



73
24

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

**PROYECTO DE UN SISTEMA DE COMUNICACION POR
PORTADORA COMPARTIDA PARA PETROLEOS
MEXICANOS EN EL AREA METROPOLITANA**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO
DE INGENIERO MECANICO ELEC-
TRICISTA (AREA ELECTRONICA)**

**QUE PRESENTA:
ASUR GUADARRAMA SANTANA**

**DIRECTOR DE TESIS
ING. FERNANDO PEREZ CASTRO**

**CODIRECTOR DE TESIS
ING. JESUS REYES GARCIA**

FALLA DE ORIGEN

MEXICO, D. F.

1991



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

PAGINA

CAPITULO I. INTRODUCCION	1
A) SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACION SIMPLEX UTILIZADOS EN PETROLEOS MEXICANOS.	
* RADIOCOMUNICACION POR SISTEMAS SIMPLEX.	5
* SISTEMAS SIMPLEX (UNA FRECUENCIA).	7
* SISTEMAS SIMPLEX (DOS FRECUENCIAS).	
* SISTEMAS DUPLEX (DOS FRECUENCIAS).	
* SISTEMAS HALF DUPLEX.	9
CAPITULO II. ANTECEDENTES	10
A) ANALISIS DE LOS DIFERENTES TIPOS DE SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACION SIMPLEX QUE UTILIZA ACTUALMENTE PETROLEOS MEXICANOS EN LA ZONA METROPOLITANA.	
B) ANALISIS DEL USO DEL ESPECTRO RADIOELECTRICO Y LOS PROBLEMAS DE INTERFERENCIAS E INTERMODULACIONES EN LOS SISTEMAS.	15
* LISTA DE FRECUENCIAS QUE PETROLEOS MEXICANOS TIENE AUTORIZADAS POR LA S.C.T.	
* PROBLEMAS DE INTERFERENCIAS E INTERMODULACIONES EN LOS SISTEMAS.	16
* ANALISIS DEL USO DEL ESPECTRO RADIOELECTRICO.	21
C) COSTO ACTUAL DEL USO DEL ESPECTRO ELECTROMAGNETICO PARA PETROLEOS MEXICANOS.	23
CAPITULO III. DESARROLLO DEL PROYECTO	27
A) PUNTOS DE INTERES DE COBERTURA EN EL AREA METROPOLITANA.	
B) NECESIDADES DE COMUNICACION ACTUAL (TELEFONICO Y DE COMUNICACION SIMPLEX).	29
* CONCEPTO DE SISTEMA TRONCALIZADO.	32
* CONCEPTO DE SISTEMA TRONCALIZADO APLICADO A RADIOCOMUNICACION.	34
* DESCRIPCION TECNICA DE LOS SISTEMAS TRONCALIZADOS.	39
* DESCRIPCION DEL SISTEMA TRONCALIZADO CON CANAL DE CONTROL DEDICADO.	44

■ DESCRIPCION DEL SISTEMA TRONCALIZADO CON CANAL DE CONTROL DISTRIBUIDO.	52
C) ESPECIFICACION TECNICA PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA.	62
■ CANTIDAD DE EQUIPOS.	
■ CARACTERISTICAS DE OPERACION QUE DEBERAN CUMPLIR LOS EQUIPOS DE LA ESTACION CENTRAL DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES UTILIZANDO PORTADORAS COMPARTIDAS.	64
D) CONSIDERACIONES, CONCEPTOS Y CALCULO DE TRAFICO.	70
■ PROBABILIDAD DE BLOQUEO Y DURACION PROMEDIO DEL MENSAJE.	
■ COMPARACION DE UN SISTEMA TRONCALIZADO Y UN SISTEMA NO-TRONCALIZADO EN LA BANDA DE 800 MHZ.	85
■ CONCEPTOS DE TRAFICO.	90
■ UNIDADES DE TRAFICO Y SU RELACION.	94
■ GRADO DE SERVICIO.	98
■ CONSIDERACIONES PARA EL CALCULO DE TRAFICO.	99
■ ESPECIFICACIONES DEL NUMERO Y TIPO DE EQUIPO QUE PETROLEOS MEXICANOS REQUIERE.	102
■ EVALUACION DEL TRAFICO CREADO POR EL EQUIPO SIN ACCESO TELEFONICO (DESPACHO).	103
■ EVALUACION DEL TRAFICO CREADO POR EL EQUIPO MIXTO.	104
■ EVALUACION DEL TRAFICO CREADO POR EL EQUIPO CON ACCESO TELEFONICO.	105
■ TABLA DE RESULTADOS.	107
E) CALCULOS DE COBERTURA.	108
■ COBERTURA DEL SISTEMA, PREDICCION DEL RANGO Y CONFIABILIDAD DEL SISTEMA.	
■ CALCULO DEL AREA DE COBERTURA.	112
■ CARACTERISTICAS GENERALES DE LA ESTACION.	115
■ CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS EQUIPOS CONSIDERADOS PARA EFECTOS DE CALCULO.	117
■ INFORMACION COMPLEMENTARIA PARA LA UTILIZACION DEL METODO DE GUMURA PARA LA PREDICCION DE COBERTURA DE UNIDADES MOVILES Y PORTATILES EN 800 MHZ.	118
■ TABLA DE PREDICCIONES (REPETIDOR A MOVIL/PORTATIL).	133
■ TABLA DE PREDICCIONES (MOVIL/PORTATIL A REPETIDOR).	134
■ MAPA DE COBERTURA SEGUN RESULTADOS DE LOS CALCULOS.	135

F) DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA.	136
• CONFIGURACION DEL SISTEMA.	137
• CANTIDAD DE EQUIPO REQUERIDO Y COSTOS ESTIMADOS.	139
CAPITULO IV. CONCLUSIONES	146
A) ASPECTOS RELEVANTES DEL PROYECTO.	
B) PERSPECTIVAS FUTURAS.	143
APENDICE I. CLASIFICACION DEL TIPO DE TERRENO CON SU RESPECTIVO FACTOR DE CORRECCION.	144
APENDICE II. TABLAS DE ERLANG C.	157
BIBLIOGRAFIA	159

CAPITULO 1. INTRODUCCION

A) SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACION UTILIZADOS EN PETROLEOS MEXICANOS.

Se denominan sistemas de comunicaciones radioeléctricas a aquellos que utilizan como medio de transmisión las ondas de radio y constituyen uno de los medios de enlace más importantes para el envío de información de un punto a otro.

La información se transmite utilizando técnicas de "modulación" (en amplitud, fase, frecuencia o por pulsos) que permiten trasladar la señal de audio a frecuencias radioeléctricas y facilitan el proceso de transmisión y propagación en el espacio libre.

Las bandas de frecuencia normalizadas internacionalmente para la transmisión de señales de radio son las siguientes:

DENOMINACION	(ESPAÑOL)	(INGLES)	RANGOS DE FRECUENCIAS
ALTAS FRECUENCIAS	AF	HF	3-30 MHz
MUY ALTAS FRECUENCIAS	MAF	VHF	30-300 MHz
ULTRA ALTAS FRECUENCIAS	UAF	UHF	300-3000 MHz
SUPER ALTAS FRECUENCIAS	SAP	SHF	3-30 GHz

Nota: Mhz = Mega Hertz = 1 millón de ciclos/segundo

GHz = Giga Hertz = 1 000 millones de ciclos/segundo

Todos los sistemas de comunicaciones radioeléctricas existentes actualmente en Petróleos Mexicanos, se encuentran comprendidos en las bandas de frecuencia mencionadas.

Los sistemas de radiocomunicación que en su funcionamiento permiten la comunicación en una sola dirección (esto es, una sola comunicación al mismo tiempo) se denominan sistemas "simplex" y operan fundamentalmente en las bandas de AF, MAF y algunos en la de UAF. Los sistemas que permiten la comunicación en ambas direcciones (transmisión y recepción al mismo tiempo) y permiten que se lleven a cabo desde una hasta varios cientos de conversaciones simultáneamente, se denominan "dúplex".

El cuadro 1.A.1 muestra las principales aplicaciones de los sistemas de comunicaciones radioeléctricas en la industria petrolera mexicana.

El origen de estos sistemas, que en otras organizaciones de telecomunicaciones se denominan sistemas de transmisión, se remontan a principios de este siglo. Los primeros enlaces de radiotelegrafía que dieron servicio a la industria petrolera fueron los que operó la Compañía Mexicana de Petróleo El Aguila. La posterior aparición de la telefonía marcó el inicio de las comunicaciones (radiotelefónicas) de larga distancia, punto a punto. Este tipo de servicios configuraron después de la expropiación petrolera una extensa red de estaciones de radiocomunicación, con una sola posibilidad de comunicación entre estación y estación al mismo tiempo. La técnica en que se fundamentó este tipo de sistemas fue la de modulación en amplitud (AM), primero con doble

[illegible]

CUADRO 1A.1

banda lateral (DBL) y después con banda lateral única (BLU). Sus frecuencias de operación se sitúan en la parte baja del espectro, en la banda de altas frecuencias (3-30 Mhz).

El uso de los sistemas de onda corta para intercomunicar los diferentes centros de trabajo de la industria petrolera, fue mostrando su utilidad para comunicaciones más cortas en comparación con los sistemas de altas frecuencias y sus aplicaciones se han diversificado notoriamente en la industria petrolera.

En un principio, los equipos que integraban este tipo de sistemas eran de bulbos, de gran tamaño y con altos consumos de energía, particularmente en las etapas de salida de radiofrecuencia. En la actualidad, la evolución de los componentes electrónicos permite fabricar equipos altamente evolucionados de diferentes características: fijos, móviles (para vehículos), portátiles y sistemas buscaperonas, de bajo consumo de energía y que por lo mismo utilizan baterías recargables.

RADIOCOMUNICACION POR SISTEMAS SIMPLEX.

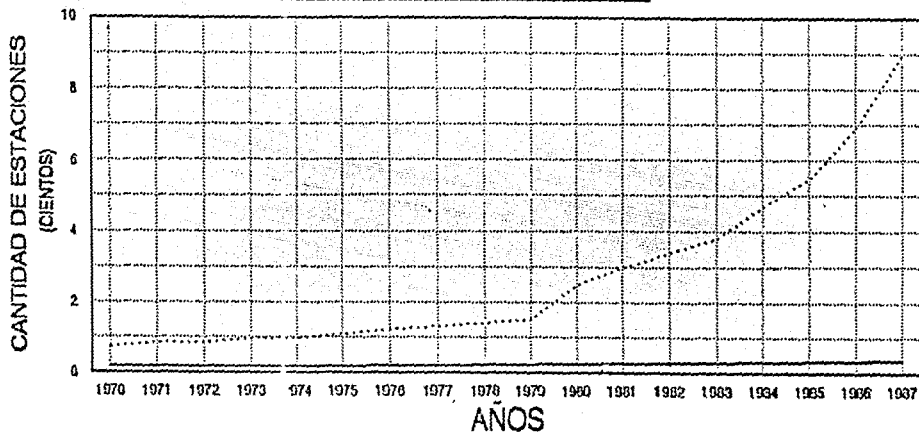
Los sistemas simplex estan constituidos principalmente por: radios repetidores, móviles (en vehículos de trabajo de: perforación, producción, ductos, mantenimiento de plantas, contraincendio, helicópteros, aviones, buquetanquas y cuadrillas de exploración entre otros), los radios fijos operados en la mayoría de los casos desde consolas de control remoto y los radios portátiles entre los que se incluyen los comúnmente llamados "bip-bip" o buscapersonas.

Actualmente se tienen en Petróleos Mexicanos aproximadamente 8,000 radios de estas características y se estima en un 15 por ciento su tendencia anual de crecimiento como se muestra en la gráfica I.A.1.

Estos sistemas -particularmente los constituidos a base de radios móviles y portátiles- permiten su aplicación en las condiciones de movilidad que el usuario requiera, pues su diseño es compacto y operan fundamentalmente a base de baterías: con esto se logra una gran flexibilidad en la comunicación. En algunos casos son utilizados para la transmisión de datos.

Con grupos de equipos fijos, móviles y/o portátiles, se forman circuitos para aplicaciones específicas en la industria petrolera como son: brigadas de perforación, exploración reparación de pozos, contraincendio, servicio médico, cuadrillas de mantenimiento, operación de ductos, operación en terminales marítimas y en plantas industriales, principalmente.

**DESARROLLO DE LOS SISTEMAS
DE RADIOCOMUNICACION SIMPLEX**



**ESTACIONES DE ALTAS
FRECUENCIAS**

**ESTACIONES DE MUY
ALTAS FRECUENCIAS**

GRAFICA 1.A.1

SISTEMAS SIMPLEX.

La comunicación simplex es un tipo de operación la cual permite la transmisión de señales en cualquier dirección en forma alternativa.

En un sistema simplex (una frecuencia) como se muestra en la figura 1.A.1, las estaciones base y móviles transmiten en una frecuencia común. Cada estación debe turnarse para transmitir por medio del PTT (Push-To-Talk).

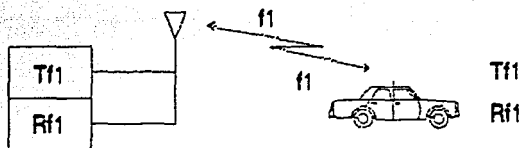
Estos sistemas pueden operar con dos frecuencias diferentes; una de transmisión "Tf1" y una de recepción "Rf2", (sistema simplex, dos frecuencias) pero la filosofía es la misma que con una sola frecuencia, como se muestra en la figura 1.A.2.

SISTEMAS DUPLEX (DOS FRECUENCIAS).

Este tipo de operación permite la comunicación en ambas direcciones simultáneamente, entre las partes transmisora y receptora.

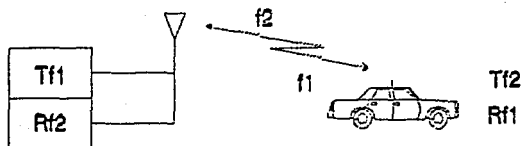
Cuando la estación base va a transmitir en una frecuencia y simultáneamente recibe en una segunda frecuencia la comunicación es en forma dúplex, como se muestra en la figura 1.A.3.

Los dos filtros mostrados en las conexiones de la antena son necesarios para obtener una señal más limpia, requerida entre el transmisor y receptor.



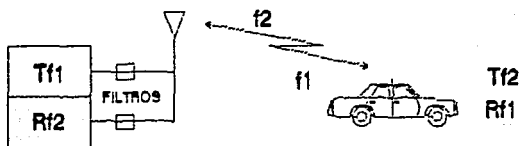
SISTEMA SIMPLEX DE UNA FRECUENCIA
LAS ESTACIONES BASE Y MOVILES OPERAN EN UNA SOLA FRECUENCIA

FIGURA 1.A.1



SISTEMA SIMPLEX (DOS FRECUENCIAS)
LAS ESTACIONES BASE Y MOVILES OPERAN EN FRECUENCIAS DIFERENTES

FIGURA 1.A.2



SISTEMA DUPLEX (DOS FRECUENCIAS)
LA ESTACION BASE OPERA EN FORMA DUPLEX Y EL MOVIL EN FORMA
SIMPLEX (DOS FRECUENCIAS)

FIGURA 1.A.3

SISTEMAS HALF DUPLEX.

Los sistemas half dúplex están basados en un circuito el cual está diseñado para la operación en forma dúplex, pero sólo puede ser operado en una dirección a la vez.

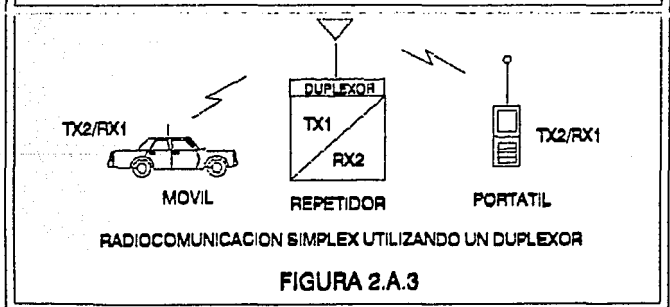
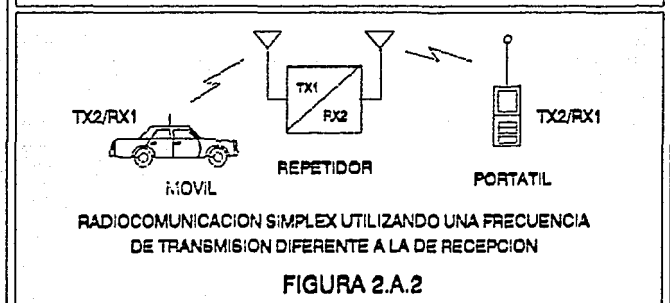
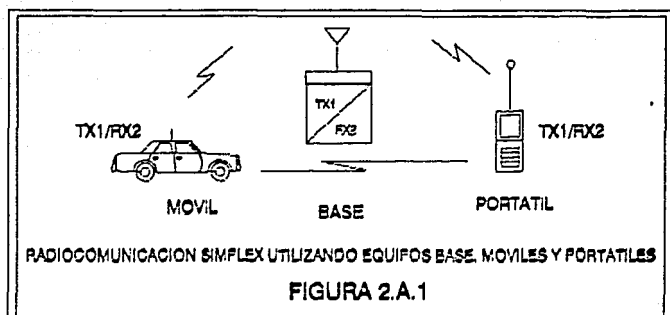
CAPITULO II. ANTECEDENTES

A) ANALISIS DE LOS DIFERENTES TIPOS DE SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACION SIMPLEX QUE UTILIZA ACTUALMENTE PETROLEOS MEXICANOS EN LA ZONA METROPOLITANA.

En Petróleos Mexicanos existen varias configuraciones de radiocomunicación simplex.

Una de estas configuraciones se efectúa entre radios bases, móviles y portátiles como se muestra en la figura 2.A.1.

- En este caso el radio portátil, móvil o base solamente transmite o recibe (se maneja una sola conversación al mismo tiempo).
- La frecuencia de transmisión "TX" es igual a la frecuencia de recepción "RX" para los tres equipos.
- Se dispone de sistemas en la banda de 40, 160 y 450 Mhz.
- El rango de comunicación directa entre ellos depende de las características de los equipos y de los tipos de terreno y área (abierto, rural, urbana, etc.) en que estén operando.
- En el caso de emplearse un repetidor bien ubicado, puede aumentarse el rango dependiendo de los factores mencionados anteriormente.
- Se aplican para:
personal de operación de plantas



personal de vigilancia
control de vehículos
maniobras de emergencia

- Se dispone de equipos en operación en todas las dependencias de Petróleos Mexicanos.
- La comunicación que se tiene es de:
móvil a portátil
base a móvil
portátil a base
base a portátil
móvil a portátil
portátil a móvil

Una segunda forma de comunicación simplex es usando una frecuencia de transmisión "TX1" diferente de la frecuencia de recepción "RX2" como se muestra en la figura 2.A.2.

En esta forma de comunicación se pueden presentar entre otros, dos casos importantes ya que uno de ellos utiliza dos antenas las cuales deben estar separadas a una distancia considerable (puede ser separación vertical u horizontal) para que no se presenten problemas de interferencias en la transmisión y recepción. Para evitar estos problemas se utiliza un duplexor como se muestra en la figura 2.A.3.

El duplexor separa las frecuencias "TX1" y "RX2" por medio de un filtro muy selectivo dando lugar a la utilización de solamente una antena.

En este tipo de comunicación la frecuencia de transmisión "TX2" del radio móvil y portátil es la misma frecuencia de recepción "RX2" en el repetidor y la frecuencia de recepción "RX1" del

móvil y portátil es la misma frecuencia de transmisión "TX1" del repetidor. De esta forma la comunicación que se efectúa es de:

móvil a repetidor
repetidor a móvil
portátil a repetidor
repetidor a portátil

La comunicación entre móvil y portátil no es posible ya que la frecuencia de transmisión "TX2" y la frecuencia de recepción "RX1" es la misma para los dos equipos.

- Se dispone de estos sistemas en las bandas mencionadas anteriormente.
- Se dispone de estaciones fijas (bases) y estaciones montadas en vehículos.
- Manejan únicamente una conversación al mismo tiempo.
- El rango de cobertura de estos equipos varía dependiendo de los factores mencionados anteriormente.
- Sus aplicaciones son para:
 - vehículos para operación y mantenimiento
 - ambulancias
 - vehículos para trabajos de producción
 - helicópteros (servicios médicos)

Se dispone de estaciones en operación en todas las dependencias de Petróleos Mexicanos.

Una forma más de comunicación simplex es el sistema de Buscapersonas.

- Se emplea en áreas industriales para la localización inmediata del personal.
- Es un sistema unidireccional de comunicación (únicamente

transmite información en un sólo sentido).

- Tiene una cobertura de aproximadamente 40 km.
- En caso de no disponer de sistemas propios, se rentan a compañías especializadas.
- Su aplicación es para:

personal de operación de petroquímica
personal de operación de refinerías
servicios médicos
área jurídica
área de informática

B) ANALISIS DEL USO DEL ESPECTRO RADIOELECTRICO Y LOS PROBLEMAS DE INTERFERENCIAS E INTERMODULACIONES EN LOS SISTEMAS.

Petróleos Mexicanos cuenta actualmente con 35 frecuencias autorizadas por la S.C.T. para su uso en el área Metropolitana las cuales se muestran en el cuadro 2.B.1.

M A F BAJA (MHZ)	M A F ALTA (MHZ)	U A F (MHZ)
(1) 46.450	(5) 123.400	(10) 406.225
(2) 49.375	(6) 130.800	(11) 407.275
(3) 49.475	(7) 150.450	(12) 416.225
(4) 49.675	(8) 162.875	(13) 417.275
	(9) 163.925	(14) 450.025
		(15) 450.200
		(16) 450.400
		(17) 450.600
		(18) 450.800
		(19) 455.025
		(20) 455.075
		(21) 455.200
		(22) 455.400
		(23) 456.775
		(24) 456.800
		(25) 457.200
		(26) 457.275
		(27) 457.300
		(28) 457.375
		(29) 457.500
		(30) 457.575
		(31) 457.600
		(32) 457.675
		(33) 457.700
		(34) 457.775
		(35) 460.075

CUADRO 2.B.1

PROBLEMAS DE INTERFERENCIAS E INTERMODULACIONES EN LOS SISTEMAS.

Con los sistemas de radiocomunicación que Petróleos Mexicanos tiene en servicio, las 35 frecuencias corresponden directamente a por lo menos 35 sistemas de radiación que al operarse en forma simultánea con los diferentes sistemas de comunicación que utilizan dependencias particulares y de gobierno tales como: C.F.E., TELMEX, F.H.M., P.F.C., S.C.T., entre otros, se presentan graves fenómenos de interferencias e intermodulaciones en las bandas de comunicación MAF y UAF.

Una de las razones que da lugar a este tipo de interferencias es que las torres, en donde son montadas las antenas transmisoras y receptoras, están saturadas debido al número de antenas por canal de RF que soporta cada torre. Estas torres se localizan en lugares altos (cerros, lomas, etc.) y por lo general siempre hay más de una torre compartiendo la misma superficie, lo que da lugar a que la distancia entre estas sea corta y debido a que las potencias de transmisión que se manejan son grandes, se magnifican los fenómenos de interferencia y productos de intermodulación en las radiocomunicaciones.

Otra razón puede ser que dos señales con la misma frecuencia sean transmitidas simultáneamente a un receptor, al ser recibidas las señales se juntan y estas pueden crear otra frecuencia diferente o la misma señal con interferencia.

Cuando las frecuencias asignadas no guardan un cierto rango de separación que debe existir entre una y otra, para que sus anchos

de banda no se traslapan, se presenta el fenómeno de intermodulación sobre todo en aquellos rangos de frecuencias que estén saturados como es el caso de los 450 y 150 Mhz.

La interferencia puede ser producida por las siguientes fuentes:

1.- Producida por el transmisor

- a causa de un co-canal
- a causa de un "acercamiento" emisión de espurias
 - * ruido
 - * bandas laterales
 - * modulación incompleta
- otro tipo de emisiones de espurias
- productos de intermodulación

2.- Producida por el receptor

- desensibilización
- efectos de las espurias (incluyendo reflejos)
- productos de intermodulación

La interferencia por intermodulación se presenta de las siguientes formas:

- usualmente intermitente
- usualmente sobre-desviada

Un ejemplo de la intermodulación causada por el producto de frecuencias entre dos señales es el que veremos a continuación usando dos frecuencias que Petróleos Mexicanos tiene asignadas en la

la banda de 450 MHz.

Estas frecuencias fueron tomadas aleatoriamente de la lista de frecuencias que se mostrarán anteriormente.

Tenemos que:

$$F_{1m} = aF_1 + bF_2 + \dots + cF_n$$

para dos frecuencias:

$$F_{12} = nF_1 + mF_2$$

Por ejemplo si:

$$F_1 = 450.2 \text{ y } F_2 = 450.025$$

N	M	ORDEN DEL PRODUCTO	FORMULA DEL PRODUCTO	PRODUCTO DE FRECUENCIAS
1	1	SEGUNDO	$F_1 + F_2$ $F_1 - F_2$	900.225 0.175
2	1	TERCER *	$2F_1 + F_2$ $2F_1 - F_2$	1350.425 450.375
1	2	TERCER *	$2F_2 + F_1$ $2F_2 - F_1$	1350.250 449.850
2	2	CUARTO	$2F_1 + 2F_2$ $2F_1 - 2F_2$	1500.450 0.350
3	2	QUINTO *	$3F_1 + 2F_2$ $3F_1 - 2F_2$	1575.550 450.550
2	3	QUINTO *	$3F_2 + 2F_1$ $3F_2 - 2F_1$	2250.475 449.675

* Los productos de orden impar caen dentro de la banda propuesta

Ahora se calculan los productos de las diferencias de orden impar hasta el séptimo orden.

