, se puede establecer el enlace telefónico entre la estación base del Palacio Municipal y la Central de Conmutación a través de un cable de 50 pares.

Es de anotar para efectos de conocimiento general, que la distancia entre el Palacio Municipal de Machala y el IETEL es de 0.4 Km.

ENLACE ENTRE LA CENTRAL DE CONMUTACION Y LA ESTACION BASE DE CERRO EL TORO

Para este enlace, como ya se estableció va a ser necesario efectuar el análisis en base a los parámetros que lo conforman cuando se trata del tipo vía microondas y que ya fueron debidamente definidos con anterioridad.

El perfil de este trayecto de propagación se presenta en la Figura N° 53.

Los datos necesarios para este radioenlace son:

$$hg_1 = 30 \text{ m.}$$

$$hg_2 = 580 \text{ m.}$$

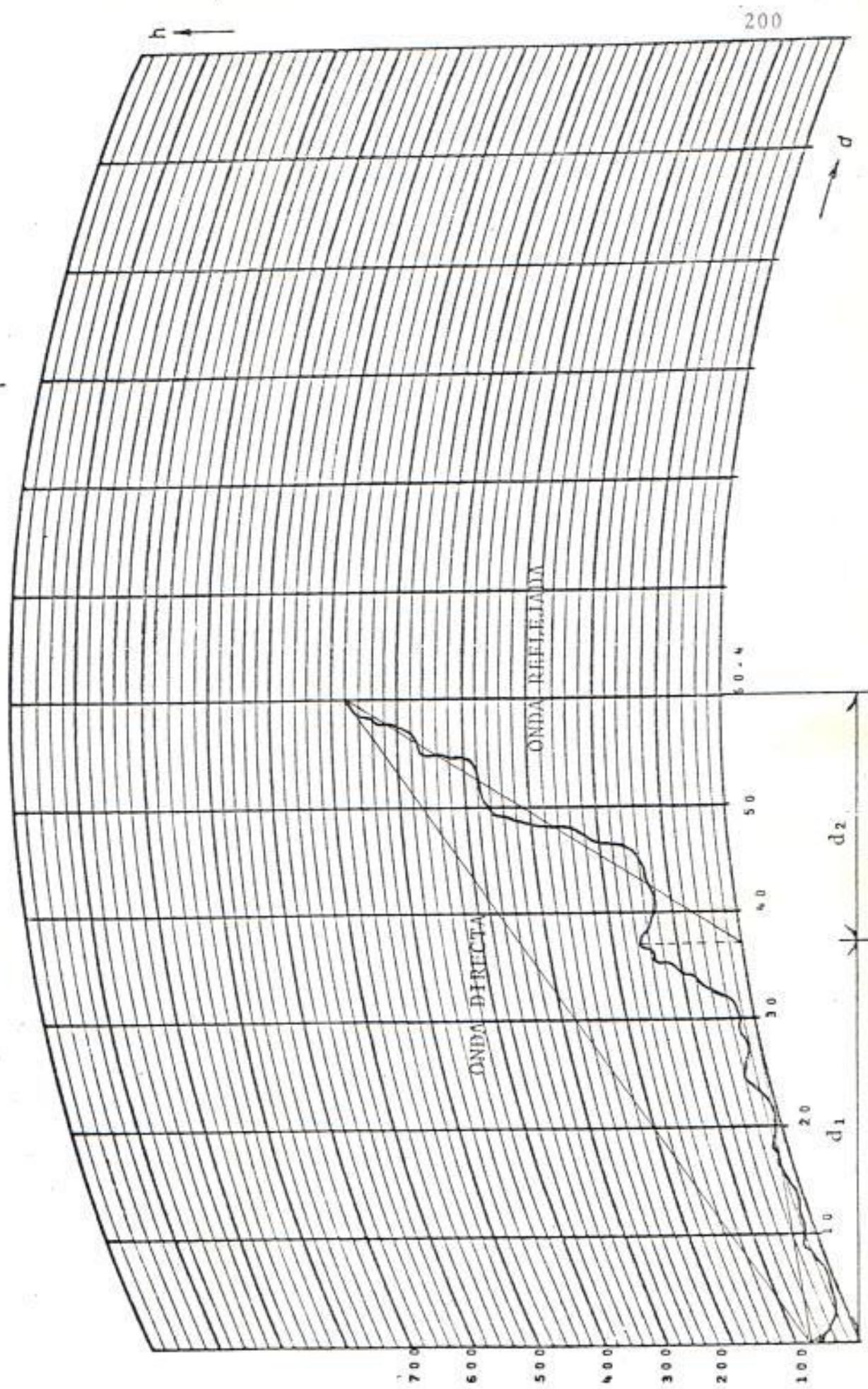
$$ha_1 = 30 \text{ m.}$$

$$d = 60.4 \text{ Km.}$$

$$d_1 = 36 \text{ Km.}$$

$$d_2 = 24.4 \text{ Km.}$$

Fig. N° 53 TRAYECTO CENTRAL DE CONMUTACION-CERRO EL TORO



$$h_s = 160 \text{ m.}$$

$$f = 890 \text{ MHz.}$$

$$a = 6375 \text{ Km.}$$

$$K = 4/3$$

CALCULOS

a) PRIMER RADIO DE FRESNEL

De la ecuación 5.8, se tiene:

$$\lambda = (3 \times 10^8) / (890 \times 10^6)$$

$$\lambda = 0.3371 \text{ m.}$$

Aplicando la ecuación 5.9, se tiene que:

$$h_o = \sqrt{(0.3371)(36000)(24400) / (60400)}$$

$$h_o = 70.01 \text{ m.}$$

b) ALTURA DE LA ANTENA A UBICARSE EN LA ESTACION RECEPTORA

Aplicando la ecuación 5.10, se tiene:

$$ha_2 |_{K=4/3} = \frac{60.4}{36} (70.01 + 160) - \frac{24.4}{36} (30 + 30) + \frac{(60.4)(24.4)}{(12.75)(4/3)} - 580$$

$$ha_2 |_{(K=4/3)} = 385.9 - 40.66 + 86.69 - 580$$

$$ha_2 = -148.06 \text{ m.}$$

De acuerdo a las reglas seguidas por este tipo de diseño, en lo que se refiere al enlace vía microondas, el valor que se asigne a la altura de la antena en la estación N° 2 o receptora, puede ser cualquiera que sea mayor al encontrado, así se va a tomar lo siguiente:

$$ha_2 = 30 \text{ m.}$$

c) CLARIDAD

De la ecuación 5.11:

$$h_1 = 30 + 30$$

$$h_1 = 60 \text{ m.}$$

De la ecuación 5.12:

$$h_2 = 580 + 30$$

$$h_2 = 610 \text{ m.}$$

Aplicando la ecuación 5.13:

$$h_c = \frac{(60)(24.4) + (610)(36)}{60.4} - 160 -$$

$$\frac{(36)(24.4)}{(12.75)(4/3)}$$

$$h_c = 387.81 - 160 - 51.67$$

$$h_c = 176.13 \text{ m.}$$

d) PUNTO DE REFLEXION

De la ecuación 5.14:

$$h_{10} = 60 \text{ m. (hr se toma como 0)}$$

De la ecuación 5.15:

$$h_{20} = 610 \text{ m. (hr se toma como 0)}$$

Aplicando la ecuación 5.16, se tiene:

$$C = \frac{610 - 60}{610 + 60}$$

$$C = 0.82$$

De la ecuación 5.17 :