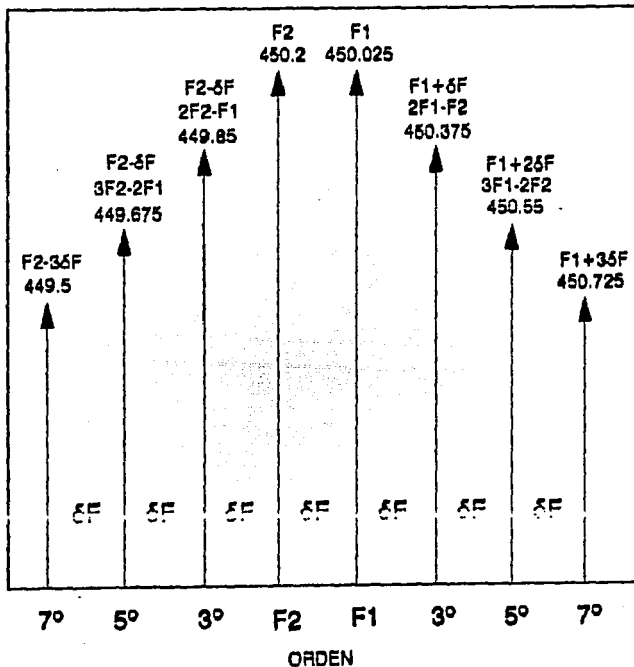
$$\begin{aligned} \text{Si} \quad \delta &= F1 - F2 \\ \text{entonces} \quad \delta &= 450.2 - 450.025 \\ \delta &= 0.175 \end{aligned}$$

ORDEN	FORMULA DEL PRODUCTO	RESULTADO
TERCER	$F1 + \delta F$ $F2 - \delta F$	450.375 449.85
QUINTO	$F1 + 2\delta F$ $F2 - 2\delta F$	450.55 449.675
SEPTIMO	$F1 + 3\delta F$ $F2 - 3\delta F$	450.725 449.5

Gráficoando estos resultados vemos que la separación entre cada uno de los espectros es δF y que sus frecuencias caen dentro y muy cerca de la banda de los 450 Mhz (gráfica 2.B.1).

La separación δF entre los espectros hace que las frecuencias mayores que $F1$ caigan dentro del rango de la banda de los 450 Mhz el cual esta saturado, por consiguiente aqui es donde puede haber problemas de intermodulación en las comunicaciones radioeléctricas con otros usuarios que usen este mismo rango de frecuencias en el área metropolitana de la Ciudad de México.

RESULTADO DEL PRODUCTO DE INTERMODULACION



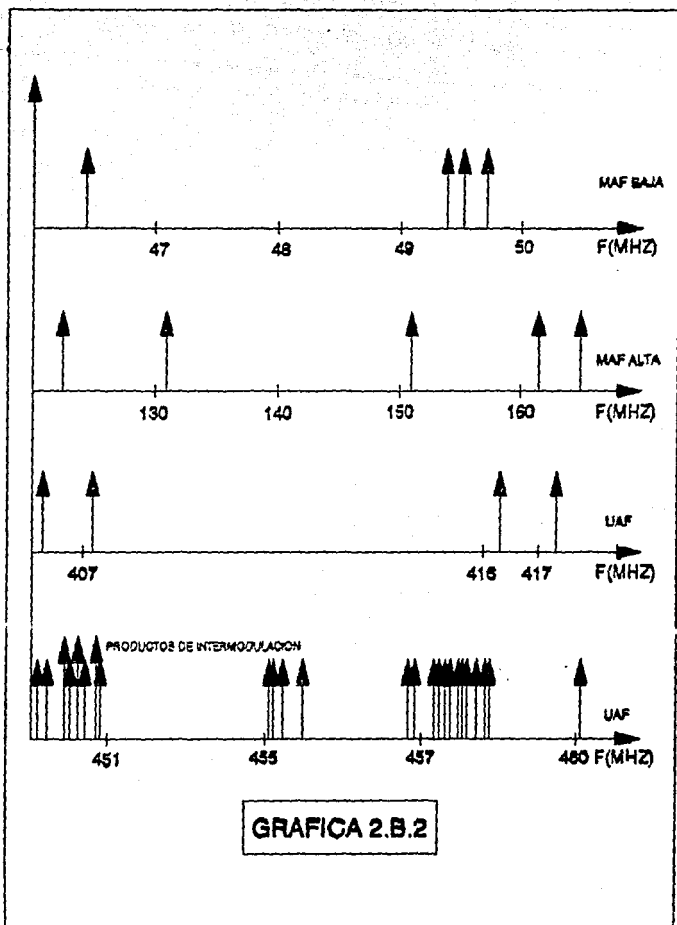
GRAFICA 2.B.1

ANALISIS DEL USO DEL ESPECTRO RADIOELECTRICO

En la gráfica 2.B.2. se muestran los espectros radioeléctricos de las frecuencias del cuadro 2.B.1 así como los espectros de los productos de intermodulación resultantes del análisis realizado anteriormente con las frecuencias que se tomaron aleatoriamente de la lista de frecuencias mostradas.

En esta gráfica se puede notar el problema que existe en la banda de 400 Mhz la cual está saturada y de los problemas que se presentan a causa de la intermodulación.

Se deberá tener en cuenta este problema si se requiere del uso de más frecuencias en esta banda.



C) COSTO ACTUAL DEL USO DEL ESPECTRO ELECTROMAGNETICO PARA PETROLEOS MEXICANOS.

Para evaluar el costo actual que Petróleos Mexicanos paga a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes por derecho del uso del espectro electromagnético y del equipo de radiocomunicación se hace referencia al artículo número 123 del Diario Oficial de la Nación con fecha del jueves 20 de diciembre de 1969, el cual se muestra a continuación.

ARTICULO 123.- Por el otorgamiento de autorizaciones para el establecimiento de sistemas, instalaciones, equipos y aparatos, para la prestación de los servicios públicos concesionados de radiocomunicación de portadora común, localización de personas, música continua, radiodeterminación y servicios públicos concesionados de teledifusión de restringido de señales de televisión por cable, se pagará el derecho de sistemas de radio comunicación y teledifusión, conforme a las siguientes cuotas:

- | | |
|--|-----------------|
| I.- Por el estudio de la solicitud | \$ 1,000,000.00 |
| II.- Por cada autorización correspondiente a: | |
| a).- Modificación al sistema. | \$ 500,000.00 |
| b).- Aumento de capital. | \$ 250,000.00 |
| c).- Instalación y operación de cada uno de los aparatos y equipos que integran el | |

sistema, se pagará por una sola vez
sobre el valor de los mismos. 0.2%

d).- Programas de expansión, se pagará sobre
el monto de la inversión programada. 0.5%

III.- Por evaluación de los resultados del
servicio, se pagará dentro de los 15
días del mes de enero de cada año, por
cada suscriptor del sistema. \$ 1,000.00

ARTICULO 240.- Tratándose de redes de enlaces radioeléctricos de
monocanales, se pagará anualmente por frecuencia el derecho por
el uso del espectro radioeléctrico, conforme a las siguientes
cuotas:

I.- Por equipo base o terminal	\$ 500,000.00
II.- Por equipo repetidor	\$ 1,000,000.00
III.- Por equipo móvil o portátil	\$ 50,000.00
IV.- Por cada frecuencia asignada a nivel nal.	\$ 100,000,000.00
V.- Por sistemas especiales de radiocomuni- cación, se pagará por HZ, una cuota de tomando como mínimo 1 KHz, con distancia máxima de 25 km.	\$ 100,000.00

Por ejemplo si se esta manejando una frecuencia y un equipo fijo
entonces el costo será de:

1 frecuencia x 1 fijo = \$ 500,000.00

Si se esta manejando una frecuencia y un equipo móvil el costo será:

$$1 \text{ frecuencia} \times 1 \text{ móvil} = \$ 50,000.00$$

o si, por ejemplo, tenemos 3 frecuencias con 2 equipos fijos, 3 móviles y 5 portátiles entonces el costo se calculará de la siguiente forma:

$$3 \text{ frecuencias} \times 2 \text{ fijos} \quad \times 500,000.00 = \$ 3,000,000.00$$

$$3 \text{ frecuencias} \times 3 \text{ móviles} \quad \times 50,000.00 = \$ 450,000.00$$

$$3 \text{ frecuencias} \times 5 \text{ portátiles} \times 50,000.00 = \$ 750,000.00$$

$$\text{TOTAL} \quad \$ 4,200,000.00$$

En el caso de los repetidores se manejan dos frecuencias, una de transmisión y la otra de recepción. Por ejemplo si estamos manejando un repetidor con 4 unidades móviles el cálculo será de la siguiente forma:

$$2 \text{ frecuencias} \times 1,000,000.00 \quad 2,000,000.00$$

$$2 \text{ frecuencias} \times 4 \text{ móviles} \times 50,000.00 = \$ 400,000.00$$

$$\text{TOTAL} \quad \$ 2,400,000.00$$

De esta forma se calcula el costo que paga actualmente Petróleos Mexicanos por el uso del espectro electromagnético de acuerdo a la cantidad de equipo y frecuencias que tiene asignadas por parte de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Este costo se reduciría significativamente al instalar un sistema

de portadoras compartidas (truncalizado).

En base a lo anterior el costo que Petróleos Mexicanos paga actualmente por el uso del espectro electromagnético es de:
\$ 83,050,000.00 anualmente.

CAPITULO 111. DESARROLLO DEL PROYECTO

A) PUNTOS DE INTERES DE COBERTURA EN EL AREA METROPOLITANA

A R E A METROPOLITANA	COORDENADAS GEOGRAFICAS		DIST. AL C.A. (KM)
	LATITUD	LONGITUD	
CENTRO ADMITIVO.	19° 26' 20"	99° 10' 30"	00.00
1.- GAUSS	19° 26' 03"	99° 11' 01"	0.98
2.- IBSEN	19° 25' 52"	99° 11' 00"	1.20
3.- EJERCITO	19° 26' 10"	99° 11' 12"	1.26
4.- REF. 16 DE MARZO	19° 27' 55"	99° 12' 14"	4.30
5.- LOMAS	19° 25' 22"	99° 13' 04"	4.85
6.- HOSPITAL NORTE	19° 28' 42"	99° 12' 16"	5.47
7.- ALTACE	19° 29' 27"	99° 09' 00"	6.42
8.- REVOLUCION	19° 22' 46"	99° 11' 02"	6.58
9.- SIETE MARAVILLAS	19° 30' 40"	99° 09' 20"	7.99
10.- TERMINAL NORTE	19° 24' 12"	99° 06' 10"	8.95
11.- TERMINAL SUR	19° 21' 53"	99° 12' 45"	9.05
12.- HANGAR	19° 25' 18"	99° 04' 50"	10.00
13.- S. J. IXHUATEPEC	19° 32' 35"	99° 06' 38"	11.53
14.- GUSTAVO BAZ	19° 33' 47"	99° 12' 08"	14.04
15.- HOSPITAL SUR	19° 18' 14"	99° 12' 38"	15.35
16.- LOS REYES	19° 21' 16"	98° 57' 24"	24.74

CUADRO 3.A.1

SISTEMA TRONCALIZADO AREA METROPOLITANA

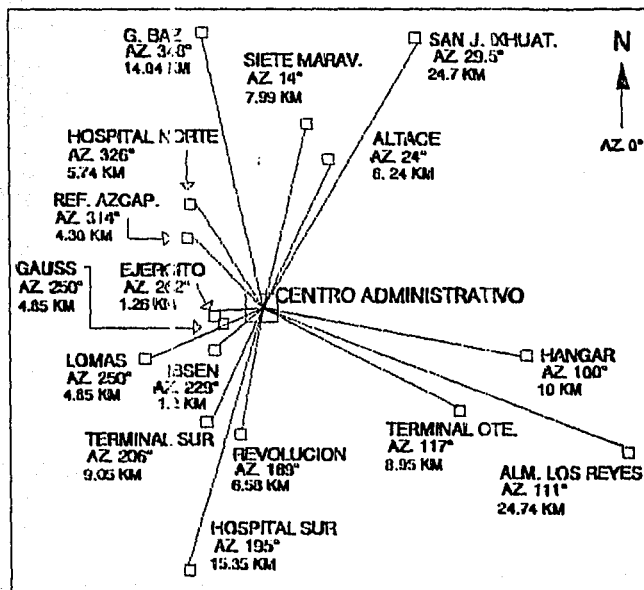


FIGURA 3.A.1

B) NECESIDADES DE COMUNICACION ACTUAL (TELEFONICO Y DE COMUNICACION SIMPLEX).

En la mayoría de las grandes ciudades de la República Mexicana y muchas de las medianas, en donde la industria, el comercio y los servicios se han desarrollado, actualmente se encuentran saturadas las bandas de frecuencia en MAF y UAF.

Es difícil y en algunos casos imposible, conseguir autorización de frecuencias para la operación de equipos de radiocomunicación en las bandas arriba mencionadas; las necesidades crecientes, tanto de las propias oficinas de gobierno (Policía, Poder Ejecutivo, Servicios de Protección y Seguridad Nacional, Aeroportos, PEMEX, CFE, TELMEX, FNM, PFC, etc.) hace necesario, no solo para el desarrollo de la industria de radiocomunicación, sino para el uso y aprovechamiento en labores de emergencia, seguridad, turismo, desarrollo económico y social, etc. Una solución a este recurso, finito y no renovable que lo constituye el espectro radioeléctrico de frecuencias.

Se propone un nuevo medio de uso compartido de estos recursos, las frecuencias, por todos los usuarios (abonados) optimizando el número de usuarios por canal de comunicación, otorgando una calidad de servicio a precios tan accesibles, que permitirán, a los pequeños usuarios, liberar las frecuencias individualmente asignadas y pasarse al nuevo sistema, en donde compartiendo las frecuencias, pagarán una fracción de lo que ahora pagan.

La demanda de servicios de radios móviles y consecuentemente del espectro de radiofrecuencia para estos servicios, se han incrementado de algún tiempo a la fecha. Los sistemas de comunicaciones empleando las técnicas Troncalizadas pueden mejorar significativamente la utilización del espectro radioeléctrico y al mismo tiempo proporcionar una mejor clase de servicio y características nuevas para los usuarios de radios móviles. Las compañías telefónicas han estado usando las técnicas Troncalizadas para establecer llamadas entre suscriptores por casi una centuria. El usuario telefónico no tiene su propia troncal a todos y cada uno de los sitios a los cuales desea llamar. Cuando el usuario establece una llamada, la central telefónica le asigna una troncal por la duración de esa llamada. Después que el usuario cuelga, la misma troncal está disponible para otros usuarios; de esta forma, un pequeño número de troncales telefónicas pueden ser compartidas por un gran número de suscriptores. Esta compartición es manejada eficientemente y automáticamente por el equipo de comunicación en las oficinas de las centrales telefónicas, figura 3.B.1.

La eficiencia de este sistema de compartición para la compañía telefónica está basada en dos características fundamentales para las necesidades de comunicación de los usuarios del mismo.

- a) El porcentaje de tiempo, que cualquier usuario individual requiere en una troncal, sea muy pequeño.
- b) La probabilidad de que muchos usuarios requieran una troncal al mismo tiempo sea excesivamente pequeña.

TELEFONIA TRONCALIZADA

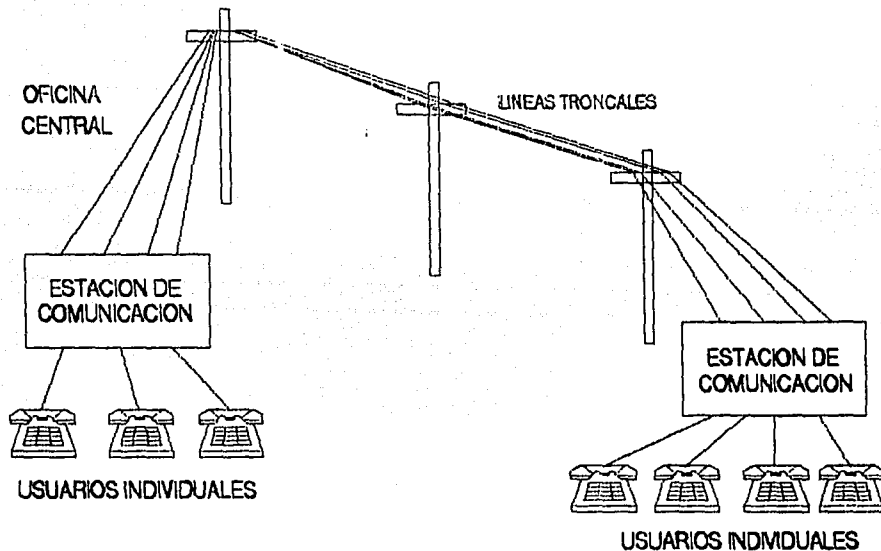


FIGURA 3.B.1

Las técnicas Troncalizadas pueden ser aplicadas a sistemas de radio por las mismas razones fundamentales de eficiencia que emplean las compañías telefónicas.

En virtud de que las bandas de MAF y UAF en el rango de los 450 y 150 Mhz ya están saturados, se ha diseñado el sistema troncalizado de RF en la banda de 800 Mhz.

CONCEPTO DE SISTEMA TRONCALIZADO.

Un claro ejemplo de la filosofía de los sistemas troncalizados es el siguiente:

Por ejemplo, cuando usted ha estado formado en fila frente a la ventanilla de un cajero en un banco;

¿No le parece a usted como si hubiera elegido la fila incorrecta?

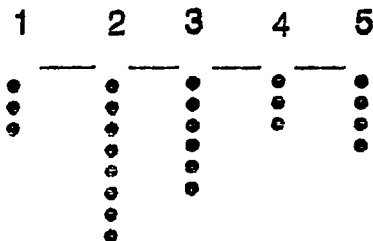
¿Como es que las otras filas se mueven más rápido?

¿Cuando se decide y cambia de fila, considera segundos después que la fila que acaba de dejar es ahora la más corta?

Estos cambios crean demasiada tensión en el usuario y demuestran la poca eficacia del sistema.

Actualmente, es común ver que durante los periodos pico y normal de la prestación de servicios en los bancos, los clientes esperan en una sola línea y sistemáticamente son accedados a cada una de las ventanillas conforme estas se van desocupando (figura 3.B.2 y 3.B.3).

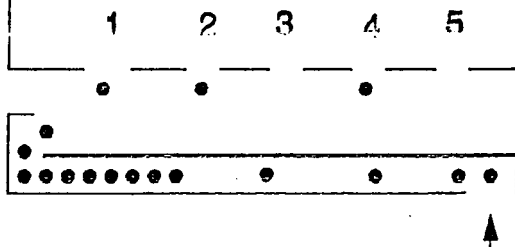
DISPOSICION DE CINCO CAJEROS CON ACCESO ALEATORIO



VEA QUE LOS CUENTES NO SON DISTRIBUIDOS EFICIENTEMENTE HACIA LOS CAJEROS

FIGURA 3.B.2

CINCO CAJEROS CON ACCESO TRONCALIZADO



VEA QUE LOS CUENTES SON ASIGNADOS AL PRIMER CAJERO DISPONIBLE

FIGURA 3.B.3

CONCEPTO DE SISTEMA TRONCALIZADO APLICADO A RADIOCOMUNICACION.

En nuestro país así como en el extranjero, el uso del espectro de radiofrecuencia ha llegado a incrementarse considerablemente, en tanto que la demanda para la comunicación de dos vías ha continuado su rápido crecimiento.

Un sistema de radio troncalizado, como lo define la FCC (Federal Communications Commission), es "un método de operación en el cual un número par de frecuencias de radio son asignadas a móviles y estaciones base en el sistema para usarse como un grupo troncal". El Trunking es el conjunto de canales de radio en donde todos los usuarios tienen acceso a todos los canales. Esto reduce el tiempo de espera e incrementa la capacidad del canal para una calidad de servicio dada.

Reconociendo las ventajas del sistema troncalizado sobre los sistemas de repetidores convencionales, la FCC reglamentó en 1976 que sistemas que requieren de cinco canales en la banda de 500 Mhz, que en aquel entonces era la banda de emergencia, debería ser troncalizada. Al mismo tiempo la FCC asignó 200 canales en la banda de 600 Mhz especialmente para los sistemas troncalizados y solo 100 para operaciones convencionales. De esta manera, la comisión dió una señal clara de reconocer al Trunking como la mejor forma para aliviar los problemas en el incremento de la saturación de frecuencias.

El Trunking es una técnica actualmente en desarrollo por

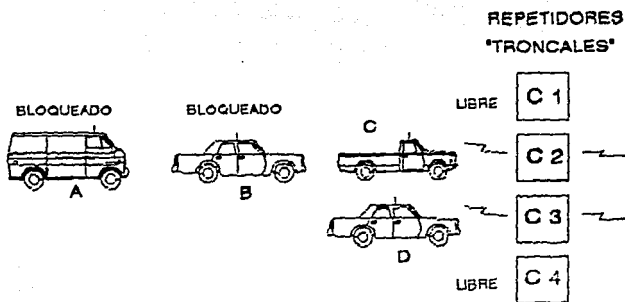
diferentes compañías en todo el mundo, y su finalidad bien conocida de incrementar la eficiencia en el uso del espectro electromagnético nos es de gran utilidad sobre los sistemas convencionales.

El concepto básico de Sistema Troncalizado en comunicaciones es realmente simple: el sistema requiere de un reducido número de canales para atender eficientemente a un alto número de usuarios.

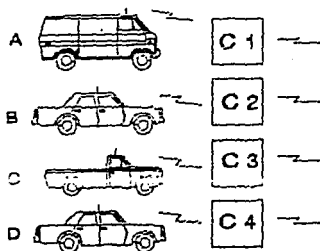
Para aplicaciones en radiocomunicación, el sistema troncalizado ofrece las ventajas de un acceso más rápido al canal además de privacidad y de mejor eficiencia en el uso del espectro electromagnético. La figura 3.B.4 representa dos sistemas de radiocomunicación móvil, uno troncalizado y el otro convencional. En el sistema convencional las unidades móviles A, B y C son asignadas al canal 2 y no tienen acceso a cualquiera de los otros canales de radio. Debido a que la unidad C está usando el canal, las unidades A y B están bloqueadas y por lo tanto deben esperar hasta que la unidad que ocupa el canal haya terminado. Posteriormente, A y B deben esperar para usar el canal. Mientras tanto, los otros dos canales están ociosos y podrían ser utilizados si las unidades A y B tuvieran acceso a ellos.

En el sistema troncalizado, todas las unidades tienen acceso a todos los canales y no hay demasiada espera, por lo menos si hay un canal disponible. De esta forma la probabilidad de bloqueo y el promedio del tiempo de espera son reducidos.

Un sistema troncalizado puede ampliar la disponibilidad general



SISTEMA CONVENCIONAL



SISTEMA TRONCALIZADO

SISTEMAS DE RADIO MOVIL CONVENCIONAL Y TRONCALIZADO

FIGURA 3.B.4

de los recursos de comunicación si se toman en cuenta las dos suposiciones siguientes:

- 1.- El promedio de tiempo del mensaje en el sistema es corto.
- 2.- La probabilidad de que varias estaciones requieran comunicarse simultáneamente es pequeña.

Los sistemas troncalizados ofrecen significativas ventajas sobre los sistemas convencionales como se muestra en el siguiente cuadro comparativo (cuadro 3.B.1).

SISTEMAS CONVENCIONALES	SISTEMAS TRONCALIZADOS
• LOS USUARIOS ESTAN RESTRINGIDOS A UN SOLO CANAL.	LOS USUARIOS GOZAN DE UN ACCESO A MULTIPLES CANALES. EL RESULTADO ES UN ACCESO RAPIDO PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD.
• GRANDES ESPERAS DURANTE LAS HORAS PICO.	• VIRTUALMENTE NO HAY ESPERA POR UN CANAL, NI SI QUIERA EN LA HORA DE TRAFICO PICO.
• INTERFERENCIA EN LOS MENSAJES A CAUSA DE RADIOS CERCANOS O CON MAS POTENCIA.	• NO HAY INTERFERENCIA EN LOS MENSAJES A CAUSA DE OTROS USUARIOS.
• CARENCIA DE PRIVACIA.	• PRIVACIA OPERACIONAL. MANTIENE INFORMACION CONFIDENCIAL SEGURA. COMPLETA PRIVACIA INTERSISTEMA.
• MUCHO TIEMPO PERDIDO EN EL MONITOREO DEL CANAL.	• NO SE NECESITA MONITOREAR EL CANAL.
• EN CASOS ESPECIFICOS, MANEJO DE UN SELECTOR DE FRECUENCIAS.	• NO SE NECESITA OPERAR UN SELECTOR DE FRECUENCIAS. LOS CANALES LIBRES SON ASIGNADOS AUTOMATICAMENTE.
• NO SE TIENE ACCESO A UN CONMUTADOR TELEFONICO.	• SE TIENE ACCESO AL CONMUTADOR TELEFONICO DESDE UN RADIO PORTATIL/MOVIL/BASE.
• CADA EQUIPO DE USUARIOS REQUIERE DE UNA ANTENA (SOBRE CARGA EN LAS TORRES).	• SE UTILIZAN UNICAMENTE DOS ANTENAS.
• PROBLEMAS DE SOBREALCANCE DE FRECUENCIAS.	• DISMINUYEN PROBLEMAS TECNICOS COMO SOBREALCANES E INTERFERENCIAS EN LA MISMA TORRE.
• SE UTILIZA UNA CANTIDAD CONSIDERABLE DE FRECUENCIAS (ALTO COSTO, TRAMITES, TIEMPO)	• MENOR PAGO DE DERECHOS POR EL USO DE FRECUENCIAS. A FUTURO, SE PUEDE TENER ACCESO A LOS SISTEMAS EN CUALQUIER CENTRO DE TRABAJO.

CUADRO 3.B.1

DESCRIPCION TECNICA DE LOS SISTEMAS TRONCALIZADOS.

Un sistema troncalizado asigna canales a los suscriptores así como estos los van necesitando, normalmente el primero que entra es el primero que sale.

Un sistema troncalizado inherentemente requiere de algún tipo de inteligencia para distribuir y supervisar la asignación de canales. Esto puede consistir de un complejo central de comunicación en donde este hace la conexión cuando las estaciones requieren de canales de comunicación.

La comunicación en radio móvil ha estado acompañada comúnmente por circuitos lógicos asociados con las estaciones repetidoras de radio, y alguna forma de comunicación de datos entre el controlador central y las unidades móviles. El controlador central sirve para dirigir el tráfico de los canales de voz. La comunicación de datos desde el controlador accesa a las unidades del suscriptor por una u otra de las siguientes vías: una por un canal de control dedicado y otra en el tráfico de voz por los mismos canales de voz, canal de control distribuido.

La dedicación de un canal de control reduce el número de conversaciones simultáneas que pueden ocurrir de acuerdo con el número de repetidores, ya que el canal de control no está disponible para las comunicaciones de voz.

En un sistema pequeño, esto reduce sustancialmente la eficiencia del sistema troncalizado, este efecto llega a ser menos severo cuando el tamaño del sistema se incrementa.

En el caso de sistemas de canal de control distribuido las transmisiones de datos en, los canales de voz, esta normalmente acompañada de un flujo continuo de tonos de baja frecuencia los cuales deben ser filtrados desde el audio en la unidad del suscriptor. Este acceso permite que todos los canales sean usados para tráfico de voz.

En ambas técnicas, el canal de control dedicado y el canal de control distribuido, requieren que los suscriptores (móviles) monitoreen un dato fijo, o canal "propio" cuando esta libre, desde donde son dirigidos a un canal de voz disponible cuando se recibe una llamada. Al completar la llamada, las unidades regresan automáticamente a su canal "propio" asignado.

La inteligencia proporcionada por un controlador central ofrece varias ventajas como son:

- A. La continua transmisión de datos puede mejorar la conversación entre unidades, así si una unidad se acaba de poner en funcionamiento, automáticamente será capaz de integrarse a una llamada como si su unidad hubiese estado activada al comienzo de ésta.
- B. Una lista de espera puede ser guardada para volver a llamar automáticamente, por ejemplo, una unidad que hizo una llamada pero ésta no pudo ser completada porque todos los canales estuvieran ocupados.
- C. Que las unidades libres esperan instrucciones en canales

especificos. En este caso se tienen tiempos de conexión menores que un segundo.

Las mayores desventajas del controlador central/acceso por canal de datos son:

D. La falla del controlador central puede hacer al sistema inoperativo, a menos que los radios móviles estén provistos para que automáticamente funcionen, en tal caso, en forma convencional (no troncalizada).

E. La falla de un canal de datos puede afectar adversamente al sistema en forma muy parecida a la que produce la falla del controlador central.

F. Dado que la proporción de datos en la transmisión es relativamente alta, se deben efectuar ajustes para evitar y corregir errores en la transmisión de datos debidos a interferencias y ruido. Estas medidas aumentan la complejidad de los requerimientos de procesamiento en las unidades móviles y repetidoras, además de un factible uso de diversidad de antenas para minimizar atenuaciones.

G. El uso del canal "propio" puede requerir que al menos un transmisor asociado con el controlador central este continuamente activo. Esto contribuye a la innecesaria contaminación espectral de RF cuando hay comunicación de voz y disminuye el tiempo de vida del equipo transmisor.

H. El controlador central y el equipo asociado para interconectar

los repetidores con el sistema de control son costosos en su adquisición y su mantenimiento.

Si el objetivo del sistema es proveer un servicio esencialmente tan bueno como el disponible en las líneas telefónicas, las ventajas de A, B y C pueden darse como un hecho ya que el servicio telefónico no provee una lista de espera, o la facilidad de entrar en una conversación. En algunos casos es necesario que los tiempos de conexión se efectúen en fracción de segundos, ya que estos pueden ser vitales para servicios como los de la policía, bomberos y para operaciones de rescate por radio.

Una tercera técnica provee un grado de servicio semejante al telefónico, sin el costo y complejidad de un controlador central.

En esta técnica cada unidad móvil libre explora constantemente los canales buscando las llamadas que entran. Los repetidores disponibles están inactivos. La señalización se efectúa sólo al comienzo de una llamada y permanece en el canal el tiempo suficiente para que cada unidad móvil libre explore constantemente los canales buscando las llamadas que entran, de este modo se asegura que la llamada no se perderá. La exploración hace un poco más lenta la señalización. Por ejemplo para efectuar una llamada en un sistema de 20 canales se requieren aproximadamente cuatro segundos. Una unidad móvil que desea servicio, primero localiza un canal disponible, interroga al receptor y posteriormente la información de señalamiento a través del repetidor para la exploración de los móviles.

No se requerirá ninguna inteligencia en el sitio del repetidor central, y en su caso, la pérdida de un solo repetidor sólo degrada ligeramente el funcionamiento del sistema. En efecto, todos los móviles son capaces de llevar a cabo la comunicación aún cuando solamente un repetidor este operando. La selección y asignación de los canales se hace por medio de circuitos lógicos en las unidades móviles; por lo tanto el sistema emplea el procesamiento distribuido, pero no en el sentido usual, porque no hay transmisión digital de datos. Todo el señalamiento se hace con tonos de audio los cuales son menos afectados por los desvanecimientos y el ruido.

Una vez asignado un canal, este se mantiene dedicado al grupo original de unidades móviles durante toda la conversación. Sin embargo, se pueden tomar acciones para terminar una conversación demasiado larga después de la transmisión de una señal de precaución que dura varios segundos. El uso de esta característica de corte la selecciona el operador del sistema, y la terminación ocurre sólo cuando todos los canales estan ocupados.

DESCRIPCION DEL SISTEMA TRONCALIZADO CON CANAL DE CONTROL DEDICADO.

Un sistema troncalizado se puede configurar como se ilustra en la figura 3.B.5. Aquí tres canales han sido puestos en un sitio común, bajo la supervisión de un controlador central. Un número de flotillas- usuarios, las cuales exceden el número de canales disponibles, comparten la capacidad del canal en el sistema. Cada vez que un usuario solicita una llamada, le es asignado automáticamente un canal libre por todo el tiempo que dure su mensaje. Al final de cada mensaje, el canal desocupado vuelve a estar a disposición del controlador central, listo para ser asignado a otro usuario.

En la figura 3.B.6, se muestra un sistema troncalizado de cinco canales de RF en la banda de 600 Mhz; para propósitos de este ejemplo, solo se muestran tres flotillas, aunque un sistema de esta magnitud podría acomodar un número mucho mayor de flotillas.

En un sistema troncalizado tal como en un sistema convencional pueden intervenir tres elementos: el despachador, una flotilla de usuarios móviles y un sitio de repetición. Esto significa que cada flotilla puede tener su propio despachador o bien un despachador para varias sub-flotillas.

El sitio de repetición puede estar compuesto de 2, 3, 5 o hasta 20 estaciones base-repetidor según sea el tráfico manejado.

Ahora bien, cada radio móvil y estación de despacho en el sistema,

SISTEMA TRONCALIZADO TRES CANALES COMPARTIDOS

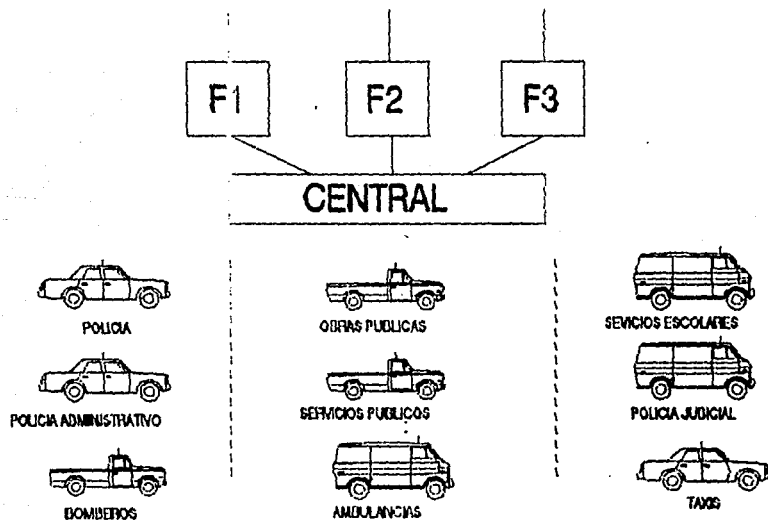


FIGURA 3.B.5

MONITOREO DEL CANAL DE CONTROL

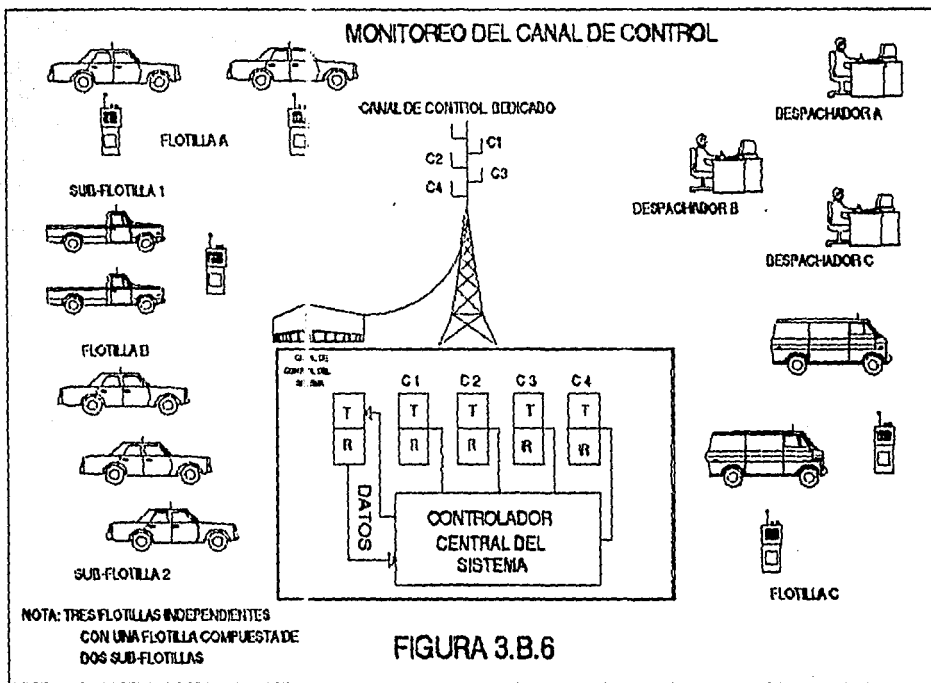


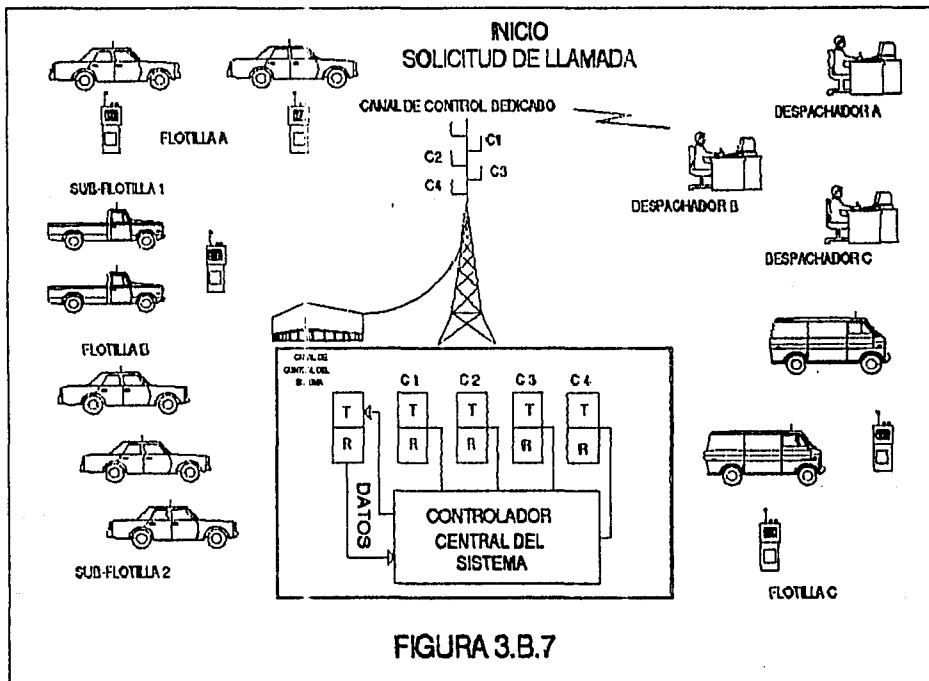
FIGURA 3.B.6

es capaz de operar en todos los canales del grupo troncal. Están equipados con microprocesadores los cuales controlan todas las operaciones de los equipos, incluyendo la transmisión, la recepción y la señalización de frecuencia.

En el sitio de repetición tenemos cinco estaciones base-repetidor, controlados por microprocesadores, identificado como el controlador central del sistema. Uno de los cinco canales de RF se usa únicamente para datos; es sobre este canal que el controlador central recibe y procesa todas las solicitudes de servicio.

Todas las estaciones de despacho y unidades móviles se concentran sobre el canal de control del sistema, donde silenciosamente se encuentran a la escucha del tren continuo de datos, enviado por el canal de control.

La figura 3.B.7, muestra la inicialización en la secuencia de una llamada. El despachador "B", desea contactar a todas las unidades de su flotilla, presiona su botón para hablar (PTT); esta acción posiciona automáticamente al transmisor de la estación, sobre el canal de control y envía un tren de datos, el cual lleva la identificación de la unidad que está llamando y una solicitud de canal al controlador central del sistema. El radio del despachador se conmuta entonces, al modo de recepción para esperar un dato de respuesta del controlador. Al momento de recibir la solicitud, el controlador del sistema revisa el estado de todos los canales de voz y selecciona automáticamente un canal

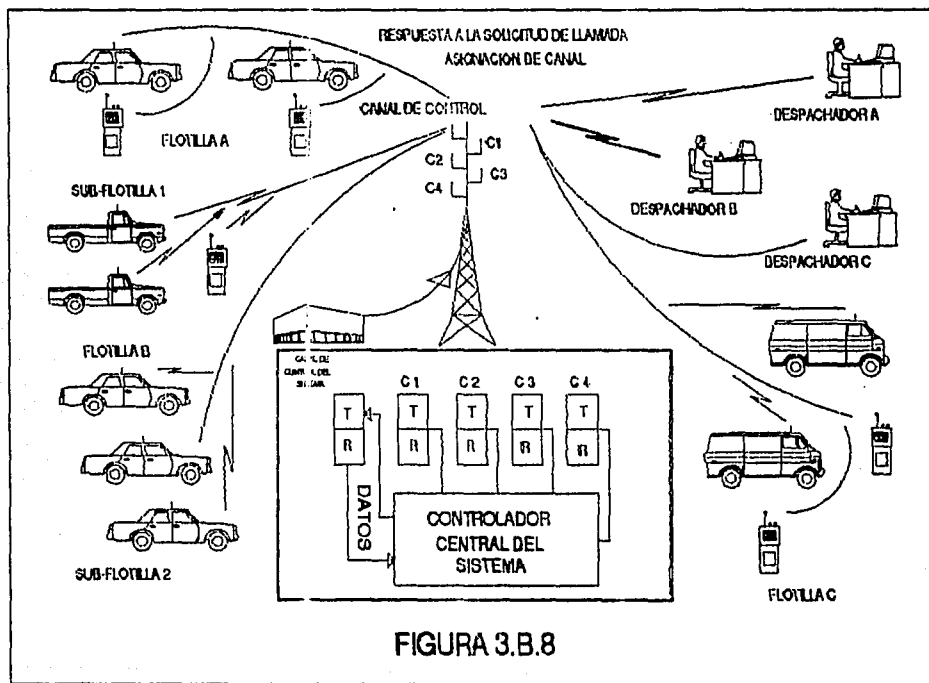


libre. El controlador envía entonces un mensaje de datos sobre el canal de control (ver figura 3.B.8) dirigiendo a todas las unidades de la flotilla "B", al canal de voz asignado. Aunque todas las unidades libres del sistema reciben esta respuesta, solamente aquellas unidades pertenecientes a la flotilla "B", responderán a este comando, conmutando automáticamente al canal de voz asignado. Todas las otras unidades permanecerán "amarradas" al canal de control.

Todo el proceso de asignación del canal se efectúa en aproximadamente un tercio de segundo.

La figura 3.B.9, muestra el proceso del mensaje sobre el canal 2. Durante todo el tiempo que se efectúa la conversación, la flotilla "B" hace uso exclusivo de este canal. De esta forma, ninguna unidad ajena a la flotilla "B" puede escuchar la conversación, esta privacidad es uno de los beneficios más importantes del sistema troncalizado.

Así como se eligió toda la flotilla "B", se podría elegir solamente la subflotilla 1 o la 2.



CONVERSACION EN PROCESO

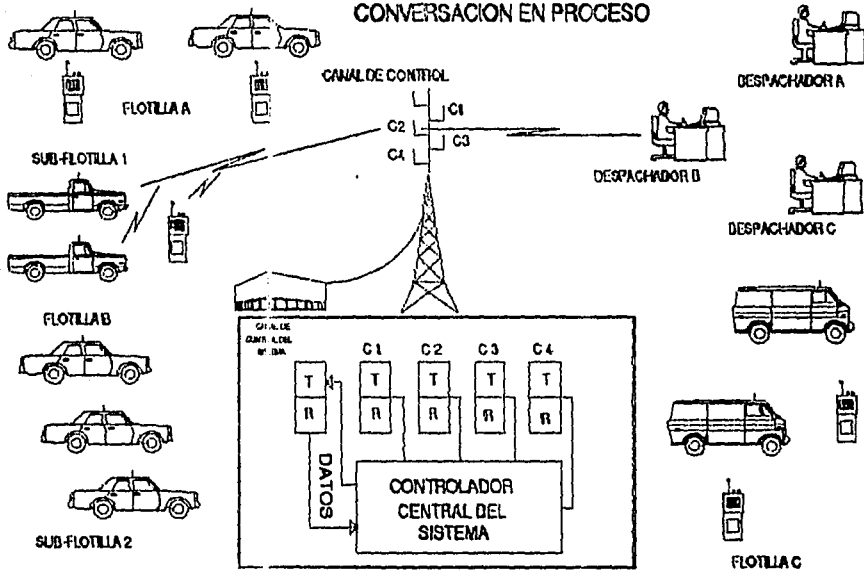


FIGURA 3.B.9

DESCRIPCION DEL SISTEMA TRONCALIZADO CON CANAL DE CONTROL DISTRIBUIDO.

En la figura 3.B.10, se muestra la organización de este sistema en el cual cada repetidor es responsable de la señalización de datos en su canal. El dato digital subaudible se aplica continuamente a la portadora de RF y se lleva acabo con la modulación de voz.

Esta técnica de control lógico se refiere al procesamiento distributivo. Ya que una pequeña unidad lógica realiza la señalización en cada canal, no se requiere de un controlador del sistema. Adicionalmente, no se requiere de un canal de control dedicado al señalamiento, de esta forma todos los canales se usan muy eficientemente para las comunicaciones de voz.

Si un repetidor fallara, el resto de los repetidores del sistema permanecerían operando.

Las unidades móviles en el sistema se asignan a un canal "propio" (repetidor) desde el cual reciben instrucciones. Estas instrucciones incluyen información como: que repetidor esta recibiendo una llamada a menos que el repetidor este ocupado.

Un número determinado de códigos de identificación (ID) se asignan a cada canal propio en el sistema.

Las siguientes figuras muestran una secuencia típica de solicitud de canal en un sistema troncalizado sencillo de dos canales. Todas las unidades móviles mostradas tienen al repetidor 1 como

ORGANIZACION DEL SISTEMA (CANAL DE VOZ DISTRIBUIDO)

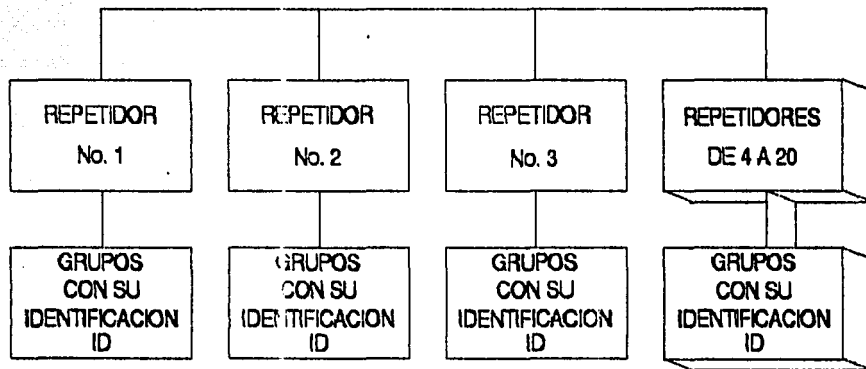


FIGURA 3.B.10

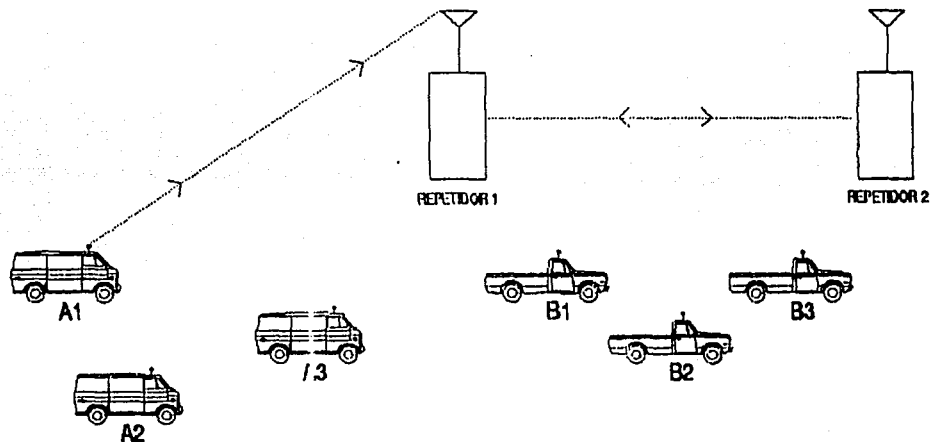
su canal "propio". El repetidor 2 también tiene unidades móviles asignadas a él, pero estas unidades no se muestran por simplicidad. Las unidades móviles "A" tienen un código de identificación (ID) y las unidades móviles "B" otro. En la figura 3.B.11, una unidad móvil del grupo "A" inicia una llamada hacia otras unidades del mismo grupo apretando el botón (PTT). Debido a que el canal propio está libre (repetidor 1 en este caso), la unidad inicializa la llamada hacia este canal. Después de transmitir un tren de datos, la unidad lógica de la unidad móvil que inicializó la llamada espera por un reconocimiento.

El repetidor 1 responde por una transmisión de datos con el número correcto de repetidor propio y el código de identificación (ID) para el grupo de unidades móviles "A". Este mensaje rehabilita al transmisor y al audio de la unidad móvil que inició la llamada, figura 3.B.12.

El audio recibido se habilita en las otras unidades "A" que tienen el mismo código de identificación (ID), figura 3.B.13. El grupo de las unidades móviles "B" no habilitan su audio, pero sus unidades lógicas toman nota del número del canal libre el cual también es parte del mensaje recibido.

El repetidor 1 continúa el monitoreo del bus de datos de alta velocidad para determinar el estado del sistema y de los canales libres. Toda la información digital y de audio se transmite continuamente para asegurar la habilitación de las unidades bajo condiciones de desvanecimientos debido a reflejos de la señal.

SOLICITUD DEL CANAL POR EL MOVIL "A1"



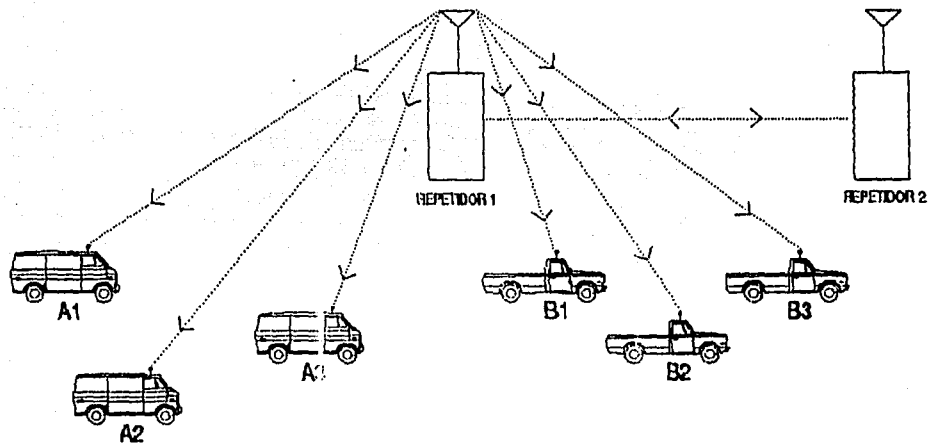
DATOS DE MOVIL A REPETIDOR

EN USO	R. PROPIO	ID	LIBRE
1	1	A	-

DATOS DE SEÑALAMIENTO

FIGURA 3.B.11

RESPUESTA DEL REPETIDOR 1 A EL MOVIL 'A1'



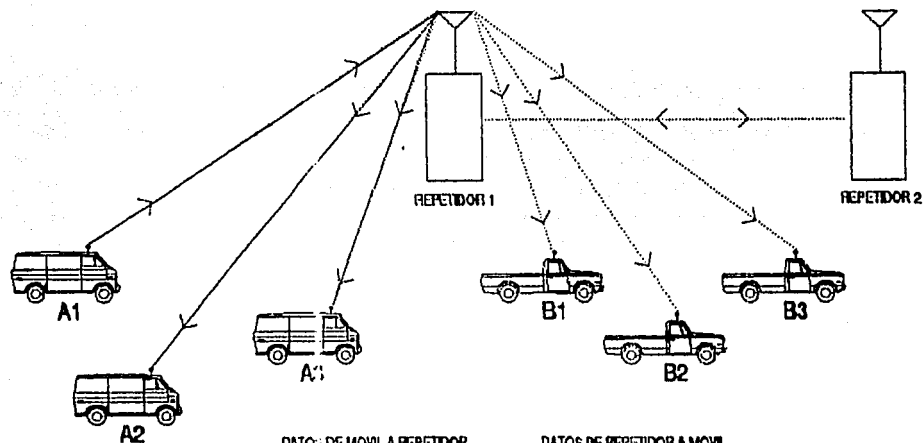
DATOS DE REPETIDOR A MOVIL

SINT.	R. PROPIO	ID	LIBRE
1	1	A	2

----- DATOS DE SEÑALAMIENTO

FIGURA 3.B.12

COMUNICACION ENTRE LOS MOVILES "A"



DATOS DE MOVIL A REPETIDOR

SINT.	ILPNOPIO	ID	LIBRE
1	1	A	-

DATOS DE REPETIDOR A MOVIL

SINT.	ILPNOPIO	ID	LIBRE
1	1	A	2

----- DATOS DE SEÑALAMIENTO

————— SEÑALAMIENTO DE VOZ Y DATOS

FIGURA 3.B.13

Si una unidad móvil del grupo "B" desea realizar una llamada mientras las unidades móviles del grupo "A" están hablando, figura 3.B.14. La unidad "B" irá hacia el canal libre, en este caso el canal 2, y mandará un tren de datos.