$$m = \frac{(60.4)^2}{(2)(4/3)(12.75)(60 + 610)}$$

$$m = 0.16$$

Del gráfico de C versus m que se muestra en la figura N° 54, de donde se obtiene el valor del parámetro b que es necesario para este análisis del punto de reflexión:

$$b = 0.82$$

Aplicando la expresión 5.18, se obtiene:

$$d_{1r} = \frac{(60.4)(1 + 0.82)}{2}$$

$$d_{1r} = 54.96 \text{ Km.}$$

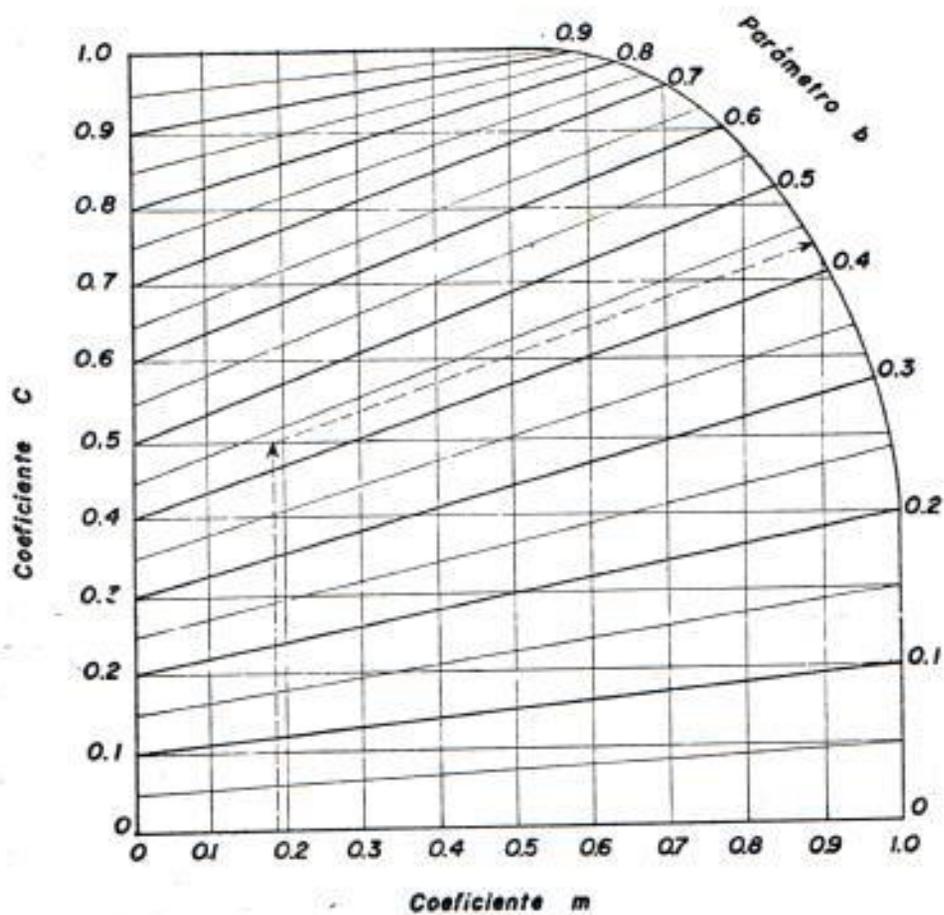


Fig. N° 54 VARIACION C vs m

De la ecuación 5.19 se observa:

$$d_{2r} = 60.4 - 54.96$$

$$d_{2r} = 5.43 \text{ Km.}$$

e) ANGULOS VERTICALES DEL TRAYECTO

Aplicando la ecuación 5.20:

$$\theta_1 = \frac{60}{54.96} - \frac{60 - 610}{60.4} - \frac{5.43}{(12.75)(4/3)}$$

$$\theta_1 = 1.09 + 9.106 - 0.319$$

$$\theta_1 = 9.876 \text{ mrad.} = 0.566^\circ$$

De la ecuación 5.21:

$$\theta_2 = \frac{610}{5.43} - \frac{610 - 60}{60.4} - \frac{54.96}{(12.75)(4/3)}$$

$$\theta_2 = 112.33 - 9.106 - 3.23$$

$$\theta_2 = 99.99 \text{ mrad.} = 5.72^\circ$$

A partir de la ecuación 5.22 se tiene:

$$\alpha_1 = - \frac{60 - 610}{60.4} - \frac{60.4}{(12.75)(4/3)}$$

$$\alpha_1 = 9.106 - 3.5529$$

$$\alpha_1 = 5.55 \text{ mrad.} = 0.318^\circ$$

De la ecuación 5.23:

$$\alpha_2 = - \frac{610 - 60}{60.4} - \frac{60.4}{(12.75)(4/3)}$$

$$\alpha_2 = - 9.106 - 3.5529$$

$$\alpha_2 = - 12.65 \text{ mrad.} = - 0.7248^\circ$$

Aplicando la ecuación 5.24:

$$\beta_1 = - \frac{60}{54.96} - \frac{60.4}{(12.75)(4/3)}$$

$$\beta_1 = - 1.0917 - 3.5529$$

$$\beta_1 = - 4.6446 \text{ mrad.} = - 0.266^\circ$$

De la ecuación 5.25:

$$\beta_2 = -\frac{610}{5.43} - \frac{5.43}{(12.75)(4/3)}$$

$$\beta_2 = -112.33 - 0.3194$$

$$\beta_2 = -112.64 \text{ mrad.} = -6.45^\circ$$

f) AZIMUTS DEL TRAYECTO

Para este cálculo, es necesario definir las longitudes y latitudes de los puntos que están involucrados en esta parte del diseño. Estos valores ya fueron presentados en la distribución que se realizó dentro de la Provincia conteniendo las tres estaciones base que la conforman, así como la central de conmutación a utilizarse. (Véase Fig. N° 40).

Para efectos de este cálculo, se van a tomar las siguientes convenciones:

Ω_1 y Γ_1 representan la longitud oeste y la latitud sur de la Central de Conmutación; mientras que Ω_2 y Γ_2 representarán la longitud oeste y la latitud sur de la estación-base ubicada en el Cerro El Toro respectiva-

mente. Los azimuts que resulten de este estudio se presentarán en la Figura N° 55.

Así:

$$\Omega_1 = -79.9^\circ$$

$$\Gamma_1 = -3.26^\circ$$

$$\Omega_2 = -80.0^\circ$$

$$\Gamma_2 = -3.77^\circ$$

Ahora bien, aplicando la ecuación 5.26 se tiene:

$$-\delta_0 = \tan^{-1} \left\{ \cos((-79.9-80)/2) \cdot \frac{\tan((-3.77+3.26)/2)}{\text{sen}((-80.0+79.9)/2)} \right\}$$

$$\delta_0 = \tan^{-1} \left\{ 0.1745 \cdot \frac{-0.0045}{-0.0009} \right\}$$

$$\delta_0 = \tan^{-1} \{-0.8998\}$$

$$\delta_0 = 41.1046^\circ$$

Aplicando la ecuación 5.27 se obtiene:

$$\delta_s = \tan^{-1} \left\{ \text{sen}((-79.9-80)/2) \cdot \frac{\tan((3.77+3.26)/2)}{\cos((-80.0+79.9)/2)} \right\}$$