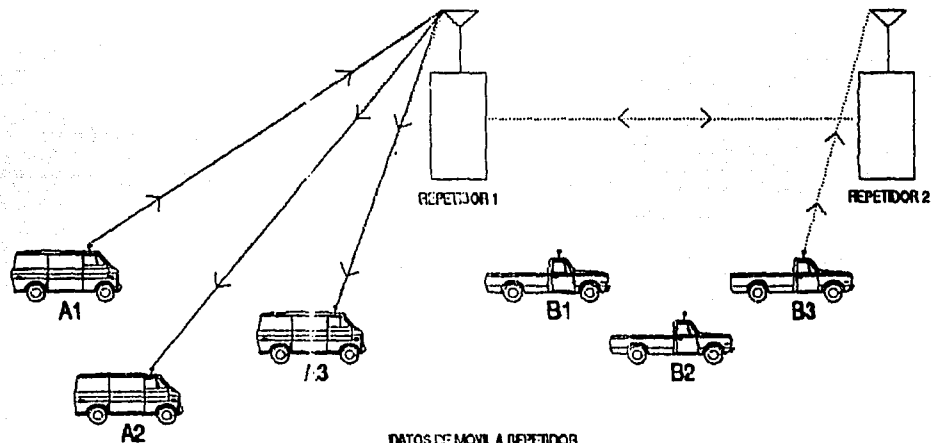
El repetidor 2 responde con su código de identificación (ID), la cual es "B", y su canal "propio" 1, figura 3.B.15. Las unidades móviles sintonizan en este caso el canal 2. El repetidor 2 reconoce que esta unidad móvil tiene el canal propio 1, así que también transmite el mensaje con el audio y la comunicación de datos del grupo "A".

El grupo de las unidades móviles "B" reconocen su código de identificación (ID) y responden sintonizando el canal 2 habilitando su audio, figura 3.B.16. El tiempo total de acceso para el sistema es de aproximadamente 0.3 segundos.

Si otros móviles en este sistema de dos canales trataran de acceder al sistema en este momento, no habría canal libre y la unidad lógica de la unidad móvil generaría un tono de ocupado. Este tono duraría hasta que un canal estuviera libre. Si la unidad móvil inicializadora no pudiera acceder al sistema en el primer tren de datos, automáticamente trataría repetidamente.

Después que se completa una transmisión, se transmite un código de "apagar" para eliminar el ruido recibido del tren de datos y además regresar las unidades móviles a su canal "propio".

SOLICITUD DEL CANAL POR EL MOVIL 'B3'



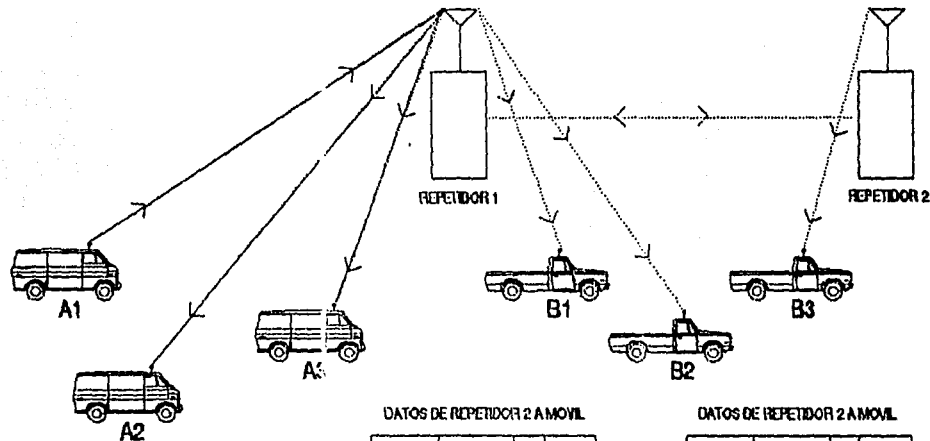
DATOS DE MOVIL A REPETIDOR

EN USO	EL PROPIO	ID	LIBRE
2	1	B	-

----- DATOS DE SEÑALAMIENTO
 ————— SEÑALAMIENTO DE VOZ Y DATOS

FIGURA 3.B.14

LOS MOVILES "B" SE ENLAZAN AL REPETIDOR 2



----- DATOS DE SEÑALAMIENTO
 ————— SEÑALAMIENTO DE VOZ Y DATOS

DATOS DE REPETIDOR 2 A MOVIL

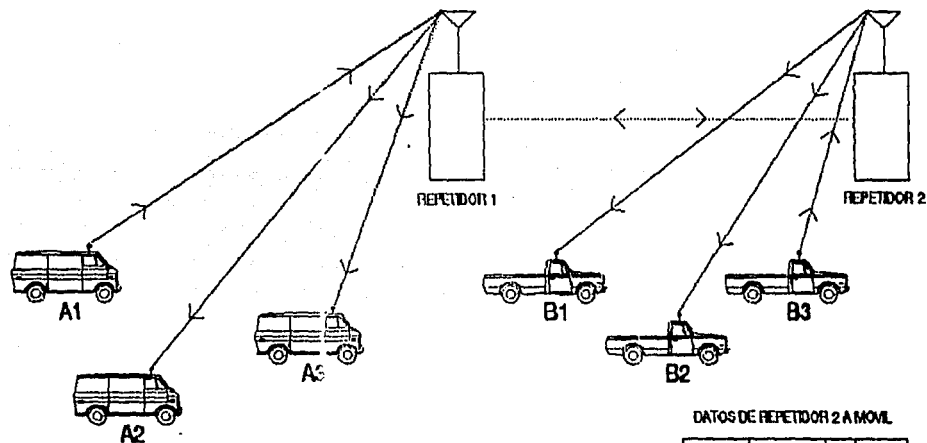
SINT.	R.PROPIO	ID	LIBRE
1	1	A	0
2	1	B	0

DATOS DE REPETIDOR 2 A MOVIL

SINT.	R.PROPIO	ID	LIBRE
2	1	B	0

FIGURA 3.B.15

COMUNICACION ENTRE LOS MOVILES 'B'



----- DATOS DE SEÑALAMIENTO
 ————— SEÑALAMIENTO DE VOZ Y DATOS

DATOS DE REPETIDOR 2 A MOVIL

SINT.	R.PROPIO	ID	LIBRE
2	1	B	0

DATOS DE MOVIL A REPETIDOR 2

EN USO	R.PROPIO	ID	LIBRE
2	1	B	-

FIGURA 3.B.16

C) ESPECIFICACION TECNICA PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA.

CANTIDAD DE EQUIPOS.

Estación central.

La estación central del sistema de comunicaciones utilizando portadoras compartidas, deberá proporcionar servicios de comunicación tipo: simplex y de telefonía full-dúplex, a través de la conexión de la estación central a una PABX, a equipos: bases, móviles y portátiles.

El sistema deberá tener una cobertura en un radio mínimo de: 25 Km, esto incluye la zona urbana y conurbana de la Ciudad de México.

La estación central del sistema deberá dimensionarse para manejar los siguientes tipos y cantidades de equipos:

- 1) 4 Equipos base con comunicación mixta: simplex y con acceso a la red telefónica pública.
- 2) 40 Equipos móviles con comunicación simplex, sin acceso a la red telefónica pública. Los equipos se distribuirán en 7 grupos (flotas).
- 3) 120 Equipos móviles con comunicación simplex, sin acceso a la red telefónica pública. Los equipos se distribuirán en los grupos del punto anterior. Los equipos se utilizarán como equipos tipo base.

- 4) 120 Equipos móviles con acceso a la red telefónica pública, los equipos se agruparán en (1) grupo (flota) independiente.
- 5) 25 Equipos móviles con comunicación mixta: simplex y con acceso a la red telefónica pública. Los equipos se distribuirán en los grupos (flotas) de los puntos No 2 y 3.
- 6) 240 Equipos portátiles con comunicación simplex sin acceso a la red telefónica pública. Los equipos se distribuirán en 9 grupos (flotas).
- 7) 25 Equipos portátiles con comunicación mixta: simplex y con acceso a la red privada. Los equipos se distribuirán en los grupos del punto No 5.

La estación central del sistema deberá equiparse con los canales de radiofrecuencia (R.F.) apropiados para manejar un tráfico proporcional al volumen de equipos indicados, con el grado de servicio especificado.

El sistema deberá operar en alguna de las bandas que para este tipo de servicio tiene designadas la Unión Internacional de Telecomunicaciones (U.I.T.) para la región en que se ubica México, además deberá estar autorizada por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.).

El sistema deberá incluir una computadora personal con los paquetes de instrucciones necesarios para controlar toda la operación, configuración y estadísticas del sistema.

CARACTERISTICAS DE OPERACION QUE DEBERAN CUMPLIR LOS EQUIPOS DE LA ESTACION CENTRAL DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES UTILIZANDO PORTADORAS COMPARTIDAS.

1. El sistema deberá ser dimensionado considerando la duración y la frecuencia de las llamadas, las cuales se indican en la tabla 3.C.1.

EQUIPO	No. LLAMADAS AL DIA P/EG.	DURACION PROMEDIO P/LLAMADA	No. DE TRANSMISIONES P/LLAMADA
PORTATIL	20	30 SEG	6
MOVIL	8	40 SEG	6
BASES	15	60 SEG	10
MOVIL (FULL DUPLEX)	4	6 MIN	NO APLICABLE

TABLA 3.C.1

Considerando que el 25% de estas llamadas se llevarán acabo en las horas pico y que la duración del proceso de llamada, desde la solicitud hasta el establecimiento exitoso de la misma, no deberá exceder de: 1 segundo.

Además, se deberá considerar para el dimensionamiento del sistema, una expansión a futuro del número de equipos en: 35% aproximadamente de los solicitados.

2. El sistema deberá permitir que los usuarios puedan agruparse como flotas o sub-flotas. Las flotas o sub-flotas podran estar formadas por equipos : portátiles y/o móviles y/o bases para comunicaciones del tipo: simplex y/o mixto. El (los) usuarios

podrán pertenecer a una o varias flotas o sub-flotas.

3. En condiciones normales de operación se deberá disponer de comunicación simplex entre los diferentes usuarios (portátiles, móviles o bases) sin la intervención de un operador.

Deberá presentarse como una alternativa opcional la interconexión a un conmutador telefónico de tecnología electromecánica o electrónica.

4. El sistema deberá venir equipado con las facilidades técnicas necesarias para ampliar la cobertura geográfica del sistema por medio de la adición (conexión) al sistema inicial de repetidores por medio de enlaces de interconexión por línea física o canal telefónico, o bien, con la facilidad de integrarse a otro sistema de características similares al especificado para comunicaciones del tipo: simplex o a la red telefónica en comunicaciones del tipo: full-dúplex.

5. El sistema deberá proporcionar los siguientes tipos de llamada:

- A. General del sistema.
- B. General de flota.
- C. General de sub-flota.
- D. Selectiva de una flota.
- E. Selectiva de una sub-flota.
- F. Privada entre los usuarios.
- G. A la red telefónica pública o privada.

6. El sistema deberá proporcionar la facilidad de poder modificar dinámicamente los agrupamientos (flotas, sub-flotas, etc.), así como, las prioridades de acceso de los equipos, desde la consola del operador del sistema, para de esta manera tener la

flexibilidad de atender situaciones de emergencia o extraordinarias.

7. El sistema deberá contar con una consola de control y supervisión, desde donde se deberá disponer de toda la información relativa al sistema: No. de usuarios, identificación, ubicación, cobertura, supervisión de la estación central, supervisión de los sistemas de alimentación, estadísticas de tráfico del sistema y facilidad de comunicación a todos los usuarios.
8. El equipo deberá proporcionar facilidades técnicas para ampliar el número de usuarios (portátiles y/o móviles y/o bases) de una flota o subflota sin modificar o interrumpir la operación del sistema, ni aumentar, en forma considerable el equipamiento de la estación central.
9. El sistema deberá venir equipado y proporcionar la facilidad para que, en caso de falla del controlador central del sistema los usuarios puedan comunicarse entre sí en forma similar a la de un repetidor y restablecerse a operación normal automáticamente, una vez corregida la falla en el controlador.
10. El equipo deberá contar con la facilidad para dar de alta o baja de operación en el sistema a los equipos en forma dinámica.
11. El sistema deberá contar con la facilidad de poder modificar en forma dinámica los tiempos de duración de una llamada en

los modos: simplex y full-dúplex.

12. El sistema, en sus partes vitales, deberá venir equipado en forma duplicada, con sistema de conmutación automática en caso de falla, de la(s) unidad(ades) en operación con respaldo.

Todas las partes que se ofrezcan con respaldo deberán presentarse como una forma opcional del sistema.

14. Durante la duración de una comunicación, el canal asignado inicialmente, deberá permanecer en la misma comunicación aún existiendo pequeñas interrupciones, siempre y cuando estas interrupciones no excedan de un límite previamente preestablecido en el sistema.

15. El equipo deberá permitir la inhibición de operación del sistema, en forma remota, de aquellos equipos (portátiles, móviles o bases) que se reporten como extraviados o robados.

16. La estación central deberá tener un nivel mínimo de recepción de 15 db arriba del umbral especificado en los equipos móviles (recepción), a fin de garantizar una comunicación confiable y clara.

17. El equipo deberá proporcionar la facilidad de comunicación del tipo: privada, esto es, dos usuarios podrán mantener una conversación totalmente privada. El resto de los equipos de esa flota o sub-flota no podrán escuchar dicha conversación.

18. El equipo deberá proporcionar la opción para que los usuarios prioritarios que se seleccionen desde la consola de control,

puedan acceder con prioridad, sobre los demás, el sistema aún interrumpiendo llamadas en proceso.

19. El equipo deberá venir equipado con las siguientes indicaciones visuales y/o audibles en el controlador central:

- A. Notificación en caso que el sistema este ocupado y/o saturado
- B. Notificación en caso de que este fuera de cobertura del sistema.
- C. Notificación en caso que el sistema este fuera de servicio.

20. El equipo deberá estar provisto para permitir al usuario que recibió una(s) llamada(s), mientras se encontraba ausente del vehículo o estación o etc, el poder comunicarse con aquellos usuarios que lo llamarán.

21. El sistema deberá tener la facilidad de programar, desde la consola de control, la prioridad de acceso de los usuarios (portátiles, móviles y bases), al sistema. Esto significa que aquellos usuarios con menor prioridad que otros, cuando su solicitud de acceso al sistema sea rechazada, deberán formarse en una fila de espera, mientras que los usuarios con mayor prioridad, podrán saltarse esta fila o disminuir la espera de acceso.

22. El sistema deberá permitir la transmisión o recepción de llamadas hacia/de la red telefónica pública urbana en forma automática y en modo bidireccional (full-dúplex), sin la intervención de alguna operadora, y solo en aquellos equipos autoriza-

dos para ello.

23. El sistema deberá contar con facilidades para indicar al usuario, en forma visual, que el canal solicitado le ha sido asignado.

D) CONSIDERACIONES CONCEPTOS Y CALCULO DE TRAFICO.

PROBABILIDAD DE BLOQUEO Y DURACION PROMEDIO DEL MENSAJE.

La industria telefónica ha desarrollado una elaborada teoría sobre troncales y ha provisto numerosas curvas generalizadas de las cuales se puede predecir el funcionamiento de sistemas particulares.

La gráfica 3.D.1 es un ejemplo de las curvas de Erlang C. La gráfica incluye tres parámetros, que son los siguientes:

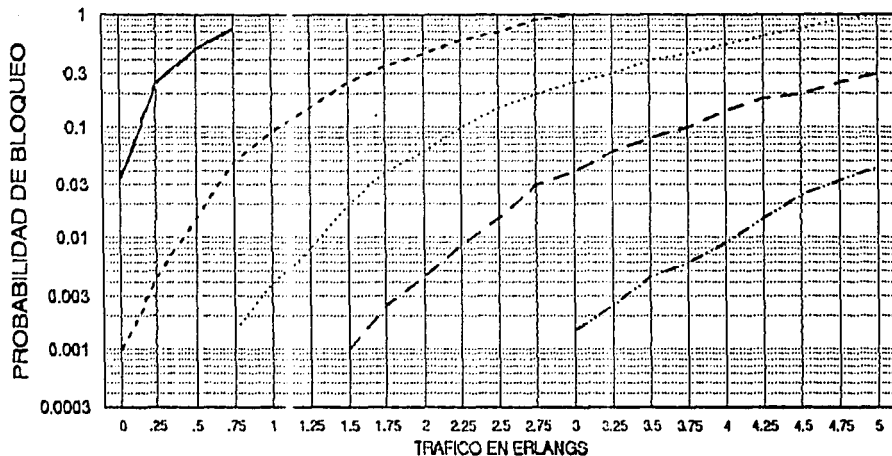
- C, el número de canales en el sistema troncalizado.
- E, el tráfico total por hora, expresado en Erlangs. Un canal cargado el 100% del tiempo (3600 segundos por hora) lleva un Erlang de tráfico. Un canal cargado el 50% lleva 1/2 Erlang etc.
- P, (bloqueo), la probabilidad de que ningún canal este disponible en cualquier instante.

En la gráfica 3.D.1, por ejemplo, un suscriptor a un sistema de cinco canales cargado con dos Erlangs de tráfico encuentra una probabilidad de 0.06 de estar bloqueado. Dicho de otra forma, la probabilidad de que el suscriptor encuentre un canal disponible en el primer intento es:

$$P(\text{acceso}) = 1 - 0.06 = 0.94 \quad \text{---(1)}$$

Así conseguiremos un canal en el primer intento el 94% del tiempo.

CURVAS DE ERLANG C



Note en la gráfica 3.D.1 que un sistema de cinco canales cargado con cinco Erlangs esta bloqueado el 100% del tiempo. Además note la diferencia entre la carga de un sistema y la calidad del servicio: para poner más suscriptores en el sistema, debe considerarse más probabilidad de bloqueo.

La gráfica 3.D.1 muestra que este objetivo puede ser conocido. Por ejemplo si se mantiene la misma proporción de bloqueo en un sistema troncalizado como en un sistema similar no troncalizado.

Considerando un solo canal que esta ocupado el 30% del tiempo, la probabilidad de bloqueo es:

$$P(\text{bloqueo}) = 0.3 \quad \text{---- (2)}$$

$$E = 0.3 \text{ Erlangs} \quad \text{---- (3)}$$

En un sistema de cinco canales con la misma proporción de bloqueo,

$$P(\text{bloqueo}) = 0.3 \quad \text{---- (4)}$$

$$E = 3.2 \text{ Erlangs} \quad \text{---- (5)}$$

$$E/\text{canal} = 3.2/5 = 0.64 \text{ Erlangs por canal} \quad \text{---- (6)}$$

La ecuación (6) puede ser dividida por la ecuación (3) para mostrar que un sistema troncalizado de cinco canales puede soportar $0.64/0.3 = 2.13$ veces más tráfico que un sistema convencional con cinco canales dedicados. Esto se traduce directamente a 2.13 veces más radios móviles con el mismo número de canales de RF.

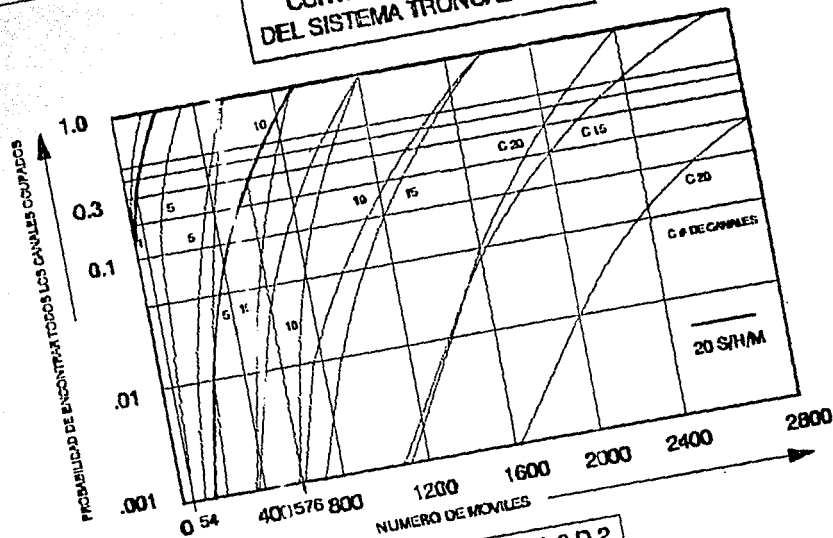
Es apropiado mencionar aquí que el tráfico normalmente es máximo

a ciertas horas del día, y es durante estos periodos donde ocurre la proporción más alta de bloqueo. La hora más ocupada durante un día normal es llamada la hora pico, y los sistemas troncalizados son diseñados normalmente usando la hora pico como un criterio para el peor caso.

Para proveer más determinación directa de la eficiencia del Trunking para sistemas de radio móvil, las curvas de la gráfica 3.D.2 fueron derivadas de las curvas de Erlang C. El parámetro de tráfico es expresado en unidades de tráfico por hora por móvil en lugar de Erlangs, y la gráfica resultante es una familia de curvas las cuales muestran la probabilidad de bloqueo contra el número de unidades móviles en varios sistemas dimensionados.

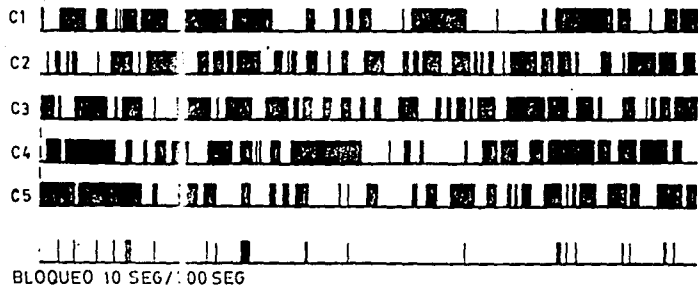
La gráfica 3.D.3 representa el tráfico en un sistema troncalizado de cinco canales. Los canales representados están cargados aproximadamente el 50%, lo que significa que los canales estén ocupados por un portador el 50% del tiempo. El área oscura representa el tiempo en uso del repetidor, cuando ocurre el bloqueo. Si los canales no estuvieran troncalizados solo un canal estuviera disponible al usuario, como es en el caso de un repetidor de uso común, el usuario solo tendría un 50% de obtener un canal en cualquier instante. Sin embargo, si al usuario se le permite seleccionar un canal libre, la probabilidad de que se le sea negado el acceso o ser bloqueado en cualquier instante se reduce considerablemente. La gráfica 3.D.4 ilustra esto para un porcentaje dado de tiempo de carga, las probabilidades de bloqueo se reducen conforme el número de canales troncalizados se incrementa.

CURVAS DE BLOQUEO DEL SISTEMA TRONCALIZADO

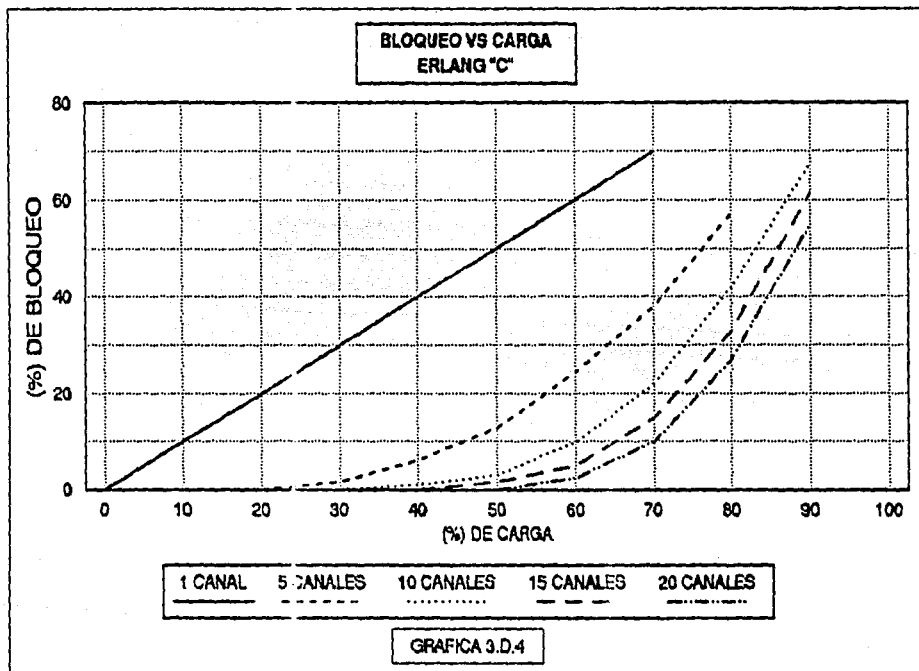


GRAFICA 3.D.2

PRCBABILIDAD DE BLOQUEO



GRAFICA 3.D.3



Es claro que un sistema de diez canales troncalizados disminuye más la probabilidad de bloqueo y provee una mayor calidad del nivel de servicio que un sistema de diez canales independientes.

Cualquier proyección que se haga sobre la capacidad del sistema, dependerá básicamente de las consideraciones que se asuman sobre el tráfico de mensajes.