$$\delta_s = \tan^{-1} \left\{ -0.9846 \cdot \frac{-0.0045}{1} \right\}$$

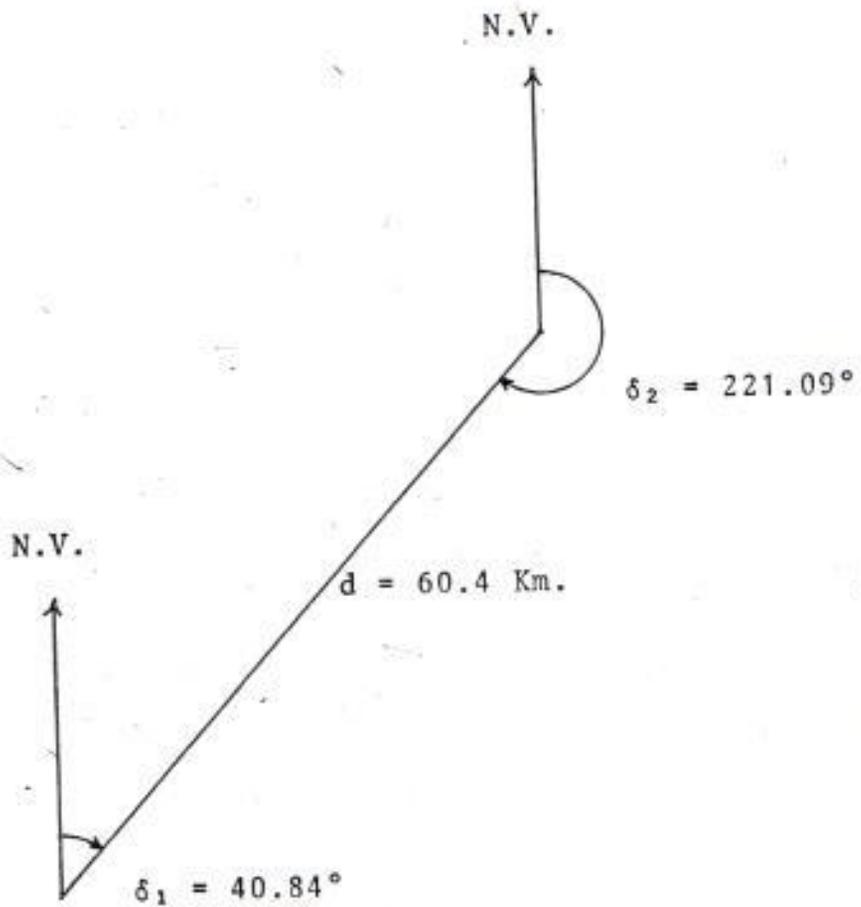


Fig. N° 55 AZIMUTS DEL TRAYECTO CENTRAL DE CONMUTA-
CION - CERRO EL TORO

$$\delta_s = \tan^{-1} \{ 0.004431 \}$$

$$\delta_s = 0.2539^\circ$$

Aplicando la ecuación 5.28 se tiene:

$$\delta_1 = 41.1046 - 0.2539$$

$$\delta_1 = 40.84^\circ$$

De la ecuación 5.29 se obtiene:

$$\delta_2 = 40.840 + 0.2539 + 180$$

$$\delta_2 = 221.09^\circ$$

g) ANGULO DE ELEVACION DE LA ONDA DIRECTA

$$\gamma_1 = 0.0573 \left\{ \frac{610 - 60}{60.4} - \frac{(4)(60.4)}{(51)(4/3)} \right\}$$

$$\gamma_1 = 0.0573 \{ 9.10 - 3.55 \}$$

$$\gamma_1 = 0.318^\circ$$

Este desarrollo presentado surge de la aplicación de la ecuación 5.30.

Aplicando la ecuación 5.31, se tiene:

$$\gamma_2 = 0.0573 \left\{ \frac{60 - 610}{60.4} - \frac{(4)(60.4)}{(51)(4/3)} \right\}$$

$$\gamma_2 = 0.0573 \{ -9.10 - 3.55 \}$$

$$\gamma_2 = -0.72^\circ$$

h) PERDIDAS POR DIFRACCION

De la ecuación 5.32:

$$X = \frac{176.13}{70.01}$$

$$X = 2.50$$

Aplicando la ecuación 5.33:

$$L_D = 20 \log. \{ 2(3.14159)(2.51) (1 + (1/17 (2.51)^4 + 6)) \}$$

$$L_D = 20 \log. (15.79)$$

$$L_D = 23.96 \text{ dB.}$$

Este parámetro de las pérdidas por difracción también puede obtenerse por análisis gráfico. La figura N° 56 muestra la variación de L_D versus la relación hc/ho , con lo que se puede comprobar el resultado teóricamente calculado.

i) PERDIDAS POR REFLEXION

Como ya se mencionó estas pérdidas son dependientes del medio en el que se produce la propagación. Para este caso y a partir de datos obtenidos las pérdidas por reflexión tendrán el siguiente valor:

$$L_R = 14 \text{ dB.}$$

Con estas pérdidas se puede calcular lo que se conoce como relación de onda reflejada deseada para la no deseada llamado D/U.

Este parámetro D/U es igual a:

$$D/U = D\theta_1 + D\theta_2 + L_R$$

$D\theta_1$ y $D\theta_2$ son obtenidos gráficamente.