Por ejemplo, se consideran como valores típicos, los siguientes: el tráfico de mensajes que genera cada usuario en las horas pico del día, es de 0.005 Erlangs. Esto corresponde a 1.9 mensajes por móvil por hora con una duración promedio de 15 segundos.

Un mensaje típico comprende 4 transmisiones de 2.5 segundos promedio de duración con 2.0 segundos de "pausa" entre cada uno.

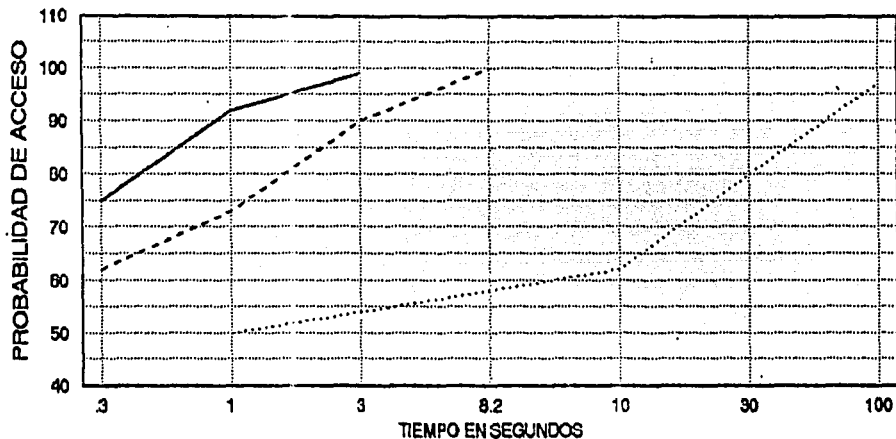
La gráfica 3.D.5 ilustra en forma gráfica la probabilidad de acceso al sistema troncalizado empleando los datos de arriba indicados en un modelo de distribución exponencial negativo y de distribución normal.

En esta gráfica se representan tres configuraciones de sistema.

- Repetidor de un solo canal con 60 móviles.
- Sistema troncalizado de 5 canales con 90 móviles por canal, 450 móviles en total.
- Sistema troncalizado de 20 canales con 100 móviles por canal, 2000 móviles en total.

Se considera que estos son los niveles razonablemente más altos de carga por canal.

PROBABILIDAD DE ACCESO DURANTE HORAS PICO



SISTEMA TRONCALIZADO
20 CANALES 2000 MOVILES

SISTEMA TRONCALIZADO
5 CANALES 450 MOVILES

REPETIDOR
1 CANAL 60 MOVILES

GRAFICA 3.D.5

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

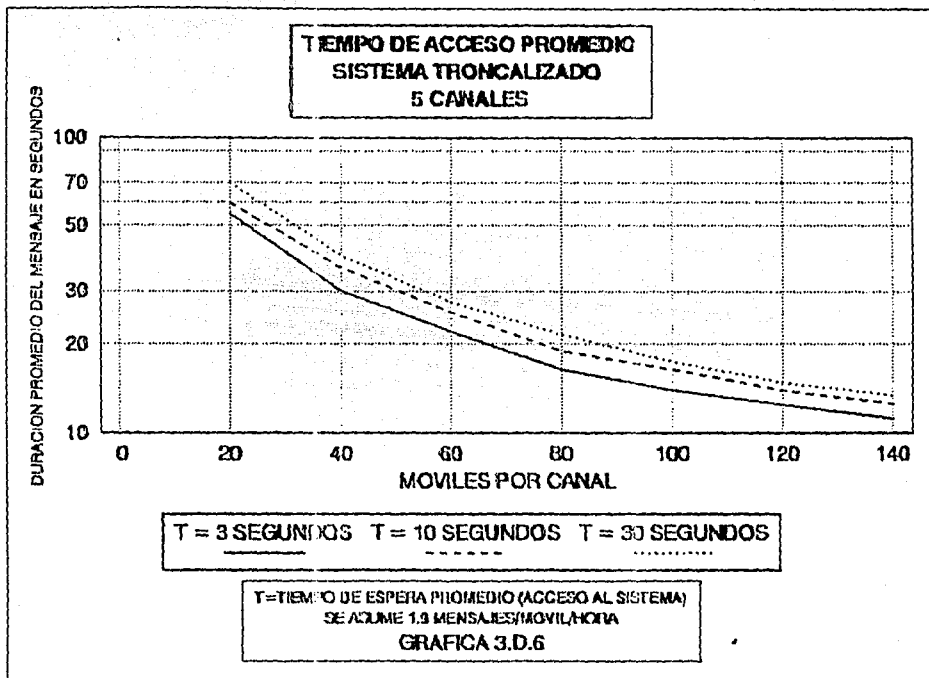
Para el sistema repetidor de un solo canal, el 50% de los usuarios tiene acceso inmediato y el 50% queda bloqueado. 20% de estos usuarios tendrá que esperar más de 30 segundos.

Como se puede observar, los sistemas troncalizados pueden manejar más unidades por canal y aún así proporcionar un tiempo mucho más corto de acceso. También se puede ver que sistemas troncalizados más grandes son más eficientes que los sistemas pequeños.

En la gráfica 3.D.5 se consideró una duración promedio del mensaje de 15 segundos; sin embargo, es interesante ver que sucede con el tiempo de acceso al sistema, cuando se incrementa la duración promedio del mensaje.

Esto se ilustra en la gráfica 3.D.6 para lo cual se considera un sistema troncalizado de 5 canales. Con 90 móviles por canal y una duración promedio del mensaje de 15 segundos, el tiempo promedio de acceso durante las horas pico es de aproximadamente de 3 segundos. Obsérvese sin embargo, que si la duración del mensaje se incrementará a 30 segundos; un incremento del 33% en la longitud del mensaje causa que el tiempo de acceso se incremente en 10 veces. En este caso, el número de móviles por canal probablemente tendría que reducirse a 65 aproximadamente, para mantener un grado de servicio aceptable.

Los sistemas troncalizados a menudo son caracterizados en términos del tiempo de retardo para acceder un canal. Las probabilidades de retardo calculadas dependen de dos hipótesis: la duración promedio de la transmisión y la distribución estadística



tica de la duración de los mensajes. Las estadísticas obtenidas por el Instituto de Investigación de Stanford bajo contrato de la FCC RC 10056 apoyan que el promedio de la duración razonable y efectiva de la transmisión es de 5 segundos.

Usando una duración de transmisión de 5 segundos y una distribución exponencial, los retardos de acceso fueron calculados y graficados en la grafica 3.D.7.

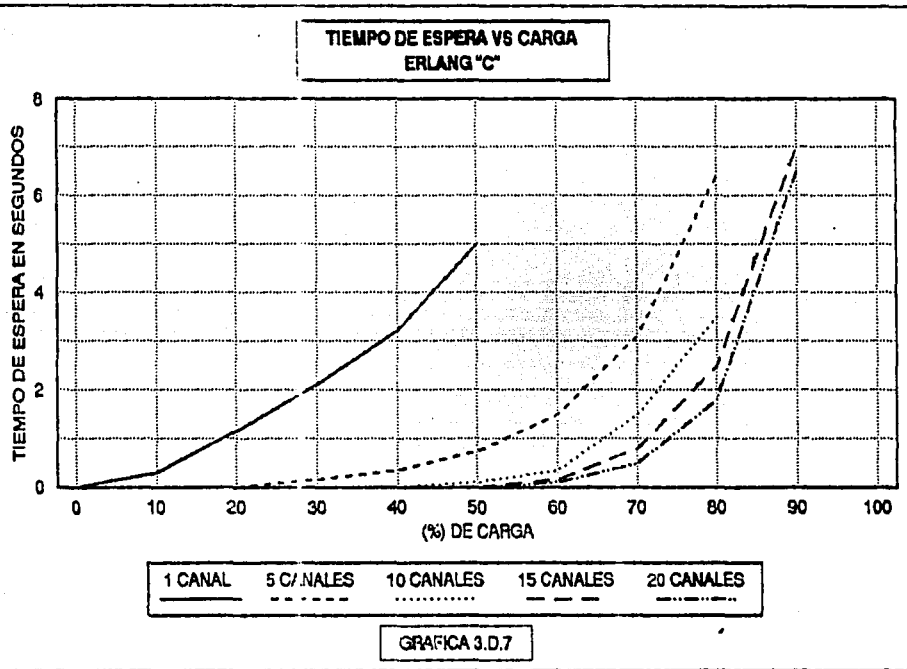
Recientemente estudios de tráfico en comunicaciones, hechos y grabados, mostrarán que un promedio de la duración de un mensaje despachado fue de 15 segundos bajo condiciones de no interferencia.

En presencia de interferencia a causa de un co-canal, un mensaje de 15 segundos tomó de 50 a 90 segundos para ser completado o finalmente ser abandonado para un nuevo intento.

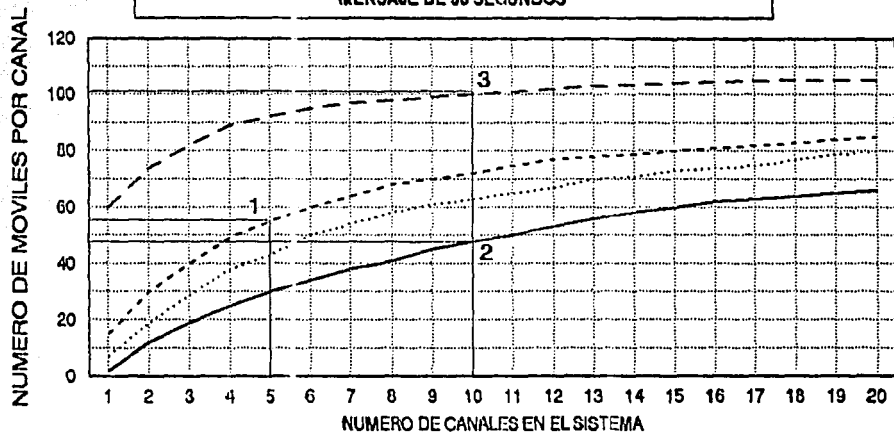
Las siguientes curvas de probabilidad de acceso al canal fueron basadas en la teoría del Trunking desarrollada por el sistema troncal más grande que existe, AT&T. Otras dos condiciones más son aplicadas:

- 1.- Se asume que el mensaje despachado es de 30 segundos, en lugar del promedio de 15 segundos antes mencionado.
- 2.- El usuario se trata de comunicar durante el periodo pico de tráfico.

Veamos el punto 1 de la grafica 3.D.8. Lo que nos dice es que un sistema troncalizado de 5 canales con 55 móviles por canal (275



PROBABILIDAD TEORICA DE ACCESO AL CANAL DURANTE
LA HORA PICO DE TRAFICO CON UNA DURACION DEL
MENSAJE DE 30 SEGUNDOS



2.- 99% DE ACCESO

4.- 95% DE ACCESO

1.- 90% DE ACCESO

3.- 50% DE ACCESO

GRAFICA 3.D.8

móviles en total) le da al usuario un 90% de acceder un canal en el primer intento durante el periodo pico de tráfico, con la duración promedio del mensaje de 30 segundos. Entonces, cuando se está fuera del periodo pico, la probabilidad de acceder el canal en el primer intento se incrementa significativamente para cualquier curva de probabilidad mostrada.

El punto 2 ilustra que un usuario en un sistema troncalizado de 10 canales con 48 móviles por canal (480 móviles en total) tiene un 99% de posibilidades de acceder un canal en el primer intento con una duración del mensaje de 30 segundos en el periodo pico de tráfico.

El punto 3 muestra lo que pasa en un sistema troncalizado de 10 canales cuando está cargado con 101 móviles por canal (1010 móviles en total) bajo las mismas condiciones de la duración del mensaje en el periodo pico. La probabilidad de acceder un canal en el primer intento es del 50%.

El otro 50% del tiempo es cuando el usuario volverá a tratar de llamar.

Estas curvas están basadas en una vieja teoría e hipótesis razonablemente conservadoras. El uso de estas curvas es solamente para darse una idea de que tan rápido es el acceso al canal, el cual no será el mismo para cada caso en particular.

COMPARACION ENTRE UN SISTEMA TRONCALIZADO Y UN SISTEMA
NO-TRONCALIZADO EN LA BANDA DE 800 MHZ.

Diez repetidores de radio móvil de 800 Mhz situados en la Torre Sears, Chicago Illinois, fueron monitoreados con un graficador el 8 de Mayo de 1980, desde las 7:22 AM hasta las 4:40 PM. Cinco de los diez canales grabados comprende un sistema troncalizado, mientras que los otros cinco son repetidores compartidos convencionales. De los datos reunidos, se efectuaron varias comparaciones y el resumen es el siguiente.

Todos los repetidores se mantuvieron activos 7.0 segundos después de la transmisión final en una conversación.

Adicionalmente, el sistema troncalizado requirió de un tiempo de señalación de 2.2 segundos al comienzo de cada conversación.

Estos tiempos fueron incluidos en todos los datos presentados. El sistema troncalizado dió servicio a 303 unidades suscriptoras distribuidas en 88 firmas empleadas en una gran variedad de negocios.

Los datos fueron grabados en 12 canales con un grabador de eventos Esterline-Angus, con diez canales indicando la actividad de los repetidores. Adicionalmente, un canal fue conectado para indicar los periodos en el cual todos los canales del sistema troncalizado estuvieran ocupados, y otro canal fue conectado para indicar la actividad en cada uno de los repetidores compartidos, usando arreglos de lógica OR. (En el sistema troncalizado, el

bloqueo potencial ocurre solo cuando todos los canales están ocupados, mientras que en los repetidores compartidos, algunos usuarios están potencialmente bloqueados siempre que cualquier canal esté activo.)

Resultados

3831 conversaciones fueron tomadas en 9.3 horas de tiempo continuo. 1728 de las conversaciones fueron en el sistema troncalizado, y 2103 fueron en los repetidores compartidos.

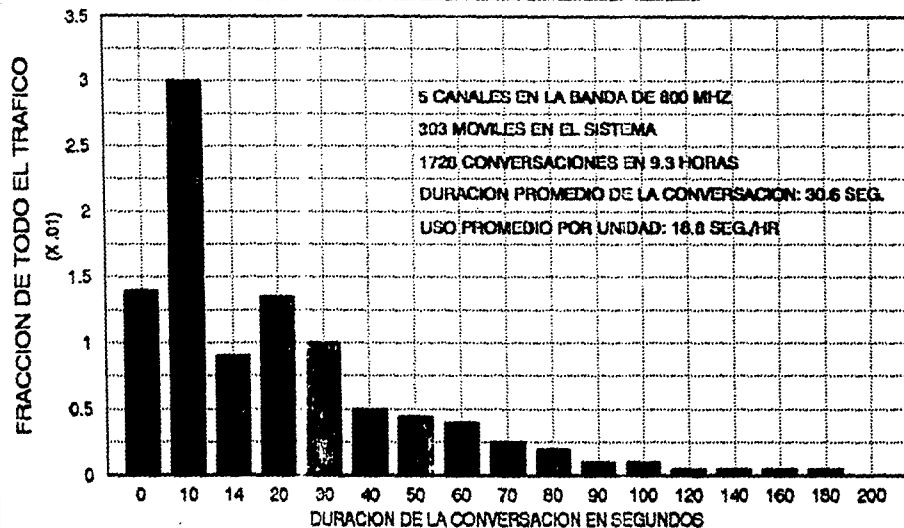
Los datos fueron cuantificados y graficados en los histogramas (gráficas 3.D.9 y 3.D.10), las cuales muestran las distribuciones de la duración de las conversaciones para los dos sistemas. El valor medio de cada rango de cuantificación fue utilizado para estimar la duración promedio de las conversaciones.

Promedio de la conversación troncalizada	30.6 segundos
Promedio de la conversación no-troncalizada	28.0 segundos

La diferencia entre estos dos valores es esencialmente equivalente a el tiempo de señalización de 2 segundos requerido por el sistema troncalizado. Como es evidente en los histogramas, la distribución de la duración de las conversaciones es casi idéntica para los dos tipos de servicio, y la especulación que las conversaciones serían inherentemente mayor en un sistema troncalizado no es sostenida por este estudio.

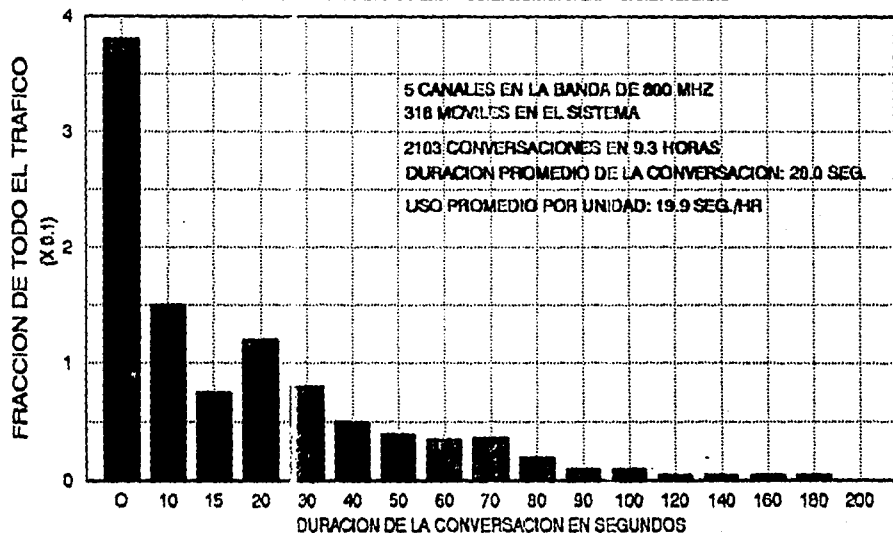
El "indicador de bloqueo" en los eventos grabados estuvo activo

DISTRIBUCION DE LA DURACION DE LA CONVERSACION EN SISTEMAS TRONCALIZADOS



GRAFICA 3.D.9

DISTRIBUCION DE LA DURACION DE LA CONVERSACION EN REPETIDORES COMPARTIDOS



GRAFICA 3.D.10

424 segundos en 9.3 horas para el sistema troncalizado, indicando un bloqueo potencial menor que el 1.3% del tiempo aunque cada canal en el sistema estuvo activo alrededor del 32% del tiempo.

En el sistema no-troncalizado, donde cada canal estuvo activo aproximadamente el 35% del tiempo, la proporción del bloqueo potencial fue del 35%.

El uso por hora por unidad suscriptora fue aproximadamente de:

18.8 segundos/hora para las unidades troncalizadas
y 19.9 segundos/hora para las unidades no-troncalizadas

Esto es aproximadamente 20 segundos de uso por hora por móvil que puede ser usado para estimar las ventajas de carga de un sistema troncalizado. Por ejemplo, suponga que un sistema está diseñado para proveer no más que un 30% de que sea bloqueado durante la hora pico. De la figura 3.D.2, un sistema de un canal puede soportar 54 móviles a esta proporción de bloqueo, mientras que un sistema troncalizado de cinco canales puede soportar 576 móviles por canal.

Esta diferencia representa un incremento en la eficiencia de la utilización del espectro de:

$$\left(\frac{115 - 54}{54} \right) \times 100 = 113\%$$

CONCEPTOS DE TRAFICO.

LLamadas Borradas Perdidas: Se supone que las llamadas que no son atendidas inmediatamente en el primer intento son borradas del sistema y no reaparecen durante el periodo en consideración.

Usada en la ecuación de probabilidad de pérdida Erlang B.

LLamadas Retrasadas Perdidas: Se supone que las llamadas que no son atendidas inmediatamente se mantienen en el sistema hasta que son atendidas.

Usada en la ecuación de probabilidad de retraso Erlang C.

LLamadas Guardadas Perdidas: Se supone que las llamadas que no son atendidas inmediatamente en el primer intento se mantienen en el sistema por un periodo que no exceda el tiempo promedio de posesión de todas las llamadas y después de esto son borradas del sistema.

Usada en la ecuación de probabilidad de pérdida de Poisson.

Hora Pico: Es el periodo continuo de una hora el cual tiene la máxima intensidad de tráfico promedio.

LLamada en la Hora-Pico (LLHP): Es una unidad Europea de la intensidad de llamadas. Una LLHP es una llamada durante la hora pico.

LLamada: Es la ocupación de un sendero de tráfico.

Concentración de Llamada: Es la proporción promedio de llamadas durante la hora pico (LLHP) que se hacen durante el día.

Llamada-Hora (LLh): Es una unidad de la cantidad de tráfico. Una LLh es la cantidad representada por una o dos llamadas que tienen una duración en total de 1 hora. $1 \text{ LLh} : 36 \text{ ccs} : 60 \text{ LLmin} : 3600 \text{ LLs}$.

Llamada-Minuto (LLmin): Es una unidad de la cantidad de tráfico. Una LLmin es la cantidad representada por una o más llamadas que tienen una duración en total de un minuto. Ver Llamada-Hora

Llamada-Segundo (LLs): Es una unidad de la cantidad de tráfico. Una LLs es la cantidad representada por una o más llamadas que tienen una duración en total de 1 segundo. Ver Llamada-Hora

ccs: Es una unidad de la cantidad de tráfico. Una ccs es la cantidad representada por una llamada de 100-segundos o por 100 llamadas-segundo de tráfico. Ver Llamada-Hora

Llamada Igualada en la Hora-Pico (LLIHP): Es una unidad Europea de la intensidad de tráfico. Una LLIHP es el promedio de la intensidad en uno o más senderos de tráfico ocupados en la hora pico por una llamada de 2 minutos o por una duración en total de dos minutos. $30 \text{ LLIHP} : 1 \text{E}$ (numéricamente).

Grupo de Disponibilidad Completa: Es un grupo de troncales o circuitos de tráfico en los cuales cada circuito esta accesible a todas las fuentes de tráfico.

Fuentes Infinitas: Se supone que el número de fuentes que ofrece tráfico a un grupo de troncales o circuitos es grande en comparación con el número de circuitos. Una proporción de diez es

considerada usualmente como infinita.

Fuentes Limitadas: Se supone que el número de fuentes que ofrecen tráfico a un grupo de troncales o circuitos no exceden el número especificado.

Proporción de Llamadas: Es la intensidad de llamadas por sendero de tráfico durante la hora pico.

Intensidad de Llamada: Es el número de llamadas en un grupo de senderos de tráfico por unidad de tiempo.

Erlang (E): Es la unidad internacional adimensional de la intensidad de tráfico. Un E es la intensidad en un sendero de tráfico que está continuamente ocupado, o en uno o más senderos llevando un tráfico en total de 1 llamada-hora por hora, 1 llamada-minuto por minuto, etc.

Grado de Servicio: Es una medida de la probabilidad que, durante un período específico de tráfico pico, una llamada que se solicita a un grupo de troncales o circuitos, no encontrará en el primer intento un circuito disponible.

Usualmente se aplica en la hora pico de tráfico.

Tiempo de Posesión: Es la duración de la ocupación, por una llamada, de un sendero de tráfico.

Algunas veces se usa para indicar la duración promedio de ocupación de las llamadas hechas en uno o más senderos.

Ocupación: Es la intensidad de tráfico en uno o más senderos de tráfico. 100% de ocupación de un sendero = 1E.

Concentración de Tráfico: Es la proporción promedio de la cantidad de tráfico durante la hora pico hasta la cantidad de tráfico durante el día.

Carga de Tráfico: Ver intensidad de tráfico.

Densidad de Tráfico: Ver intensidad de tráfico.

Flujo de Tráfico: Ver intensidad de tráfico.

Intensidad de Tráfico: Es la cantidad de tráfico en uno o más senderos de tráfico por unidad de tiempo.

Sendero de Tráfico: Es un canal, lapso de tiempo, banda de frecuencia, línea, troncal, interruptor, o circuito sobre el cual las comunicaciones individuales pasan en secuencia.

Cantidad de Tráfico: Es el tiempo de ocupación de uno o más senderos de tráfico.

Proporción de Tráfico: Es la intensidad de tráfico por sendero de tráfico durante la hora pico.

Unidad de Tráfico (UT): Es una unidad de intensidad de tráfico.

Una UT es el promedio de la intensidad en uno o más senderos de tráfico llevando un tráfico en total de 1 llamada-hora en una hora (la hora pico a menos que se especifique de otro modo).

1 UT = 1E (numéricamente).

Unidad de Llamada (ULL): Es una unidad de intensidad de tráfico.

Una ULL es el promedio de la intensidad en uno o más senderos de

tráfico ocupados durante una hora por una llamada de 100-segundos, o por una duración en total de 100 segundos. 36 ULL = 1E.

UNIDADES DE TRAFICO Y SU RELACION.

En la terminología de Tráfico, en el contexto de las comunicaciones, dos expresiones de uso común causan confusión y desentendimiento, "cantidad de tráfico" e "intensidad de tráfico".

CANTIDAD DE TRAFICO

La "cantidad de tráfico" es el tiempo de ocupación de un sendero o grupos de senderos de tráfico. Esta expresado en horas (más a menudo, llamadas-hora), minutos, o segundos y no se refiere a cualquier período de tiempo en particular. La dimensión de la unidad de la cantidad de tráfico es t .

Una expresión más práctica, derivada de la definición de arriba, es usada en algunos documentos en E.U., es decir, la ccs, definida (estrictamente) por:

1 ccs = a una llamada de 100-segundos o 100 llamada-segundos de tráfico.

Además 1 llamada-hora = 36 ccs (estrictamente).

INTENSIDAD DE LLAMADA

La expresión "llamada en la hora-pico" (LLHP), de uso común en Europa, significa una llamada de una duración no especificada en la hora pico y no es una medida de la "cantidad de tráfico". Su dimensión es t^{-1} .

INTENSIDAD DE TRAFICO

La medida de la intensidad de tráfico (algunas veces llamada densidad de tráfico, carga de tráfico, flujo de tráfico, o solamente tráfico) es la cantidad de tráfico en un sendero o grupo de senderos de tráfico por unidad de tiempo. Esta expresado en Erlangs (E) o unidades de tráfico (UT), definido por:

$1 E = 1 UT = 1 \text{ llamada-hora por hora} = 1 \text{ llamada-minuto por minuto, etc.}$

La unidad de intensidad de tráfico es solamente un número, una proporción sin dimensión. Un Erlang de intensidad de tráfico en un sendero de tráfico significa una ocupación continua de ese sendero, independientemente de la duración de esa ocupación. El Erlang fue adoptado en 1946 por la CCIF (ahora la CCITT) como la unidad internacional de la intensidad de tráfico.