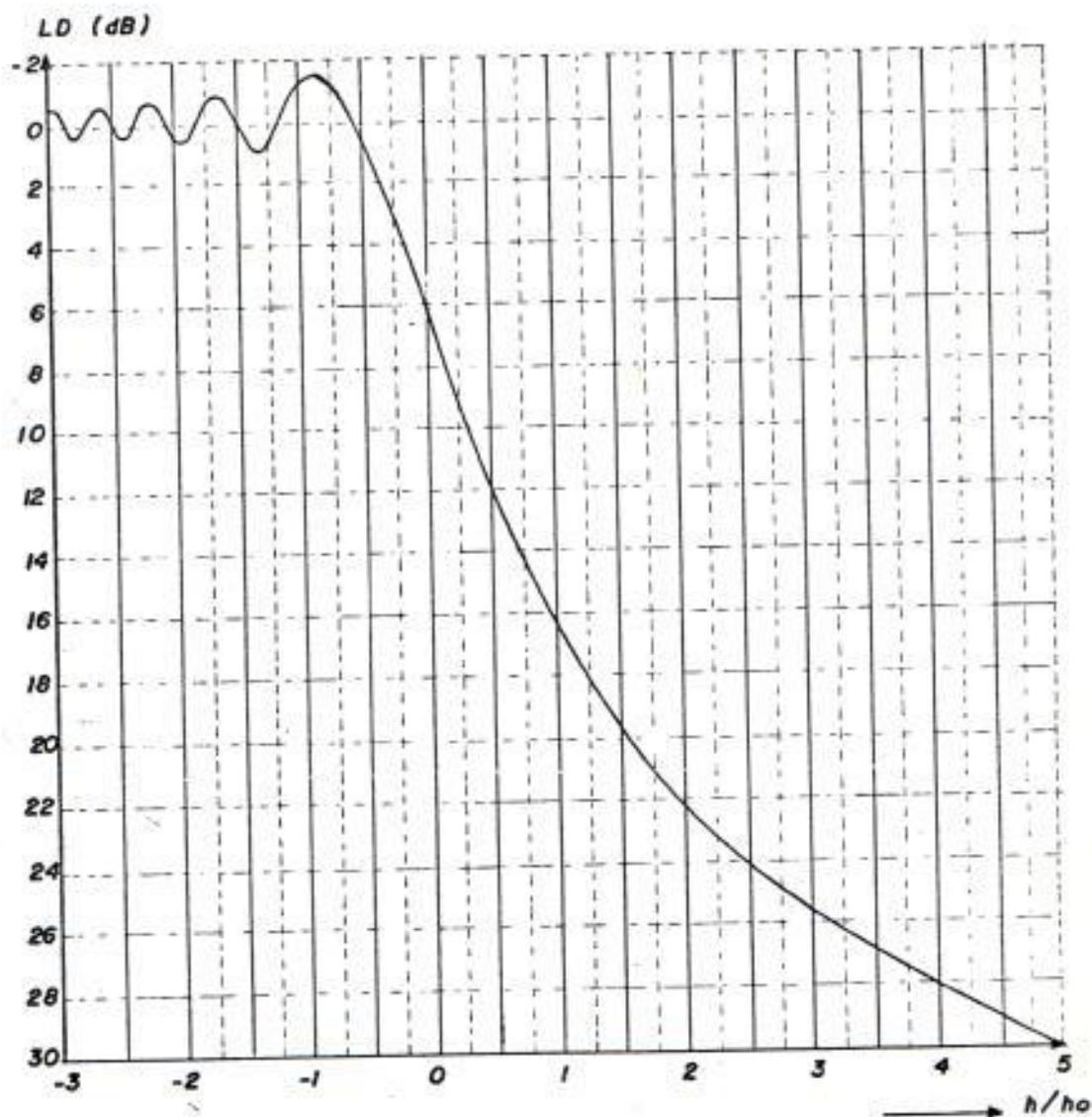


Fig. N° 56 OBTENCION GRAFICA DE LAS PERDIDAS POR DIFRACCION.

Del gráfico que se presenta en la Figura N° 57, se observa que:

$$D\theta_1 = 2 \text{ dB.}$$

$$D\theta_2 = 20 \text{ dB.}$$

Aplicando la ecuación 5.34:

$$D/U = 2 + 20 + 14$$

$$D/U = 36 \text{ dB.}$$

j) PERDIDAS DE ESPACIO LIBRE

De la ecuación 5.35:

$$L_0 = 92.44 + 20 \log(60.4) + 20 \log(890 \times 10^{-3})$$

$$L_0 = 92.44 + 35.62 - 1.01$$

$$L_0 = 127.05 \text{ dB.}$$

Este valor de Pérdidas de espacio libre también se puede obtener gráficamente de la Figura N° 58, confirmando el valor teórico ob-

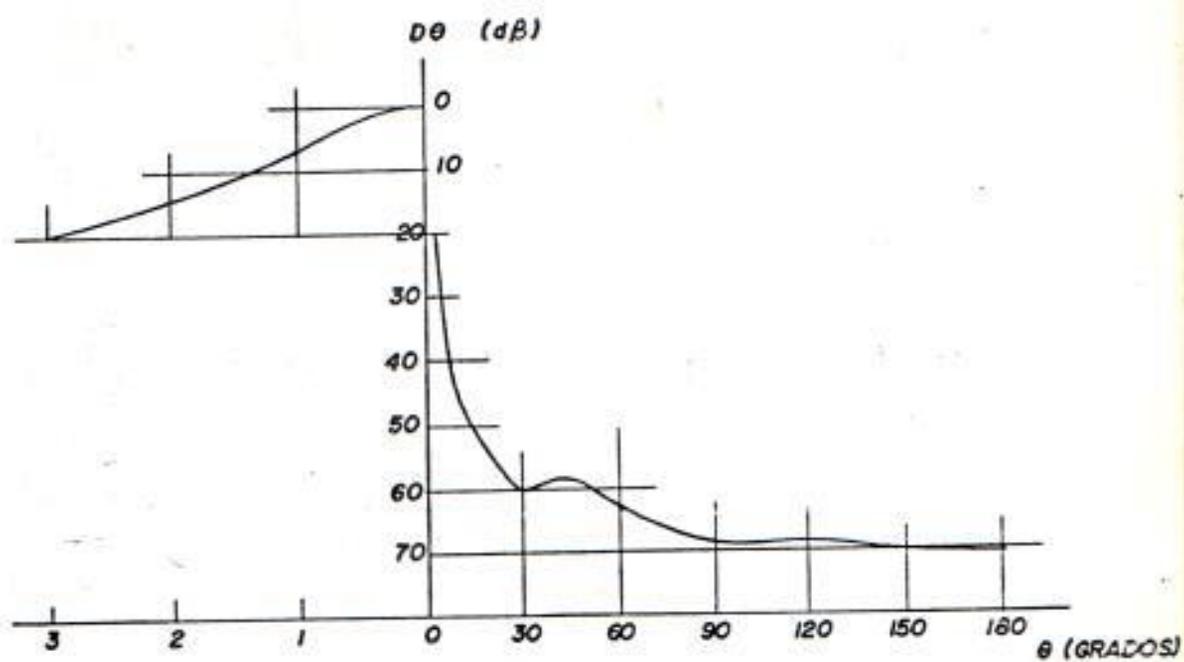


Fig.Nº 57 VARIACION DE $D\theta$ vs θ .

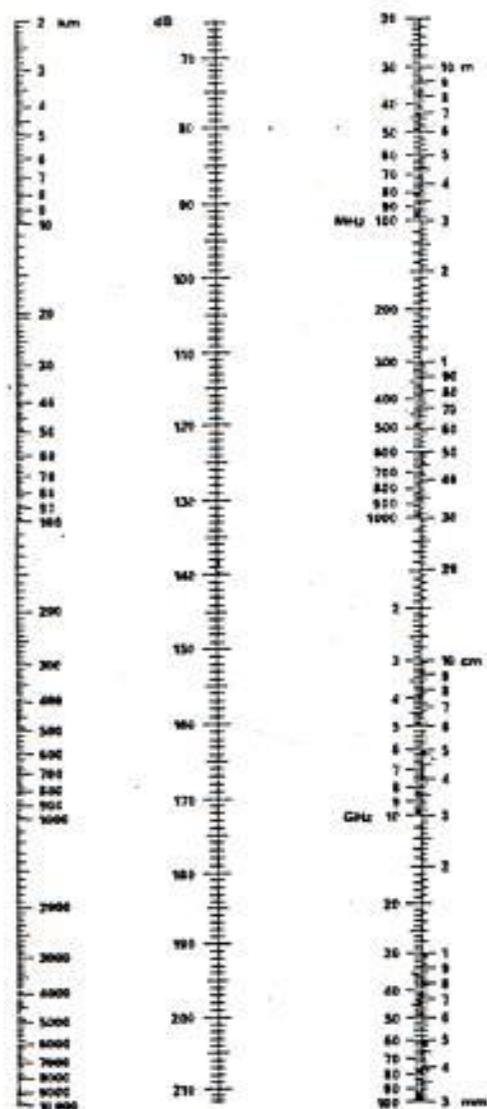


Fig. N^o 58 OBTENCION GRAFICA DE PERDIDAS
DE ESPACIO LIBRE

tenido.

k) PERDIDAS TOTALES

De la ecuación 5.36 se tiene que:

$$L_T = L_O + L_D + L_R + L$$

donde L representa las pérdidas en la línea de alimentación, cavidades y filtros de las antenas transmisora y receptora y que va ser tomada como de 9 dB. como en el caso del cálculo de potencia de transmisión.