Otra expresión de uso común en Europa, es la "llamada igualada en la hora-pico" (LLIHP), la cual se define como la intensidad de tráfico promedio en la hora pico resultando de una llamada de 2-minutos o de varias llamadas que tienen una duración de 2 minutos.

En los E.U. la unidad aceptada de la intensidad de tráfico es la "ccs por hora" o la "unidad de llamada" (ULL). Sin embargo, algunas tablas usan la ccs para indicar la intensidad "ccs por hora" en lugar de la cantidad de unidades de 100-llamada-segundo que literalmente quiere decir esta expresión. Aunque no tiene connotación inherente de la intensidad de tráfico, su uso en ese

sentido debe ser aceptado como práctica convencional.

1 E = 36 ULL = 36 ces por hora (estrictamente) = 36 ces (convencionalmente).

Solo la LLHP tiene cualquier connotación inherente de la hora pico, o de cualquier intervalo de tiempo particular. Pero la UT, la cual es usada por la Oficina Postal Británica y por la mayoría de las administraciones Europeas, tiene una asociación con la hora pico, aménos que se especifique de otro modo.

El uso del término "tráfico" para indicar "intensidad de tráfico" es despreciado.

AMBIGÜEDAD DE "ces"

El uso dual de la unidad ces en la práctica Americana ha sido explicada como sigue:

"La intensidad de tráfico puede ser expresada además en 'ces por hora' y muchas tablas de ingeniería estan dadas en estas unidades.

La relación para el 'Erlang' es: 1 erlang = 36 ces por hora."

"En la práctica de ingeniería, las unidades de 'cientos de llamadas por hora' son amenudo abreviadas 'ces', con el 'por hora' implicita pero no especificado."

En la tabla 3.D.1 se resumen las unidades de tráfico.

UNIDADES DE TRAFICO

TABLA 3.D.1.

TERMINO	UNIDAD	ABREVIACION	DIMENSION
Hora Pico	Hora	HP	t
Llamada	Llamada	C	ninguna
Intensidad de llamada	Llamada/hora, etc.	C/h, LLHP *	t ⁻¹
Tiempo de Posesión	Minuto, segundo, etc.	min, s	t
Tráfico (cantidad): 1 LLh: 60 min = 3600 LLs = 36 ccs	Llamada-hora Llamada-minuto Llamada-segundo Cien llamada-segundos	LLh LLmin LLs ccs	t t t t
Intensidad de tráfico: 1E = 1 UT @ = 30 LLHP * = 36 ccs/h ! = 36 LL = 60 LLmin/h = 3600 LLs/h	Erlang Unidad de tráfico Llamadas igualadas en la hora pico Unidad de llamada	E UT @ LLHP ULL	ninguna ninguna ninguna ninguna

* Aplicado solamente en la hora pico.

@ Implícito "en la hora pico", a menos que sea especificado de otra forma.

! A menudo se abrevia "ccs", con el "por hora" implícito.

GRADO DE SERVICIO

El "grado de servicio" total de un sistema de conmutación se refiere a la proporción anticipada de llamadas "perdidas" en el primer intento del número total de intentos para establecer una conexión a través del sistema durante un periodo de tiempo especificado, usualmente la hora pico. Los grados de servicio contri-buidos por cada interruptor, red de conmutación, o grupo troncal son sumados usualmente para llegar al grado de servicio total.

El grado de servicio provisto por un grupo particular de troncales o circuitos de un tamaño específico y llevando una intensidad de tráfico especificada, o la probabilidad de que una llamada ofrecida al grupo encontrara ocupados todos los troncales disponibles, depende de un número de factores, de los cuales los más importantes son los que siguen:

- (A) La distribución del tráfico ofrecido en tiempo y duración; por ejemplo, la llegada aleatoria o periódica, y la distribución del tiempo de posesión, constante o exponencial.
- (B) El número de fuentes de tráfico; por ejemplo, alto ("infinito") o limitado.
- (C) La disponibilidad del grupo de troncales para las fuentes de tráfico; por ejemplo, disponibilidad completa o acceso restringido.
- (D) Las condiciones bajo las cuales las llamadas son "perdidas" o bloqueadas (ver las definiciones).

CONSIDERACIONES PARA EL CALCULO DE TRAFICO.

Los cálculos de Erlang C son usados en el siguiente analisis de tráfico del sistema de Portadoras Compartidas para la Ciudad de México.

Se hacen una serie de consideraciones en el cálculo del tráfico Erlang C.

- Fuentes infinitas
- Pérdidas por retardo de llamadas
- Tiempo de posesión exponencial
- Llamadas servidas en orden de llegada

El Erlang se considera la unidad de intensidad de tráfico e indica el promedio en volumen de tráfico por troncal y por hora.

El tiempo de posesión es definido como el periodo de tiempo durante el cual un servidor esta continuamente ocupando un canal sencillo.

Generalmente el tiempo de posesión incluye:

- El tiempo requerido para establecer una llamada
- El tiempo de conversación
- El tiempo requerido para desconectarse

El tiempo de posesión promedio usado para los calculos se obtiene de estudios elaborados previamente.

Ocorre un bloqueo cuando se genera una demanda de servicio

y todas las troncales están ocupadas. En un sistema troncalizado, todas las llamadas bloqueadas se integran según el orden de llegada, generándose con ello un retardo de tiempo.

El promedio del tiempo de retardo incluido en las tablas adjuntas representa el promedio del tiempo de retardo de todas las llamadas formadas.

El grado de servicio, o la probabilidad de retardo, indica la fracción de las llamadas fallidas para recibir servicio inmediato.

Es recomendable un grado de servicio de 5% o 0.05, indicando que el 5% de las llamadas hechas durante las horas de ocupación son retardadas. El promedio del tiempo de posesión es mantenido constante, y el número de canales de voz es variable.

El número de canales propuestos para el sistema de la Ciudad de México está basado en los cálculos, datos y suposiciones hechas que se muestran a continuación.

De las especificaciones de Petróleos Mexicanos:

El proyecto para el sistema troncalizado en la Ciudad de México especifica que la infraestructura debe estar diseñada para manejar 400 radios sin acceso telefónico y 174 con interconexión telefónica.

El 25% del total de las llamadas son en la hora pico.

El grado de servicio mínimo requerido es:

5% para despacho de radio

15% para tráfico telefónico (full-duplex)

Duración promedio del mensaje:

30 segundos para despacho de radio por unidad.

160 segundos para tráfico telefónico por unidad.

Para el tráfico de despacho de radio, no obstante que la duración promedio de cada mensaje fue de 30 segundos, después de pláticas con personal de Petróleos Mexicanos se asumió que la duración promedio de llamada en las horas pico es de 15 segundos. Esto supone que no todos los radios iniciarán una conversación en las horas pico. El tiempo de conversación de 15 segundos es razonable y cercano a los datos disponibles en sistemas troncalizados.

Los datos fueron supuestos para las horas pico.

En base a la información anterior, los cálculos de tráfico fueron hechos usando estadísticas basadas en las tablas de Erlang C.

Este método de cálculo asume que hay un número infinito de fuentes, que las pérdidas de llamada son demoradas, que existe un tiempo de acceso o espera exponencial y que todas las llamadas son procesadas en el orden de llegada o petición. Con este método de cálculo, la información proporcionada por Petróleos Mexicanos y las suposiciones establecidas proporcionarán un modelo viable para el cálculo de los canales requeridos para una óptima operación del sistema.

ESPECIFICACIONES DEL NUMERO Y TIPO DE EQUIPO QUE PETROLEOS MEXICANOS REQUIERE.

El número y tipo de equipo que se muestra en el cuadro 3.D.1 es el que Petróleos Mexicanos requiere de acuerdo con las especificaciones que se mostrarán en el capítulo III.C.

CUADRO 3.D.1

TIPO DE EQUIPO		Nº DE EQUIPOS	Nº DE LLAMADAS AL DIA POR EQ.	TOTAL DE LLAMADAS AL DIA POR EQ.	DURACION PROMEDIO POR LLAMADA
P O R T A T I L	DESP.	240	20	4800	15 SEG.
	MIXTO	25	4	100	15 SEG.
	TOTAL	265			
M O V I L	DESP.	120	8	960	15 SEG.
	MIXTO	25	4	100	15 SEG.
	TELEF	120	4	480	180 SEG.
	TOTAL	265			
B A S E	DESP.	40	15	600	15 SEG.
	MIXTO	4	4	16	15 SEG.
	TOTAL	44			
T O T A L	DESP.	400	43	6360	15 SEG.
	MIXTO	54	12	210	15 SEG.
	TELEF	120	4	480	180 SEG.

DESP. : despacho
TELEF. : telefónico

En base a este número de equipos se calculará el número de canales mínimo que se requiere para soportar el tráfico de acuerdo con los datos proporcionados por el personal de Petróleos Mexicanos.

El cálculo de tráfico se hará con un valor de tiempo de posesión de 15 segundos para las unidades sin acceso telefónico (despacho) y mixto.

Los datos fueron supuestos para las horas pico.

EVALUACION DEL TRAFICO CREADO POR EL EQUIPO SIN ACCESO TELEFONICO (DESPACHO).

Llamadas en la hora pico = $(0.25)(6360) = 1590$

El tráfico se calcula como:

$$A = \frac{\text{llamadas (por hora)} \times \text{tiempo de posesión}}{3600}$$

Para un tiempo de posesión de 15 segundos tenemos que:

$$A = \frac{1590 \times 15}{3600} = 6.625 \text{ Erlangs}$$

EVALUACION DEL TRAFICO CREADO POR EL EQUIPO MIXTO.

Se toma como hipótesis que el 75% de las llamadas con este equipo se llevan acabo hacia las otras terminales y el 25% hacia la red telefónica. Además, se supone que la tasa de llamada hacia la red telefónica es la mitad de la que se usa hacia las otras terminales (lo que se verifica en la realidad).

La duración promedio de la llamada telefónica es de 180 segundos.

En estas condiciones el tráfico es:

Llamadas totales en la hora pico : $0.25(216) = 54$

El 25% de las llamadas son hacia la red telefónica por lo que:

Llamadas en la hora pico : $0.25(54) = 13.5$

$$A = \frac{13.5 \times 180}{2 \times 3600} = 0.3375 \text{ Erlangs}$$

El 75% de las llamadas son hacia otros radios.

Llamadas en la hora pico : $0.75(54) = 40.5$

Para un tiempo de posesión de 15 segundos tenemos:

$$A = \frac{40.5 \times 15}{3600} = 0.16875 \text{ Erlangs}$$

EVALUACION DEL TRAFICO CREADO POR EL EQUIPO CON ACCESO TELEFONICO.

Este cálculo de tráfico se hizo en gráficas para tráfico telefónico basadas en la teoría de Erlang B que es la más utilizada para este tipo de tráfico (gráfica 3.D.11).

Para efectos de cálculo tenemos los siguientes datos característicos:

- A) Cada móvil realiza 4 llamadas por día de 160 segundos de duración.
- B) 120 móviles.
- C) El grado de servicio deseado es de 90%

De las gráficas obtenemos los siguientes resultados:

Llamadas/hora-pico/móvil = 0.5

Tráfico total ofrecido (promedio) = 3.2 Erlangs

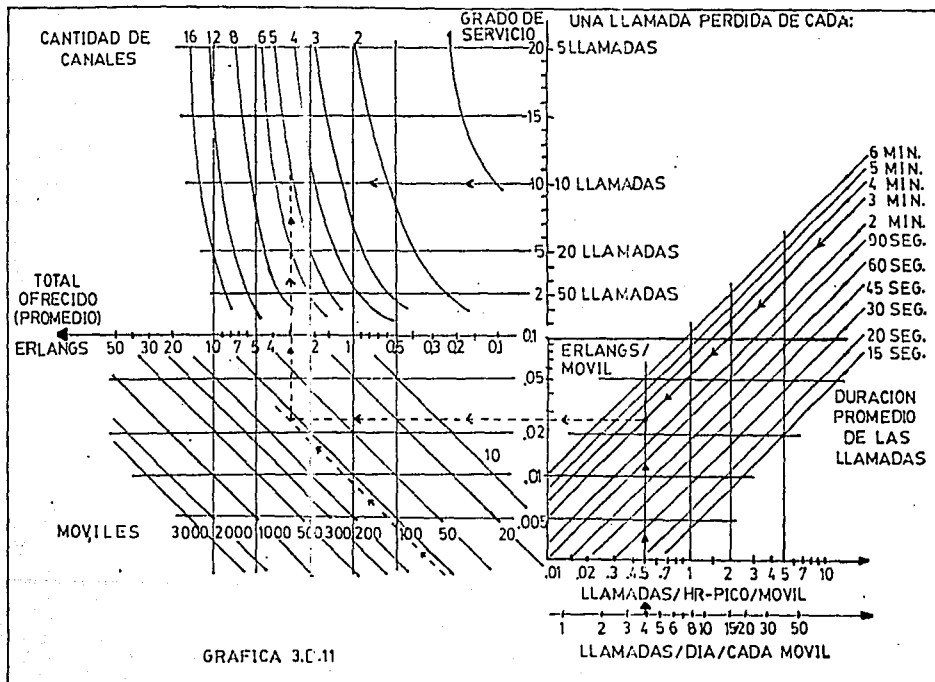
Número mínimo de canales requerido = 5 canales

Una llamada perdida de cada 10 llamadas

Los resultados de tráfico para proporciones 100 equipos sin acceso telefónico y mixto se resumen en el cuadro 3.D.2.

TIEMPO DE POSESION (SEGUNDOS)	TRAFICO EN ERLANGS			
	EQUIPO SAT (DESPACHO)	EQUIPO MIXTO 75%	EQUIPO MIXTO 25%	TOTAL
15	6.625	0.169	0.337	7.125

CUADRO 3.D.2



RESULTADOS.

Los resultados de las tablas de Erlang C se muestran en el cuadro 3.D.3 (incluyendo los canales telefónicos) para un retraso no mayor de 0.5 segundos.

CUADRO 3.D.3

H (S)	A (E)	P(0)	D1 (S)	Nº.C DESP.	Nº.C TEL.	TOTAL DE CANALES
15	7.125	0.4062	3.22	9	5	14

H = tiempo de posesión en segundos

A = tráfico en Erlangs

D1 = retraso promedio de todas las llamadas en segundos

P(0) = probabilidad de bloqueo

E) CALCULOS DE COBERTURA.

COBERTURA DEL SISTEMA, PREDICCION DEL RANGO Y CONFIABILIDAD DEL SISTEMA.

La predicción de cobertura del sistema esta basada en el conocimiento de la propagación en la banda de 800 Mhz.

La intensidad de las ondas de radio se atenúa por efectos atmosféricos, variación del terreno, árboles, edificios y varios obstáculos.

El método de cálculo empleado se basa en los estudios de Okumura y proporciona una estimación razonable para la cobertura.

La intensidad de la señal depende de parámetros del sistema y factores ambientales como los siguientes:

FACTOR DE SISTEMA	FACTORES AMBIENTALES
POTENCIA DE TRANSMISION	EFFECTOS DE MULTITRAYECTORIA
SENSIBILIDAD DEL RECEPTOR	DENSIDAD DE ARBOLES
GANANCIA DE ANTENAS	CLIMA
PERDIDAS POR LINEAS DE TRANSMISION	EDIFICIOS
ALTURA DE ANTENA	VARIACION DEL TERRENO

Estos y otros parámetros determinan las ganancias y las pérdidas totales del sistema, la cual proporciona la intensidad de la señal (y cobertura) en la zona deseada.

A causa de los desvanecimientos de la señal debido a efectos ambientales la cobertura puede ser descrita en términos de la confiabilidad estadística, por lo tanto son solamente aproximaciones.

La confiabilidad de la intensidad de la señal esta dada en un porcentaje de tiempo y un porcentaje de lugares. Por ejemplo, el estudio realizado para este propósito refleja que la cobertura estimada proporciona un 90% de confiabilidad para un 50% de los lugares mostrados en los mapas que se incluyen.

Los requerimientos de cobertura se basaron en la petición de Petróleos Mexicanos, se debe de proporcionar una cobertura de al menos 50 Km de diámetro (25 Km de radio) para el sitio del repetidor.

El nivel de recepción nominal de 15 db por encima del umbral del receptor se tomó como criterio del mínimo nivel de la señal de recepción. Este factor del 90%, representa un margen de 12 db sobre el umbral de recepción del radio lo cual es similar a los 15 db especificados por Petróleos Mexicanos. El criterio de Petróleos Mexicanos fue utilizado para determinar el área de cobertura descrita en este estudio.

El contorno de línea sólida mostrada en los mapas de cobertura, representa el área de cobertura estimada (90% de confiabilidad) a partir de la ubicación del equipo central.

PARAMETROS DEL SISTEMA

Potencia de transmisión del repetidor

Potencia de transmisión de la portátil

Potencia de transmisión de la móvil

Sensibilidad del receptor del repetidor

Sensibilidad del receptor de la portátil

Sensibilidad del receptor de la móvil

Ganancia de la antena de transmisión del repetidor

Ganancia de la antena de transmisión de la portátil

Ganancia de la antena de transmisión de la móvil

Pérdida de la línea de transmisión

Altura de la antena del repetidor

Altura de la antena de la portátil

Altura de la antena de la móvil

Los cálculos de propagación se basan en las curvas de Okumura confirmadas por el C.C.I.R (Informe R567.3). Dichas curvas han sido verificadas por numerosos industriales y operadores y constituyen las bases para determinar las zonas de servicio de las estaciones de radio.

En particular, la curva presentada en la gráfica 3.E.1, se refiere a la propagación en UAF en zona urbana. Los valores de campo son promedios que se obtuvieron para 50% del tiempo y del espacio.

Los parámetros que se toman en cuenta en los cálculos de propagación de cada sitio son:

- La Potencia Isótropica Radiada Equivalente (PIRE) y el diagrama de propagación de la antena de emisión fija.
- La altura de la antena de emisión fija.
- Los datos de vegetación e hidrografía.
- El tipo de relieve.
- El tipo de zona

CALCULO DEL AREA DE COBERTURA.

Para realizar este cálculo se elaborarán 8 perfiles cada 45 tomados en sentido horario (figuras 3.E.2) de mapas topográficos del área metropolitana con escala de 1:50,000 que se anexa (figura 3.E.3).

Se tomó como centro de radiación la torre ejecutiva del centro administrativo de Petróleos Mexicanos.

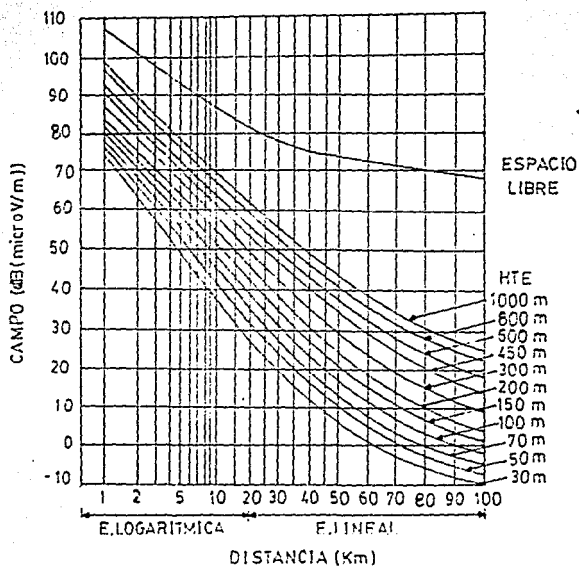
Como resultado de los perfiles elaborados para este proyecto, se observa la topografía del terreno que deberá cubrir el repetidor.

Una vez identificadas las topografías del terreno, se calculan y buscan los factores de corrección (en decibeles) de acuerdo con las gráficas mostradas en el apéndice I.

Al factor de corrección se le suma la sensibilidad en dbu del equipo receptor (la cual esta dada en pv) lo cual nos da un nuevo valor en dbu.

Con este nuevo valor y con la altura efectiva de la antena de transmisión (HTE) se busca en el nomograma de Okumura (gráfica 3.E.1) la distancia en kilómetros prevista al contorno de intensidad de campo en dbu con un margen de confiabilidad de 12 db (90% de confiabilidad) para unidades móviles o portátiles.

Esta distancia se calcula para cada perfil y para las transmisiones de repetidor a móvil/portátil y móvil/portátil a repetidor.



FRECUENCIA = 900 MHZ
 ZONA URBANA
 50% DEL TIEMPO 50% DEL ESPACIO
 POTENCIA APARENTE RADIADA = 1 KW
 ALTURA DE LA ANTENA MOVIL HM = 15m

GRAFICA 3.E.1

Una vez que se han calculado las distancias del contorno de intensidad de campo de radiación para los 5 perfiles, se dibuja este en el mapa del área de interés, lo cual nos da una aproximación del área de cobertura.

CARACTERISTICAS GENERALES DE LA ESTACION.

Permisionario: Petróleos Mexicanos.

Nombre de la estación repetidora: México (Centro Administrativo).

Coordenadas geográficas: Latitud: 19° 26' 20".

Longitud: 99° 10' 30".

Altura sobre el nivel del mar de la estación: 2240 metros.

Altura de la torre: 210 metros.

Tipo: autoportada.

Altura de la antena de transmisión sobre la torre: 2 metros.

Banda de operación de la estación: 800 Mhz.

Horario: 24 hrs.

Circuito: Sistema Troncalizado área México.

Área de cobertura: 50 Kilómetros de diámetro.

Capacidad de canales: 14 canales.

Cantidad de usuarios: 574 usuarios.

Altura efectiva de la antena del repetidor (figura 3.E.1):

HTS : Altura de la antena de transmisión sobre el nivel del mar.

= 2450 metros

HGA : Altura promedio del terreno entre 3 km y 15 km desde la antena de transmisión.

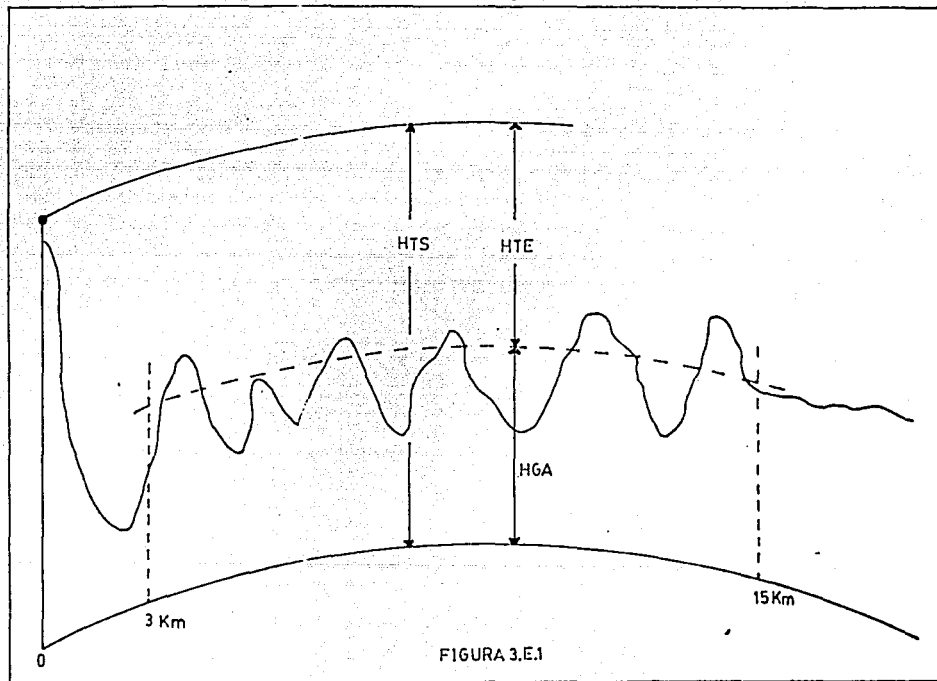
= 2240 METROS

HTE : Altura de la antena de transmisión efectiva.

= HTS - HGA = 210 metros

ASM : Altura sobre el nivel del mar.

= 2240 metros



CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS EQUIPOS CONSIDERADOS PARA EFECTOS DE CALCULO.

Repetidor:

- Potencia nominal de transmisión	75.0 w
- Potencia radiada aparente	171.79 w
- Ganancia de antena de transmisión	9.0 db
- Pérdida por línea de transmisión	3.4 db
- Pérdida por duplexer	1.5 db
- Sensibilidad	0.5 μ v
- Polarización	vertical
- Azimut en máxima radiación	360.

Móvil:

- Potencia de transmisión	35.0 w
- Ganancia de antena	3.0 db
- Sensibilidad	0.5 μ v
- Altura de la antena	1.8 m

Portátil:

- Potencia de transmisión	3.0 w
- Ganancia de antena	3.0 db
- Sensibilidad	0.5 μ v
- Altura de la antena	1.5 m

INFORMACION COMPLEMENTARIA PARA LA UTILIZACION DEL METODO DE
DE OKUMURA PARA LA PREDICCION DE COBERTURA DE UNIDADES MOVILES Y
PORTATILES EN 800 MHZ.

(REPETIDOR A MOVIL/PORTATIL)

- 1.- Determinar la sensibilidad en dbu del equipo receptor.

Señal en dbu : $105 + (\text{sensib. en dbw}) + 20 \log (\text{frec. en Mhz})$

sensibilidad : 0.5 μ V : -143 dbw

frecuencia : 840 Mhz

señal en dbu : $105 + (-143) + 20 \log 840 = 20.5 \text{ dbu}$

- 2.- Determinar la compensación entre pérdidas y ganancias con
respecto a las referencias tomadas en el método de Okumura.