Entonces:

$$L_T = 127.05 + 23.96 + 14 + 9$$

$$L_T = 174.01 \text{ dB.}$$

ENLACE ENTRE LA CENTRAL DE CONMUTACION Y LA ESTACION BASE DE LOMA LARGA

Para este enlace, como ya se estableció va a ser necesario efectuar el análisis en base a los parámetros que lo conforman cuando se trata vía mi

croondas y que ya fueron debidamente definidos con anterioridad.

El perfil de este trayecto de propagación se presenta en la Figura N° 59.

Los datos necesarios para este radioenlace son :

$$hg_1 = 30 \text{ m.}$$

$$hg_2 = 1.200 \text{ m.}$$

$$ha_1 = 30 \text{ m.}$$

$$d = 70.4 \text{ Km.}$$

$$d_1 = 35 \text{ Km.}$$

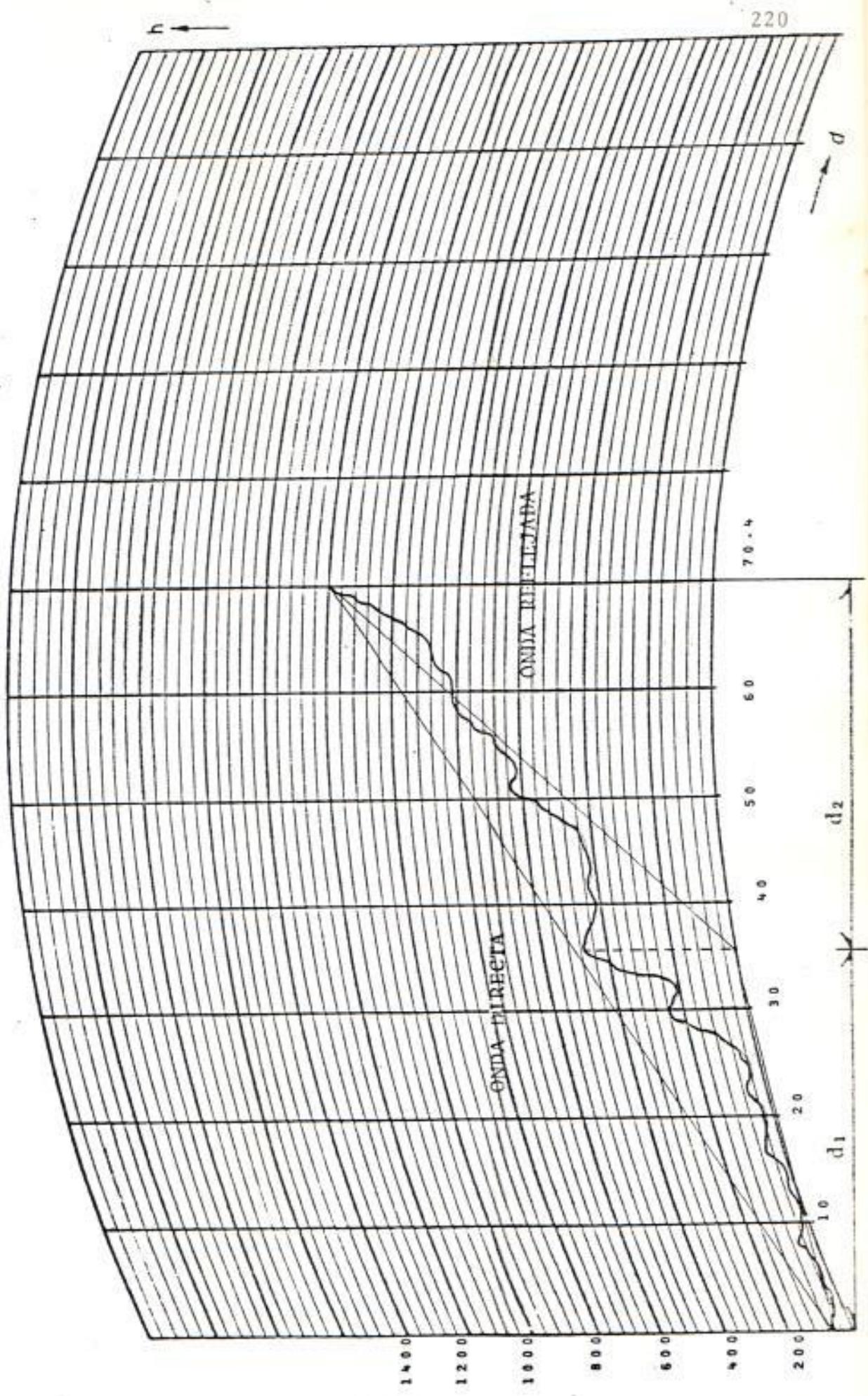
$$d_2 = 35.4 \text{ Km.}$$

$$hs = 480 \text{ m.}$$

$$f = 890 \text{ MHz.}$$

$$a = 6375 \text{ Km.}$$

Fig. N° 59 TRAYECTO CENTRAL, DE CONMUTACION - LOMA LARGA



$$K = 4/3$$

CALCULOS

a) PRIMER RADIO DE FRESNEL

De la ecuación 5.8, se tiene:

$$\lambda = (3 \times 10^8) / (890 \times 10^6)$$

$$\lambda = 0.3371 \text{ m.}$$

Aplicando la ecuación 5.9, se tiene que:

$$h_0 = \sqrt{(0.3371)(35000)(35400)/(70400)}$$

$$h_0 = 77.02 \text{ m.}$$

b) ALTURA DE LA ANTENA A UBICARSE EN LA ESTACION RECEPTORA

Aplicando la ecuación 5.10, se tiene:

$$h_{a_2} |_{K=4/3} = \frac{70.4}{35} (77.02 + 480) - \frac{35.4}{35} \\ (30 + 30) + \frac{(70.4)(35.4)}{(12.75)(4/3)} - 1200$$

$$h_{a_2} | (K=4/3) = 1120.4 - 60.68 + 146.59 - 1200$$

$$h_{a_2} | (K=4/3) = 6.31 \text{ m.}$$

De acuerdo a las reglas seguidas por este tipo de diseño en lo que se refiere al enlace vía microondas, el valor que se agine a la altura de la antena en la estación N° 2- o receptora puede ser cualquiera que sea mayor al encontrado, así se va a tomar lo siguiente:

$$h_{a_2} = 30 \text{ m.}$$

c) CLARIDAD

De la ecuación 5.11:

$$h_1 = 30 + 30$$

$$h_1 = 60 \text{ m.}$$

De la ecuación 5.12:

$$h_2 = 1200 + 30$$

$$h_2 = 1230 \text{ m.}$$

Aplicando la ecuación 5.13:

$$h_c = \frac{(60)(35.4) + (1230)(35)}{70.4} - 480 -$$

$$\frac{(35)(35.4)}{(12.75)(4/3)}$$

$$h_c = 641.67 - 480 - 72.88$$

$$h_c = 88.78 \text{ m.}$$

d) PUNTO DE REFLEXION

De la ecuación 5.14:

$$h_{10} = 60 \text{ m. (hr se toma como 0)}$$

$$h_{20} = 1230 \text{ m. (hr se toma como 0)}$$

Aplicando la ecuación 5.16, se tiene:

$$C = \frac{1230 - 60}{1230 + 60}$$

$$C = 0.9$$

De la ecuación 5.17:

$$m = \frac{(70.4)^2}{(2)(4/3)(12.75)(1230+60)}$$

$$m = 0.11$$

Del gráfico de C versus m que se muestra en la figura N° 54, de donde se obtiene el valor del parámetro b que es necesario para este análisis del punto de reflexión:

$$b = 0.9$$

Aplicando la expresión 5.18, se obtiene:

$$d_{1r} = \frac{(70.4)(1 + 0.9)}{2}$$

$$d_{1r} = 66.88 \text{ Km.}$$

De la ecuación 5.19 se observa:

$$d_{2r} = 70.4 - 66.88$$

$$d_{2r} = 3.52 \text{ Km.}$$

e) ANGULOS VERTICALES DEL TRAYECTO

Aplicando la ecuación 5.20 :

$$\theta_1 = \frac{60}{66.88} - \frac{60 - 1230}{70.4} - \frac{3.52}{(12.75)(4/3)}$$

$$\theta_1 = 0.897 + 16.61 - 0.2$$

$$\theta_1 = 17.29 \text{ mrad.} = 0.99^\circ$$

De la ecuación 5.21:

$$\theta_2 = \frac{1230}{3.52} - \frac{1230 - 60}{70.4} - \frac{66.88}{(12.75)(4/3)}$$

$$\theta_2 = 349.43 - 16.61 - 3.93$$

$$\theta_2 = 328.89 \text{ mrad.} = 18.84^\circ$$

A partir de la ecuación 5.22 se tiene:

$$\alpha_1 = - \frac{60 - 1230}{70.4} - \frac{70.4}{(12.75)(4/3)}$$

$$\alpha_1 = 16.61 - 4.14$$

$$\alpha_1 = 12.47 \text{ mrad.} = 0.71^\circ$$

De la ecuación 5.23:

$$\alpha_2 = - \frac{1230 - 60}{70.4} - \frac{70.4}{(12.75)(4/3)}$$

$$\alpha_2 = - 16.61 - 4.14$$

$$\alpha_2 = - 20.75 \text{ mrad.} = -1.19^\circ$$

Aplicando la ecuación 5.24:

$$\beta_1 = - \frac{60}{66.88} - \frac{70.4}{(12.75)(4/3)}$$

$$\beta_1 = - 0.89 - 4.14$$

$$\beta_1 = - 5.03 \text{ mrad.} = - 0.28^\circ$$

De la ecuación 5.25:

$$\beta_2 = - \frac{1230}{66.88} - \frac{3.52}{(12.75)(4/3)}$$

$$\beta_2 = - 18.39 - 0.20$$

$$\beta_2 = - 18.59 \text{ mrad.} = - 1.06^\circ$$

f) AZIMUTS DEL TRAYECTO

Para este cálculo se deben definir las longitudes y latitudes de los puntos que están involucrados en el trayecto.

Ω_1 y Γ_1 continuarán representando la longitud oeste y la latitud sur de la central de conmutación del sistema; mientras que Ω_2 y Γ_2 representarán la longitud oeste y la latitud sur de la estación base ubicada en Loma Larga respectivamente.

Los azimuts que resulten de este estudio se presentarán en la Figura N° 60. Así:

$$\Omega_1 = -79.9^\circ \qquad \Gamma_1 = -3.26^\circ$$

$$\Omega_2 = -79.55^\circ \qquad \Gamma_2 = -3.69^\circ$$

Ahora bien, aplicando la ecuación 5.26 se tiene:

$$\delta_0 = \tan^{-1} \left\{ \cos((-79.9-79.55)/2) \cdot \frac{\tan((-3.69+3.26)/2)}{\text{sen}((-79.55+79.9)/2)} \right\}$$

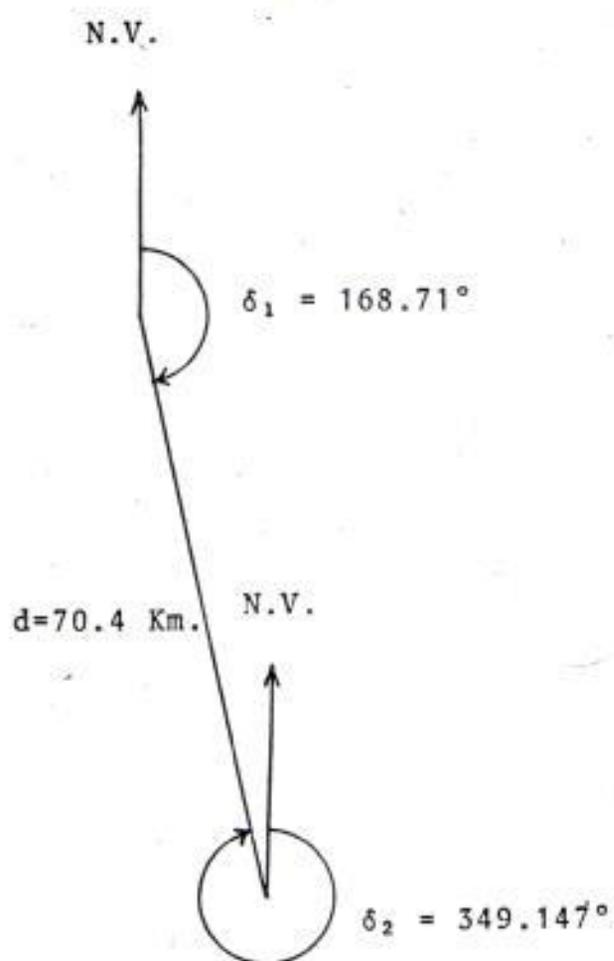


Fig. N° 60 AZIMUTS DEL TRAYECTO CENTRAL DE
CONMUTACION - LOMA LARGA

$$\delta_0 = \tan^{-1} \left\{ 0.178 \cdot \frac{-0.0038}{0.0034} \right\}$$

$$\delta_0 = \tan^{-1} \{-0.1989\}$$

$$\delta_0 = -11.069^\circ$$

Aplicando la ecuación 5.27 se obtiene

$$\delta_s = \tan^{-1} \left\{ \text{sen}((-79.9-79.55)/2) \cdot \frac{\tan((-3.69+3.26)/2)}{\cos((-79.55+79.9)/2)} \right\}$$

$$\delta_s = \tan^{-1} \left\{ -0.984 \cdot \frac{-0.0038}{0.9999} \right\}$$

$$\delta_s = \tan^{-1} \{-0.003739\}$$

$$\delta_s = 0.2164^\circ$$

Aplicando la ecuación 5.28 se tiene:

$$\delta_1 = -11.069 - 0.2164 = -11.285^\circ$$

$$\delta_1 = 168.71^\circ$$

De la ecuación 5.29 se obtiene:

$$\delta_2 = -11.069 + 0.2164 + 180 = 169.147$$

$$\delta_2 = 349.147^\circ$$

g) ANGULO DE ELEVACION DE LA ONDA DIRECTA

$$\gamma_1 = 0.0573 \left\{ \frac{1230 - 60}{70.4} - \frac{(4)(70.4)}{(51)(4/3)} \right\}$$

$$\gamma_1 = 0.0573 \{ 16.61 - 4.14 \}$$

$$\gamma_1 = 0.71^\circ$$

Este desarrollo presentado surge de la aplicación de la ecuación 5.30.