Ganancias

Ganancia de la antena de transmisión (rep.) 9.0 db

Ganancia de la antena de móvil o portátil 3.0 db

Total 12.0 db

Pérdidas

Corrección de potencia de 1000 w a 75 w	11.0 db
Pérdida de línea de transmisión, combinador, conectores y arneses.	3.4 db
Duplexor	1.5 db
90% de confiabilidad	12.0 db
Total	27.9 db

- 3.- Sumando pérdidas y ganancias encontramos que existe una diferencia de 15.9 db para el caso de cobertura para unidades móviles, por lo que tenemos que:

$$\text{señal en dbu} = 20.05 + 35.95 \text{ dbu}$$

Con este dato entramos a los nomogramas de Okumura, gráfica 3.E.1, lo que nos da una distancia de repetidor a móvil = 35.0 km sin pérdidas debido a obstáculos topográficos naturales.

- 4.- Para el caso de portátiles se le agregan 12 db de pérdida por obstrucción del cuerpo, por lo que tenemos que:

$$\text{señal en dbu} = 35.95 + 12.0 = 47.95 \text{ dbu}$$

Con este dato entramos a los nomogramas de Okumura, gráfica 3.E.1, lo que nos da una distancia de repetidor a portátil = 17.5 km sin pérdidas debido a obstáculos topográficos naturales.

PERFIL CON AZIMUT A 0°

Topografía del terreno (figura 3.E.2.A.):

El perfil muestra que existe un cerro con una altura de 2500 metros sobre el nivel del mar y a 13 km de distancia de la estación del repetidor.

Esto da como resultado que la distancia del contorno de intensidad del campo de radiación quede limitado a esta distancia para unidades móviles y portátiles.

Distancia de repetidor a móvil : 13 KM

Distancia de repetidor a portátil : 13 KM

PERFIL CON AZIMUT A 45°

Topografía del terreno (figura 3.E.2.B):

El perfil muestra que existe un cerro con una altura de 2400 metros sobre el nivel del mar a 8.5 km de la estación repetidora.

Esto da como resultado que la distancia del contorno de intensidad del campo de radiación quede limitado a 8.5 km para unidades móviles y portátiles.

Distancia de repetidor a móvil : 8.5 km

Distancia de repetidor a portátil : 8.5 km

PERFIL ($k=4/3$)

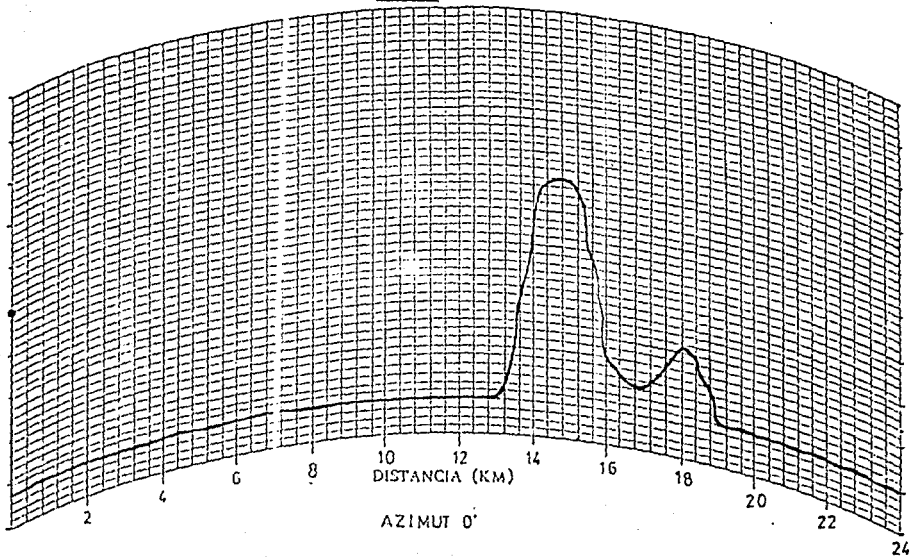
ALTURA
(m)

2650
2600
2550
2500
2450
2400
2350
2300
2250
2200

DISTANCIA (KM)

AZIMUT 0°

FIGURA 3E.2.A



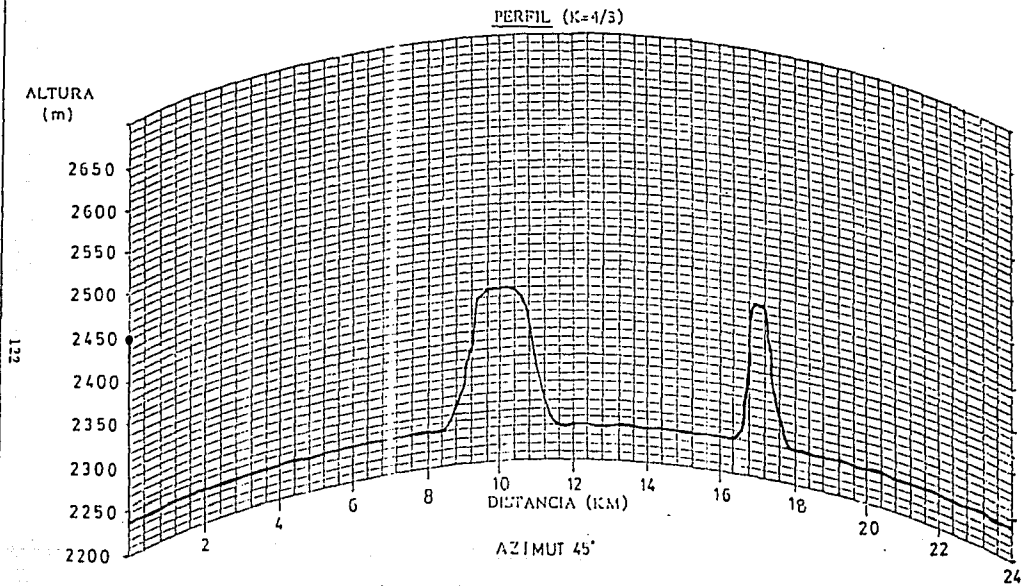


FIGURA 3E2.B

PERFIL CON AZIMUT A 90° Y 135°

Topografía del terreno (figuras 3.E.2.C y D):

El perfil muestra que no existen obstáculos topográficos naturales y por lo tanto el terreno se puede clasificar como plano.

Esto da como resultado que las distancias sean:

Distancia de repetidor a móvil : 35 Km

Distancia de repetidor a portátil : 17.5 Km

PERFIL CON AZIMUT A 180°

Topografía del terreno (figura 3.E.2.E):

El perfil muestra que existe un cerro con una altura de 2650 metros sobre el nivel del mar y a 20 km de distancia de la estación repetidora.

Esto da como resultado que la distancia del contorno de intensidad del campo de radiación quede limitado para unidades móviles y portátiles.

Distancia de repetidor a móvil : 20 Km

Distancia de repetidor a portátil : 17.5 Km

PERFIL (K=4/3)

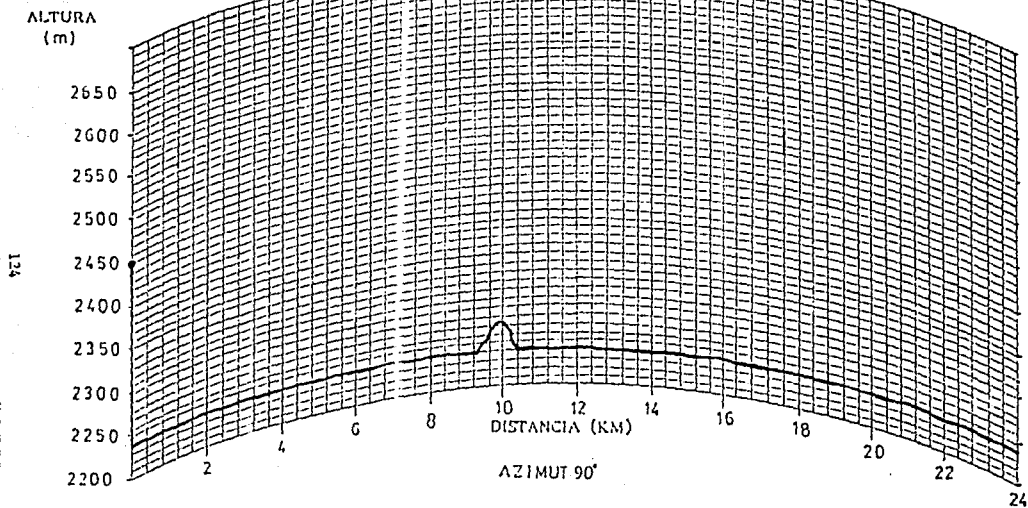


FIGURA 3E2C

PERFIL ($k=4/3$)

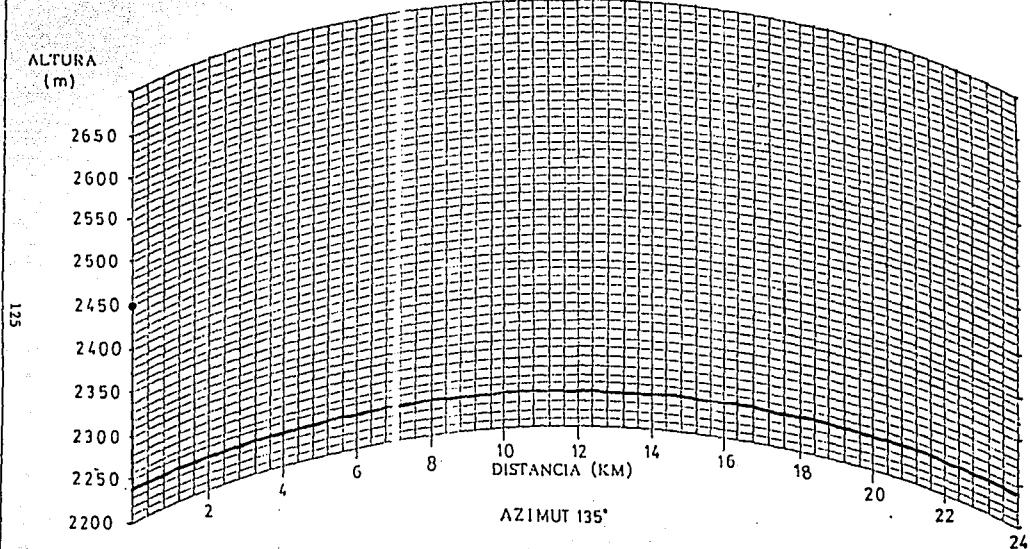


FIGURA 3E.2.D

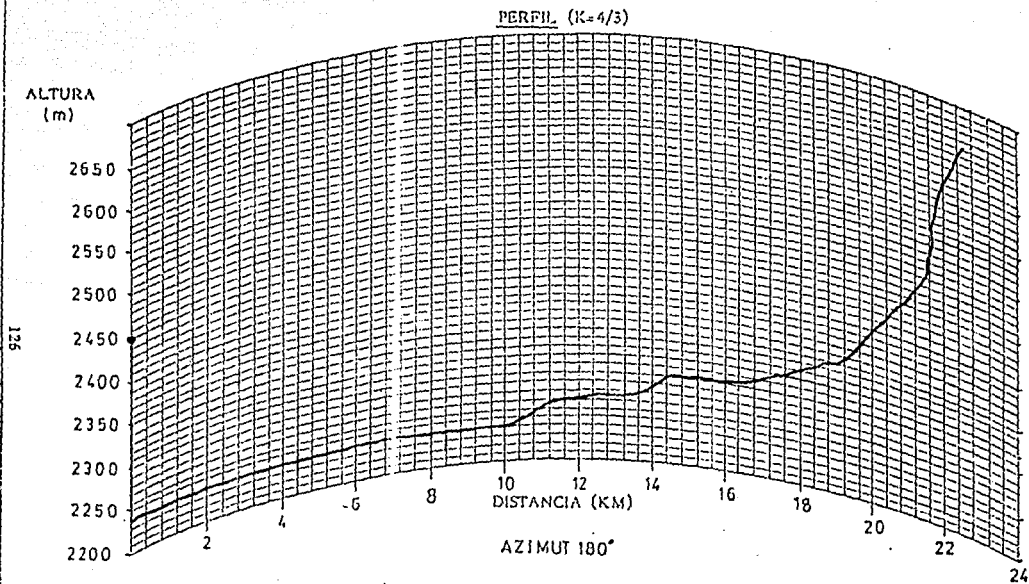


FIGURA 3E.2.E

PERFIL CON AZIMUT A 225° Y 270°

Topografía del terreno (figuras 3.E.2.F y G):

El perfil muestra que existe una pendiente (positiva) con una altura de 2500 metros a 10 km de distancia desde la estación repetidora.

Esto da como resultado que la distancia del contorno de intensidad del campo de radiación quede limitado a 10 km para unidades móviles y portátiles.

Distancia de repetidor a móvil : 10 Km

Distancia de repetidor a portátil : 10 Km

PERFIL CON AZIMUT A 315°

Topografía del terreno (3.E.2.H):

El perfil muestra que existe una pendiente (positiva) con una altura de 2500 metros sobre el nivel del mar a 13.5 km de distancia desde la estación repetidora.

Esto da como resultado que la distancia del contorno de intensidad del campo de radiación quede limitado a 13.5 km para unidades móviles y portátiles.

Distancia de repetidor a móvil : 13.5 km

Distancia de repetidor a portátil : 13.5 km

Empleando el mismo método se calcula el área de cobertura de móvil/portátil a repetidor con la misma topografía del terreno

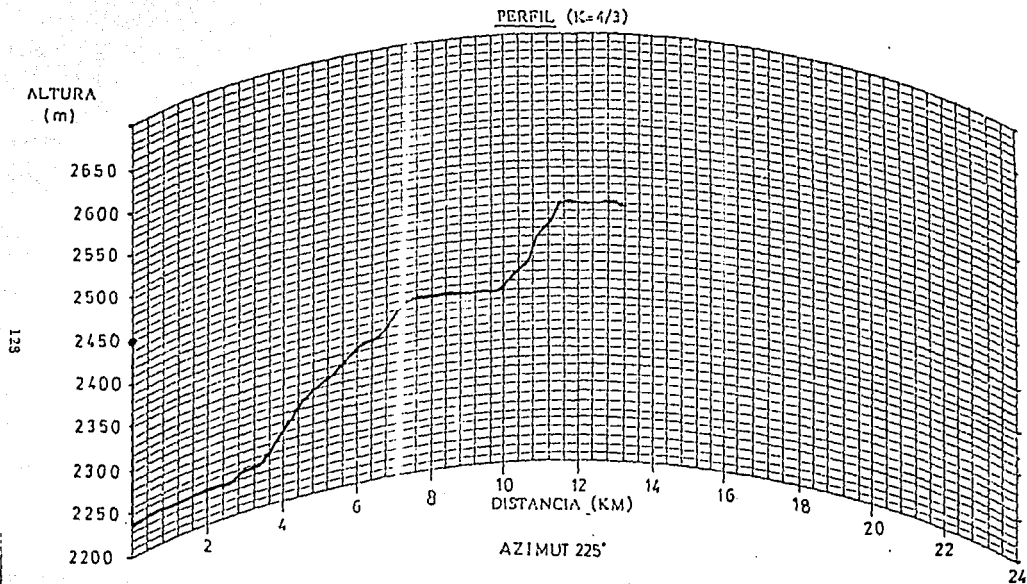


FIGURA 3E2.F

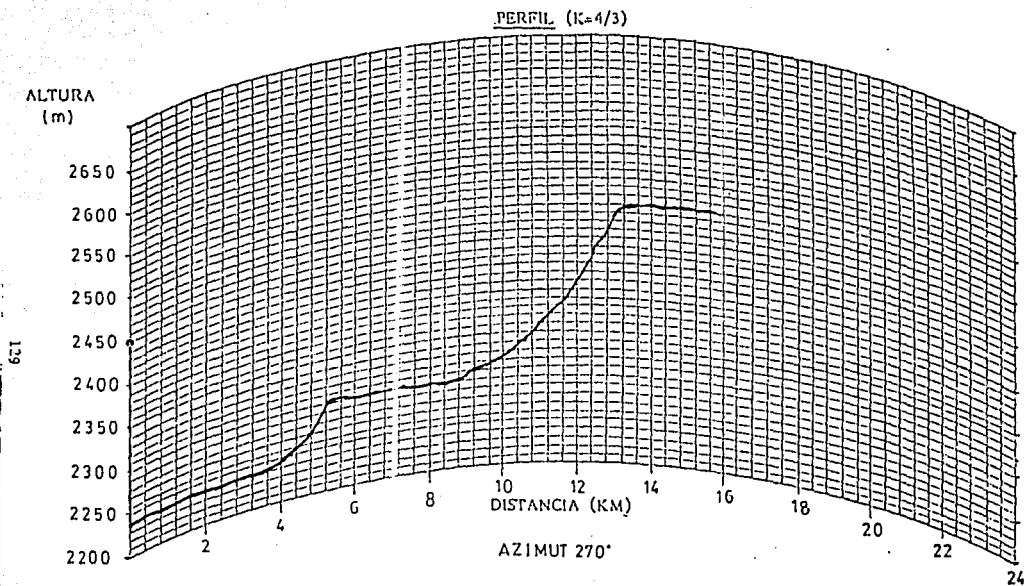


FIGURA 3E.2G

PERFIL ($K=4/3$)

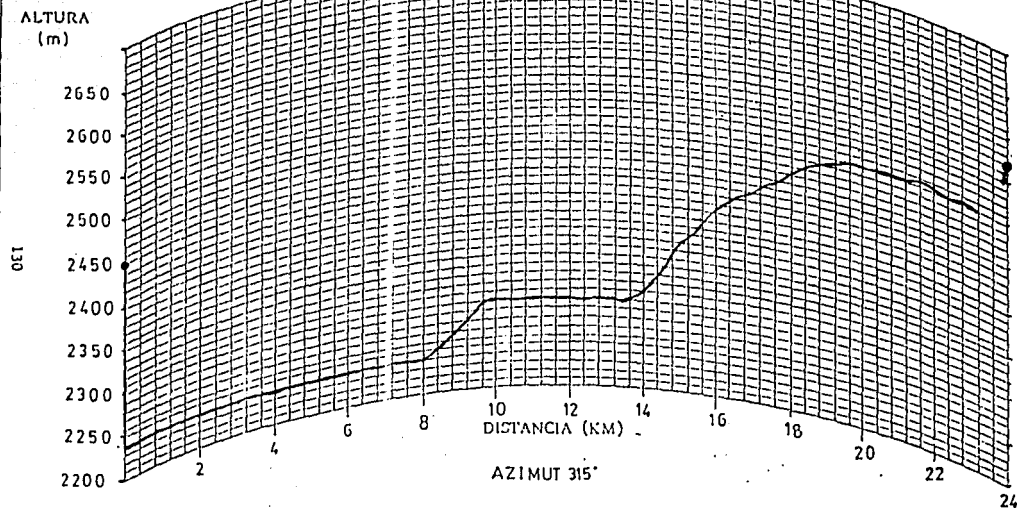


FIGURA 3E.2.H

mostrado para cada radial.

1.- Señal en dbu = 20.5 dbu

2.- Ganancias = 12.0 db

Pérdidas = 32.5 db

3.- Distancia de móvil a repetidor

señal en dbu = 41.0 dbu

distancia = 26 Km sin obstáculos topográficos naturales

4.- Distancia de portátil a repetidor

se aumentan 12 db por obstrucción del cuerpo

señal en dbu = 53 dbu

distancia = 13 Km sin obstáculos topográficos naturales

PERFIL CON AZIMUT A 0°

Distancia de móvil a repetidor = 13 Km

Distancia de portátil a repetidor = 13 Km

debido a obstáculo topográfico natural (figura 3.E.2.A).

PERFIL CON AZIMUT A 45°

Distancia de móvil a repetidor = 8.5 Km

Distancia de portátil a repetidor = 8.5 Km

debido a obstáculo topográfico natural (figura 3.E.2.B).

PERFIL CON AZIMUT A 90° Y 135°

Distancia de móvil a repetidor = 20 Km

Distancia de portátil a repetidor = 13 Km

figuras 3.E.2.C y D.

PERFIL CON AZIMUT A 160°

Distancia de móvil a repetidor = 20 Km

Distancia de portátil a repetidor = 13 Km

figura 3.E.2.E.

PERFIL CON AZIMUT A 225° Y 270°

Distancia de móvil a repetidor = 10 Km

Distancia de portátil a repetidor = 10 Km

figuras 3.E.2.F y G.

PERFIL CON AZIMUT A 315°

Distancia de móvil a repetidor = 13 Km

Distancia de portátil a repetidor = 13 Km

debido a obstáculo topográfico natural (figura 3.E.2.H).

Con estos datos trazamos en un mapa los radiales con su respectiva distancia para tener una aproximación del área de cobertura tomando en cuenta factores como: la topografía del terreno, la confiabilidad etc.

TABLA DE PREDICCIONES
(REPETIDOR A MOVIL/PORTATIL)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
AZIMUT DEL RADIAL (GRADOS)	ALTURA PRO- MEDIO EN MTS. DEL RADIAL SO- BRE EL NI- VEL DEL MAR.	ALTURA EN MTS. DEL CENTRO DE RADIACION DE LA ANTENA CON RELACION AL PROMEDIO QUE FIGURA EN LA COLUMNA NO. 2.	POTENCIA RADIADA EN KW.	DISTANCIA EN KM. PREVISTA AL CONTORNO DE INTENSIDAD DE CAMPO DE 35.95 DBU.	DISTANCIA EN KM PREVISTA AL CON- TORNO DE INTENSIDAD DE CAMPO DE 47.95 DBU.
0.	2240	210	0.192	13.0	13.0
45.	2240	210	0.192	8.5	8.5
90.	2240	210	0.192	35.0	17.5
135.	2240	210	0.192	35.0	17.5
180.	2240	210	0.192	10.0	10.0
225.	2240	210	0.192	10.0	10.0
270.	2240	210	0.192	10.0	10.0
315.	2240	210	0.192	13.5	13.5

TABLA 3.E.1

**TABLA DE PREDICCIONES
(MOVIL/PORTATIL A REPETIDOR)**

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
AZIMUT DEL RADIAL (GRADOS)	ALTURA PRO- MEDIO EN MTS. DEL RADIAL SO- BRE EL NI- VEL DEL MAR.	ALTURA EN MTS. DEL CENTRO DE RADIACION DE LA ANTENA CON RELACION AL PROMEDIO QUE FIGURA EN LA COLUMNA NO. 2.	POTENCIA RADIADA EN KW.	DISTANCIA EN KM PREVISTA AL CONTORNO DE INTENSIDAD DE CAMPO DE 41.0 DBU.	DISTANCIA EN KM PREVISTA AL CON- TORNO DE INTENSIDAD DE CAMPO DE 53.0 DBU.
0.	2240	210	0.070	13.0	13.0
45.	2240	210	0.070	8.5	8.5
90.	2240	210	0.070	26.0	13.0
135.	2240	210	0.070	26.0	13.0
180.	2240	210	0.070	20.0	13.0
225.	2240	210	0.070	10.0	10.0
270.	2240	210	0.070	10.0	10.0
315.	2240	210	0.070	13.0	13.0

TABLA 3.E.2





GUATEPE

GUSTAVO A. MADRUGA

JOSUE GARCIA

HANGAR

10. TERMINAL
ORIENTE

AREA DE COBERTURA
PORTATIL

LOS REYES
LA PAZ

F) DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA

CONFIGURACION DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACION TRONCALIZADO
PARA EL AREA METROPOLITANA.

CONFIGURACION DEL SISTEMA TRONCALIZADO

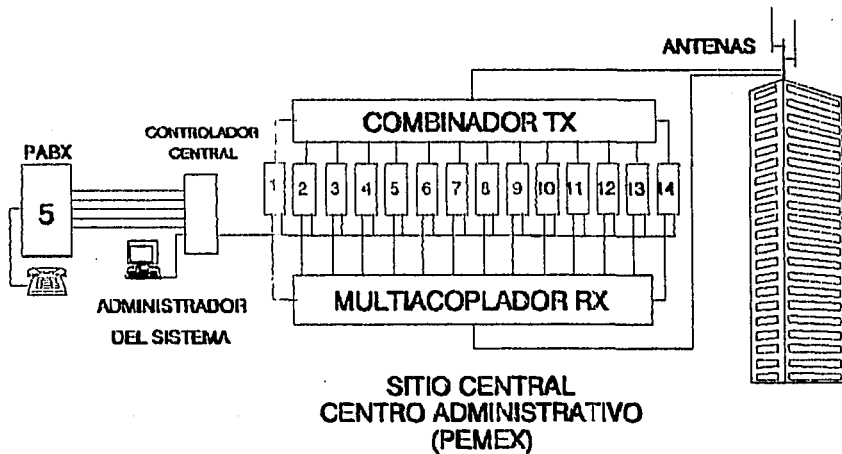


FIGURA 3.F.1

SISTEMA TRONCALIZADO AREA METROPOLITANA

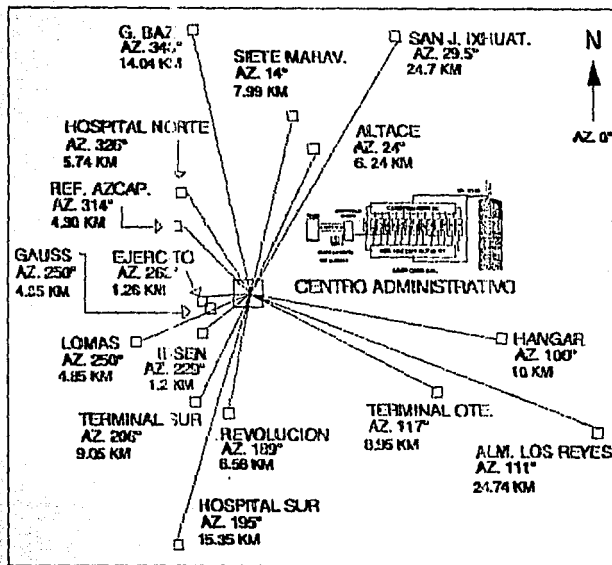


FIGURA 3.F.2

CANTIDAD DE EQUIPO REQUERIDO Y COSTOS ESTIMADOS.