Aplicando la ecuación 5.31, se tiene:

$$\gamma_2 = 0.0573 \left\{ \frac{60 - 1230}{70.4} - \frac{(4)(70.4)}{(51)(4/3)} \right\}$$

$$\gamma_2 = 0.0573 \{ -16.61 - 4.14 \}$$

$$\gamma_2 = -1.19^\circ$$

h) PERDIDAS POR DIFRACCION

De la ecuación 5.32:

$$X = \frac{88.78}{77.02}$$

$$X = 1.15$$

Aplicando la ecuación 5.33:

$$L_D = 20 \log. \{2(3.44159)(1.15)(1 + (1/17 (1.15)^4 + 6))\}$$

$$L_D = 20 \log.(7.42)$$

$$L_D = 17.41 \text{ dB.}$$

Este parámetro de las pérdidas por difracción también puede obtenerse por análisis gráfico. La Figura N° 56 muestra la variación de L_D versus la relación hc/h_0 , con lo que se puede comprobar el resultado teóricamente calculado.

i) PERDIDAS POR REFLEXION

Para este caso:

$$L_R = 14 \text{ dB.}$$

Del gráfico que se presenta en la Figura N°-

57, se observa que:

$$D\theta_1 = 5 \text{ dB.}$$

$$D\theta_2 = 55 \text{ dB.}$$

Aplicando la ecuación 5.34:

$$D/U = 5 + 55 + 14$$

$$D/U = 74 \text{ dB.}$$

j) PERDIDAS DE ESPACIO LIBRE

De la ecuación 5.35:

$$L_0 = 92.44 + 20 \log(70.4) + 20 \log(890 \times 10^{-3})$$

$$L_0 = 92.44 + 36.95 + (-1.01)$$

$$L_0 = 128.37 \text{ dB.}$$

Este valor de Pérdidas de espacio libre también se puede obtener gráficamente de la Figura N° 58, confirmando el valor teórico obtenido.

k) PERDIDAS TOTALES

De la ecuación 5.36 se tiene que:

$$L_T = L_O + L_D + L_R + L$$

$$L_T = 128.37 + 17.41 + 14 + 9$$

$$L_T = 168.78 \text{ dB.}$$

ENLACE ENTRE ESTACION BASE Y MOVIL

Para el estudio de lo que será este enlace, se ha escogido la estación base ubicada en el Cerro El Toro y se ha colocado al móvil en el Cantón Arenillas.

El análisis radicaré en comprobar la correcta transmisión y recepción desde dicha estación base y el móvil, para lo cual se necesitará calcular sólo los parámetros que demuestren lo que se pretende comprobar dentro de este diseño.

Los datos necesarios para este radioenlace son:

$$hg_1 = 580 \text{ m.}$$

$$h_{g_2} = 40 \text{ m.}$$

$$h_{a_1} = 30 \text{ m.}$$

$$d = 27 \text{ Km.}$$

$$d_1 = 15 \text{ Km.}$$

$$d_2 = 12 \text{ Km.}$$

$$h_s = 200 \text{ m.}$$

$$f = 890.575 \text{ MHz (canal escogido)}$$

$$a = 6375 \text{ Km}$$

$$K = 4/3$$

CALCULOS

a) PRIMER RADIO DE FRESNEL

De la ecuación 5.8, se tiene:

$$\lambda = (3 \times 10^8) / (890.575 \times 10^6)$$

$$\lambda = 0.34 \text{ m.}$$

Aplicando la ecuación 5.9, se tiene que:

$$h_o = \sqrt{(0.34)(15000)(12000)/27000}$$

$$h_o = 47.61 \text{ m.}$$

- b) ALTURA DE LA ANTENA A UBICARSE EN LA ESTACION RECEPTORA (MOVIL)

Aplicando la ecuación 5.10, se tiene:

$$\begin{aligned} h_{a_2} | (K=4/3) &= \frac{27}{15} (47.61 + 200) - \frac{12}{15} (580 \\ &+ 30) + \frac{(27)(12)}{(12.75)(4/3)} - 40 \end{aligned}$$

$$h_{a_2} | (K=4/3) = 445.51 - 488 + 19.0588 - 40$$

$$h_{a_2} | (K=4/3) = -63.43 \text{ m.}$$

Este resultado de h_{a_2} prueba que con los 1.5 m. de altura que se han designado a la antena del móvil en su parte correspondiente, la transmisión va a llevarse a cabo de manera

óptima, o lo que es lo mismo que el móvil va a captar la señal que le manda su estación - móvil con una excelente calidad.

c) CLARIDAD

De la ecuación 5.11:

$$h_1 = 580 + 30$$

$$h_1 = 610 \text{ m.}$$

De la ecuación 5.12 :

$$h_2 = 40 + 1.5$$

$$h_2 = 41.5 \text{ m.}$$

Aplicando la ecuación 5.13:

$$hc = \frac{(610)(12) + (41.5)(15)}{27} - 200 -$$

$$\frac{(15)(12)}{(12.75)(4/3)}$$

$$hc = 294.16 - 200 - 10.58$$

$$h_c = 83.58 \text{ m.}$$

d) PUNTO DE REFLEXION

De la ecuación 5.14:

$$h_{10} = 610 \text{ m.}$$

$$h_{20} = 41.5 \text{ m.}$$

Aplicando la ecuación 5.16, se tiene:

$$C = \frac{610 - 41.5}{610 + 41.5}$$

$$C = 0.87$$

De la ecuación 5.17:

$$m = \frac{(27)^2}{(2)(4/3)(12.75)(610+41.5)}$$

$$m = 0.0329$$

Del gráfico de C versus m que se muestra en la figura N° 54, de donde se obtiene el valor de b:

$$b = 0.87$$

Aplicando la expresión 5.18, se obtiene:

$$d_{1r} = \frac{(27) (1 + 0.87)}{2}$$

$$d_{1r} = 25.24 \text{ Km.}$$

De la ecuación 5.19 se observa:

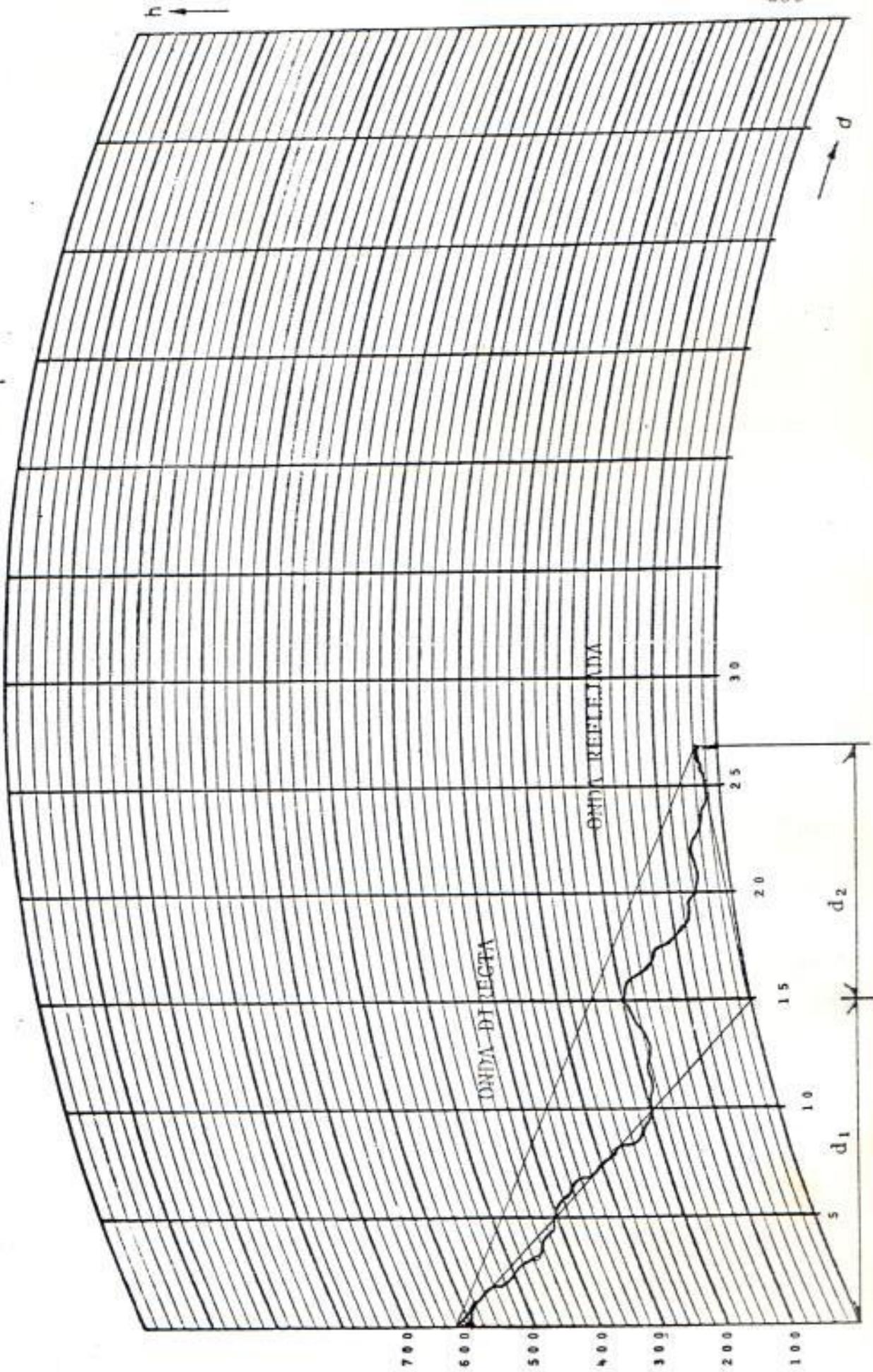
$$d_{2r} = 27 - 25.24$$

$$d_{2r} = 1.76 \text{ Km.}$$

Se ha considerado que los parámetros calculados son los realmente necesarios para tener una idea clara de la calidad de la transmisión entre la estación base escogida y el móvil, que es el objetivo que se persigue en esta parte del diseño.

Es de anotar que el perfil de este trayecto se muestra en la Figura N° 61.

Fig. N° 61 TRAYECTO CERRO EL TORO-ARENILLAS



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La realización de esta tesis permite apreciar la indiscutible ayuda que brinda el Sistema de Radiotelefonía Móvil Celular para solucionar problemas de comunicación en sitios donde la misma sea poca o casi nula. Empleando este sistema y los elementos necesarios que han sido debidamente expuestos, fue posible la elaboración del diseño que aplicado a la Provincia de El Oro, cubre de forma eficaz las necesidades telefónicas de esta importante zona de nuestro país.

La estructura celular, característica básica de un sistema como el tratado, hace posible el que se garantice una cobertura total al dividir a la Provincia objeto de este estudio, en tres celdas perfectamente definidas, en las cuales la extensión y la asignación de radiocanales fueron tomadas en función de la respectiva demanda. En este sentido es de anotar que el diseño establecido contempla la alternativa de alojar un mayor número de usuarios en su interior, ya que las células existentes en la actualidad no se encuentran saturadas, dándose la no reutilización de frecuencias.

El empleo del equipo automático CMS 88 contribuyó a impedir la interrupción de una conversación en curso cuando

un abonado pasa de una celda a otra, ya que el equipo con
tinualmente sensa la calidad de la señal, produciéndose la
conmutación en los casos que sea necesario. Por otra par
te, las facilidades que dicho equipo registra en cuanto a
flexibilidad y modularidad plantea la perspectiva real de
utilizarlo a un nivel mucho más amplio, hablando ya no de
Provincias, sino de todo el país.

Ciertamente, emplear un equipo que trabaje con la Central
AXE 10, representó significativas ganancias dentro de lo
que se definió en el diseño, toda vez que el trabajo de -
dicha Central ha sido probado con excelentes resultados -
por parte del Instituto Ecuatoriano de Telecomunicaciones
y porque utilizar el CMS 88 de la Ericsson evita el uso -
de interfases que con otro equipo, hubieran sido necesa -
rias para que su lenguaje sea entendido por la Central.

La localización escogida para cada una de las estaciones-
base así como de la central de conmutación del diseño, de
mostró ser óptima, ya que los cálculos de Potencia de -
Transmisión arrojaron resultados adecuados dentro del ran
go de frecuencias en que se trabajó. A iguales deduccio-
nes se llegó al efectuar los radioenlaces correspondien -
tes, constatándose, la correcta transmisión y recepción -
entre abonados móviles y estaciones base y entre estacio-
nes base y central de conmutación.

Esta tesis intenta recomendar en su parte expositiva y en las conclusiones, la utilización del Sistema de Radiotelefonía Móvil Celular no sólo en la Provincia de El Oro, - que demanda su instalación, sino en todo el territorio nacional dada la enorme trascendencia económica, política y social pues plantea una solución en la búsqueda de superar su atraso tecnológico en relación a los países vecinos y los demás del mundo moderno.

BIBLIOGRAFIA

1. William C. Y. Lee, Mobile Communications Design Fundamentals (1era. ed; Indiana : Mc.Graw Hill, 1986)
- 2. Stan Prentiss, Introducing Cellular Communications (1era. ed; E.E.U.U. : Tab. Books, 1984)
3. Departamento de Ingeniería de Planes y Normas CTNE , Instrucción de Ingeniería N° 350.001 (1era. ed; Ma - drid : Uguina, Febrero 1971)
4. Ericsson, Sistemas Celulares de Telefonía Móvil (1era. ed; Estocolmo : Ericsson Division Centrals, 1981)
5. Ericsson, Introducción al Sistema Telefónico AXE 10 - (1era. ed; Estocolmo : Noviembre 1979)
6. Ericsson, Estaciones Radio Base (1era. ed; Texas : In - ternational Parkway, 1986)
7. Ericsson, La Tecnología Celular (2nd. ed; Estocolmo : Ericsson Division Centrals, 1986)
8. Ericsson, Sistema Automático Público de Telefonía Mó - vil (Estocolmo : Ericsson Division Centrals, 1980)

9. Ericsson, Cellular Mobile Telephone System CMS 88 -
(1era. ed; Estocolmo : Ericsson Division Centrals, -
1986)
10. Ericsson, Why Cellular Radio Needs a Telephone -
Switch (Estocolmo : Telephony, Julio 1984)
11. Ericsson, How To Profit From Cellular Technology -
(Texas : International Parkway , 1984)
12. Ericsson. Sistema de Telefonía Móvil Automático CMS -
88 : Estación Base (Estocolmo : Intelsa, Octubre -
1984)
13. Ericsson, Sistema de Telefonía Móvil Automático CMS -
88 : Estación Móvil (Estocolmo : Intelsa, Octubre -
1984)
14. Instituto Geográfico Militar, Cartas Topográficas -
(Quito : 1972)
15. Instituto Geográfico Militar, Indices Toponímicos -
(Quito : 1972)
16. A. Nuñez, Estudio y Diseño de un Sistema de Comunica-
ción UHF para T.V. Canal 25 para la Provincia del -

Guayas (Tesis, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1987)

17. P. Rodríguez, Sistema de Telefonía Móvil (Tesis, Escuela Superior Politécnica Nacional, 1980)