	DESCRIPCION	CANT.	P.U (USD)	TOTAL (USD)
S I S T E M A D E R A D I A C I O N	ANTENA OMNIDIRECCIONAL	2	4.305.0	8.610.00
	LINEA DE TRANSMISION	10 M	22.73/FT	653.16
	LOTE DE CONECTORES	1	857.56	857.56
	DUPLEXOR	1	1.510.94	1.510.94
	PRESELECTOR	1	1.086.54	1.086.54
	COMBINADOR	1	16.085.2	16.085.2
	MULTIACOPLADOR	1	1.704.78	1.704.78
E Q U I P O S U S A R I O	REPETIDOR 75 W	14	9.348.00	130.872.00
	VALIDADOR 10	1	1.635.00	1.635.90
	CONTROLADOR CENTRAL	1	165.100.00	165.100.00
	INTERCONEXION PABX	1	61.018.00	61.018.00
	MOVIL 35 W (DESP.)	160	980.00	156.800.00
	MOVIL 35 W (TEL.)	149	1.825.75	272.036.75
	PORTATIL (DESP.)	240	1.474.77	353.944.80
	PORTATIL (TEL.)	25	1.659.27	41.481.75

TOTAL \$ 1.213.397.38 USD

CAPITULO IV. CONCLUSIONES

A) ASPECTOS RELEVANTES DEL PROYECTO

De acuerdo al estudio realizado y a los cálculos hechos para el proyecto "Sistema de Comunicación por Portadoras Compartidas para Petróleos Mexicanos en el Area Metropolitana" se concluye que la técnica de radiocomunicación troncalizada soluciona los problemas que se presentan actualmente con los sistemas de radiocomunicación convencionales.

1.- Una razón significativa por la cual se buscan nuevas técnicas y tecnologías para la radiocomunicación del tipo despacho y telefónico es el descongestionamiento de las bandas de radiofrecuencia ya saturadas así como un uso más eficiente del espectro radioeléctrico y de una comunicación más rápida y eficiente.

2.- El sistema troncalizado brinda importantes beneficios a los usuarios como los que se mencionan a continuación:

• AGRUPACION EN FLOTAS Y SUBFLOTAS

Facilidad a los usuarios, de poder configurar sus grupos de comunicación en flotas o subflotas de las dimensiones que lo requieran.

• REAGRUPACION DINAMICA

Esta facilidad proporciona el beneficio de poder reagrupar en casos de emergencia, a diferentes flotas o subflotas en un

solo grupo de trabajo. Después de la emergencia, también en forma dinámica inmediata todos los servicios de comunicación regresarán a sus grupos originales de trabajo.

Ejemplo: servicios médicos, seguridad industrial, bomberos, vigilancia etc.

* LLAMADA GENERAL DE EMERGENCIA

En los casos que así se requiera, se pueden efectuar desde cualquier radio, llamadas generales de emergencia a todos los grupos de trabajo según se programe previamente.

* LLAMADAS SELECTIVAS ENTRE USUARIOS

Mediante esta facilidad, se obtiene un grado absoluto de privacidad al efectuarse llamadas selectivas entre diferentes usuarios, es decir, no existirá ningún radio a la escucha dentro de la flota o subflota a que pertenecen ambos usuarios que desean tener este tipo de servicio.

* LISTA DE ESPERA

El sistema le ofrece la facilidad de colocar en lista de espera a aquellas solicitudes que se efectúen y por saturación encuentren ocupados los canales de comunicación de la misma manera, automáticamente el sistema insiste en la disponibilidad del canal de comunicación hasta obtenerlo y notificarlo al usuario.

* LISTA DE PRIORIDADES

El usuario puede de acuerdo a sus necesidades, seleccionar prioridades de comunicación para casos de saturación de los

canales de comunicación.

• ACCESO AL CONMUTADOR TELEFONICO

Esta facilidad permite que los usuarios que así se indique, puedan establecer llamadas telefónicas con todos los usuarios de la red telefónica local y/o de larga distancia de Petróleos Mexicanos.

• REGISTRO Y CONTROL

Con este nuevo sistema se tiene una mejora significativa del rango de cobertura del sistema de comunicación. Mejora de un 40% a un 60% de la cobertura actual.

• CONTROL DE ACCESO AL SISTEMA

En caso de requerirse, automáticamente se podrán dar de alta o baja los equipos de radios que los usuarios estimen convenientes. Esto podrá aplicarse en el caso de equipos extraviados o robados en la asignación a nuevos usuarios en el área.

• ADMINISTRACION DEL SISTEMA

Administración y control del sistema desde un solo sitio.

• REDUNDANCIA INTRINSECA

La multiplicidad de canales de radiofrecuencia en un sistema troncalizado añade un grado mayor de confiabilidad operacional, ya que el usuario no es dependiente de un solo canal. En el caso de falla de un canal de voz el controlador central saca de servicio a la unidad defectuosa, pero continúa los procesos de llamada sobre los canales restantes.

B) PERSPECTIVAS FUTURAS DEL SISTEMA.

El sistema troncalizado ha sido diseñado de tal forma que permite el crecimiento del mismo sin grandes cambios ni inversiones. Así pues, un sistema puede iniciar por ejemplo con cinco canales y adicionar posteriormente los canales que se requieran, añadiendo únicamente el mismo número de bases repetidoras como número de canales de radiofrecuencia (hasta un total de 20) se deseen incrementar. Por otro lado, en virtud de que una móvil sintetizada puede ser dirigida a cualquier canal de voz, especificado por el canal de control del sistema, los canales de voz en si pueden ser añadidos sin necesidad de reprogramar ninguna móvil en el campo. Esta facilidad es posible de lograr en sistemas troncalizados que tienen asignado un canal de control dedicado. En el caso de los sistemas troncalizados con canal de control distribuido, la expansión se obtiene reprogramando todas las móviles del sistema.

A futuro se pretende instalar el sistema troncalizado en todas las zonas urbanas, suburbanas y rurales de la República Mexicana en las que se encuentran los centros productores más importantes de Petróleos Mexicanos.

Cuando Petróleos Mexicanos concluya con su plan integral de desarrollo de telecomunicaciones (1991-1995), los usuarios de un sistema establecido en un lugar determinado podrá ser abonado a otro sistema ubicado en un lugar diferente; los sistemas propuestos mediante su software permiten utilizar estas grandes ventajas.

APENDICE I

CLASIFICACION DEL TIPO DE TERRENO CON SU RESPECTIVO FACTOR DE CORRECCION.

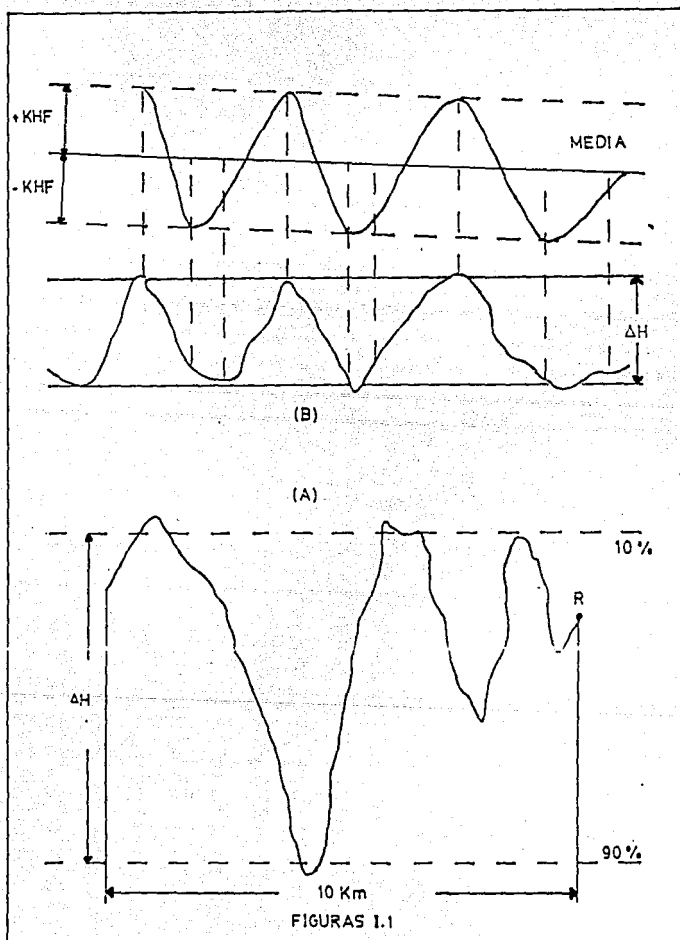
- TERRENO MONTAÑOSO

Parámetro δH (altura de la ondulación del terreno). Este parámetro representa el grado de irregularidades del terreno, el cual se define como la diferencia entre el 10% y el 90% de la altura de la ondulación del terreno dentro de una distancia de 10 Km desde el punto de transmisión (figura I.1.A).

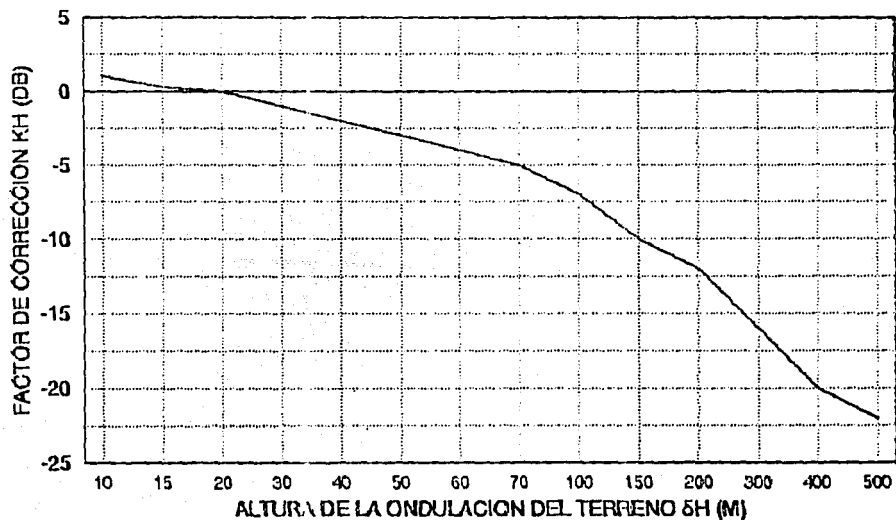
1) El factor de corrección KH es cuando el móvil va del fondo de la ondulación hacia lo más alto. Primero se calcula el parámetro δH del perfil y con este dato se busca el factor de corrección en la gráfica I.1.A.

2) El factor de corrección KHF es cuando el móvil va hacia el fondo o hacia arriba de la ondulación (figura I.1.B). Primero se calcula el parámetro δH del perfil y con este dato se busca el factor de corrección en la gráfica I.1.B.

Cuando el receptor móvil va hacia el fondo de la ondulación dentro de una distancia de 100 m, primero se obtiene el factor de corrección ($-KH$) del punto (1) y después el factor de corrección ($-KHF$) del punto (2) y se suman los dos factores ($-KHF$) + ($-KH$).

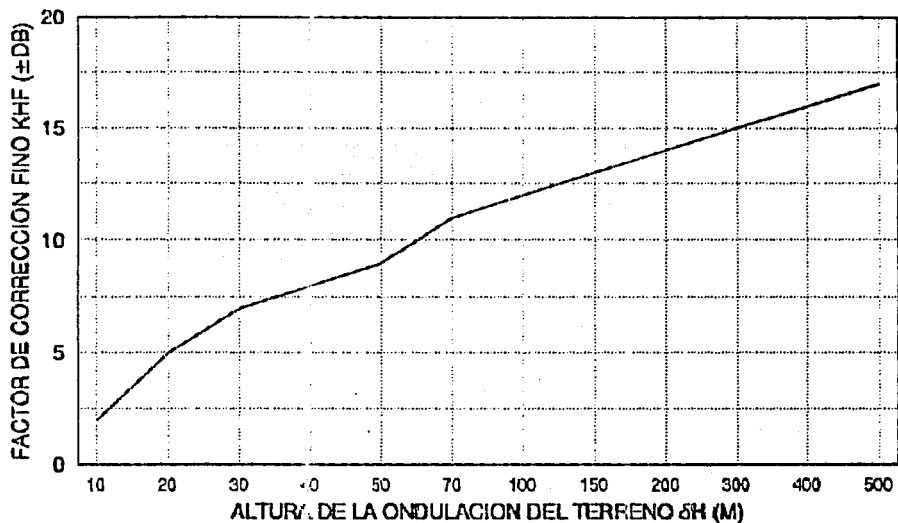


**CURVA DE PREDICCIÓN DEL FACTOR DE CORRECCIÓN
PARA TERRENO MONTAÑOSO**



GRAFICA 1.1.A

**CURVA DE PREDICCIÓN DEL FACTOR DE CORRECCIÓN
FINO PARA TERRENO MONTAÑOSO**



GRAFICA I.1.B

Cuando el receptor móvil va hacia lo más alto de la ondulación se suman los dos factores $(KHF) + (-KH)$.

- PARAMETRO DE MONTAÑA.

Es cuando en la trayectoria de la propagación de transmisión se encuentra una montaña y nada más interfiere a la señal transmitida excepto los obstáculos en su alrededor figuras (I.2.A Y B).

Para calcular el factor de corrección KIM se busca en la gráfica 1.2, la cual es para una altura de montaña igual a 200 m, las distancias D1 Y D2 de acuerdo a la figura 1.2.A.

Para alturas diferentes a 200 m el factor de corrección calculado se multiplica por el parámetro $\alpha = 0.07/H$, donde H está en metros.

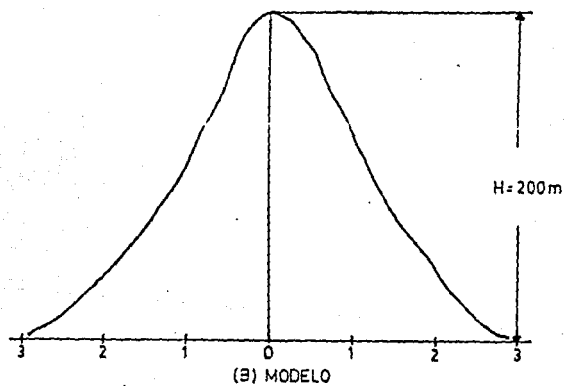
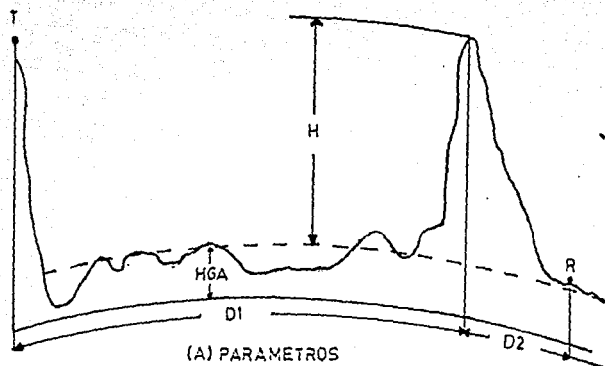
- PARAMETRO DEL TERRENO CON PENDIENTES.

En este tipo de terreno la pendiente está entre 5 y 10 km, el parámetro del terreno en función del ángulo de la pendiente OM se expresa como:

$$OM = \frac{HN - HM}{DN} \quad \text{donde OM está en miliradianes}$$

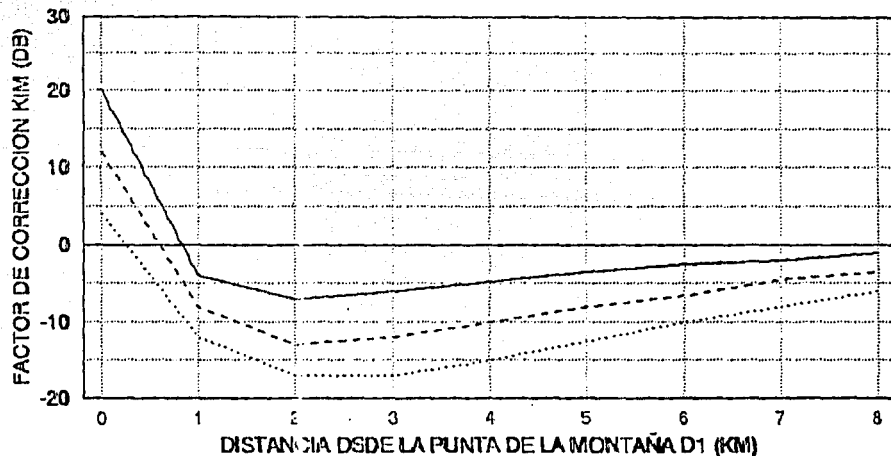
si $HN > HM$ entonces $(+OM)$ y si $HN < HM$ $(-OM)$, figuras 1.3.A Y B.

Con este parámetro se busca en la gráfica 1.3 el factor de corrección KSP.



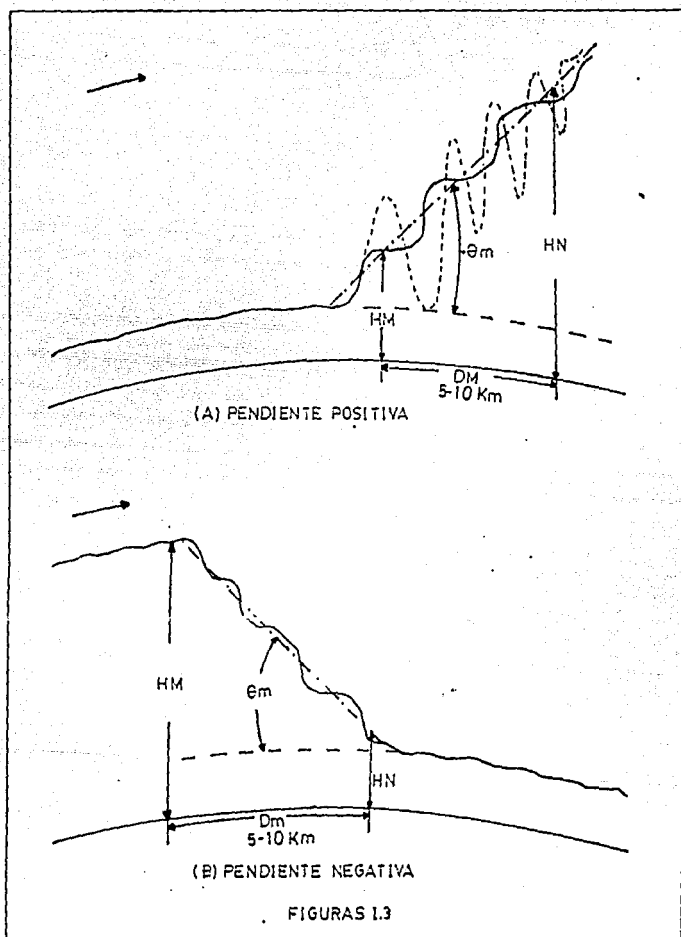
FIGURAS 1.2

CURVAS DE PREDICION DEL FACTOR DE CORRECCION PARA MONTAÑA

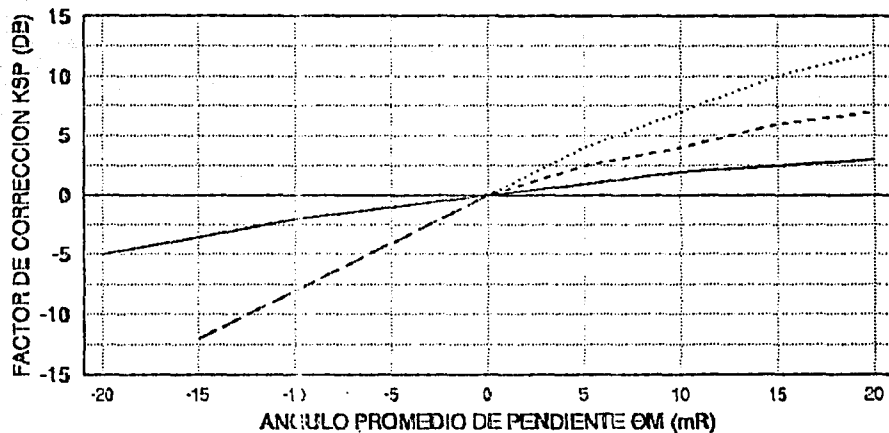


CURVA A: $D1 \geq 60$ KM CURVA B: $D1 = 30$ KM CURVA C: $D1 \leq 15$ KM

GRAFICA 1.2



CURVAS DE PREDICCIÓN DEL FACTOR DE CORRECCIÓN PARA TERRENO CON PENDIENTES



$D < 10$ KM $D = 30$ KM $D > 60$ KM $D > 30$ KM

GRAFICA 1.3

- PARAMETRO PARA EL TIPO DE TERRENO CON PARTE AGUA Y PARTE TIERRA.

Se encuentran tres clases diferentes en donde se encuentra una extensión de agua o lago en la trayectoria de la propagación de la señal transmitida.

A) Cerca del receptor móvil, cuyo parámetro es $\beta = D_1/D$ (%)

figura 1.4.A.

B) Cerca del repetidor, cuyo parámetro es $\beta = D_1/D$ (%)

figura 1.4.B.

C) Dos porciones de agua entre el receptor y transmisor, cuyo parámetro es $\beta = (D_{11} + D_{12})/D$ figura 1.4.C.

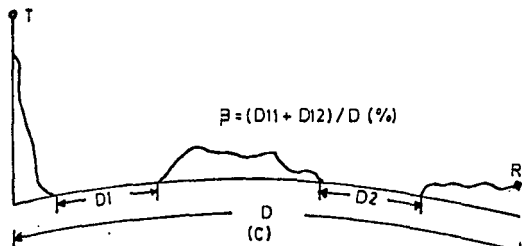
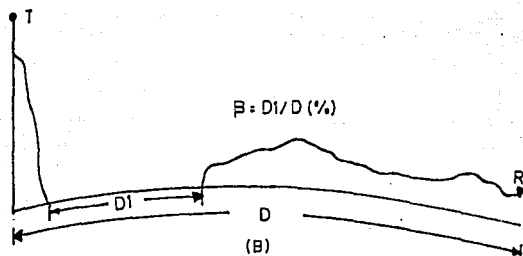
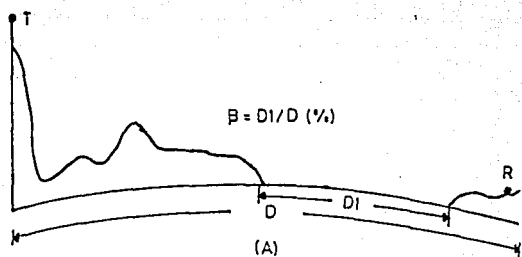
Con el parámetro β se busca en la gráfica 1.4 el factor de corrección $K\beta$.

- AREA ABIERTA.

Es un espacio abierto como, granjas, campos de cultivo, terrenos, llanos en donde no hay obstáculos en la trayectoria de la señal propagada, como árboles altos o edificios.

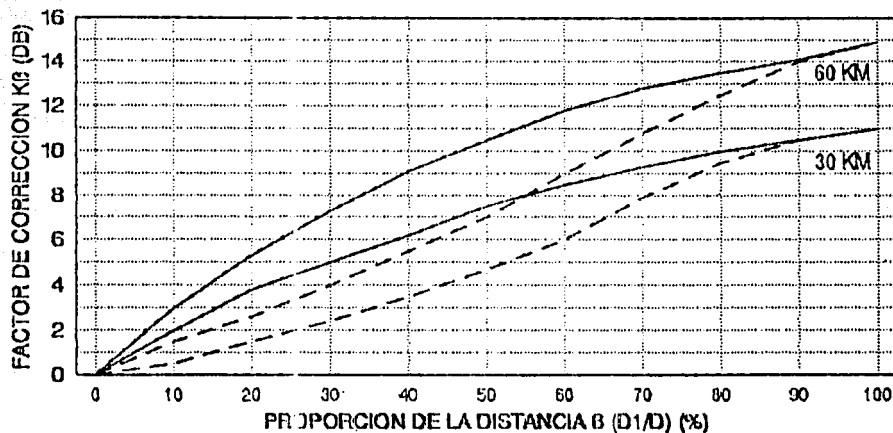
- AREA SUBURBANA.

Esta comprende aldeas o carreteras con árboles y casas, el área tiene algunos obstáculos cerca del receptor móvil pero aún no muy congestionado.



FIGURAS 1.4

CURVAS DE PREDICCIÓN DEL FACTOR DE CORRECCION PARA TERRENO TIERRA-AGUA



(A) $D > 60$ KM (A) $D < 30$ KM (B) $D > 60$ KM (B) $D < 30$ KM

GRAFICA 1.4

AREA URBANA.

Esta es una ciudad congestionada con edificios, casas, y árboles no muy densos.

Con esta clasificación de los terrenos se calcula el área de cobertura de acuerdo con los perfiles que se dibujarán del área de interés y tomando en cuenta los factores de corrección del tipo de terreno que se presenta para cada radial.

APENDICE 11

TABLAS DE ERLANG C

BIBLIOGRAFIA

- LAS TELECOMUNICACIONES EN PETROLEOS MEXICANOS.

Primera edición, 1965. México D.F.

- MOBILE RADIO INTERMODULATION INTERFERENCE.

General Electric.

- TRUNKED SYSTEMS CONSERVE, MOBILE RADIO ESPECTRUM, IMPROVE SERVICE.

By Charles M. Reeves, General Electric Company, Lynchburg, Va.

Reprinted from "COMMUNICATIONS" magazine, December, 1960.

- E.F. JOHNSON APPLICATION NOTE.

Johnson Clearchannel LTR 800 MHz Trunked Mobile Relay System.

Copyright © 1964 By the E.F. Johnson Company.

- TRUNKED RADIO SYSTEM.

Motorola Communications and Electronics, Inc.

- REFERENCE DATA FOR RADIO ENGINEERS.

Howard W. Sams & Co. Inc.

A subsidiary of ITT.

- FIELD STRENGTH AND ITS VARIABILITY IN VHF AND UHF LAND-MOBILE RADIO SERVICE.

Yohisasa Okumura Dr. Eng.

Eiji Ohmori, Tomonico Kawano and Kanejara Fukuda.

Reprinted from the review of the Electrical Communication Laboratory.

Vol. 16, Nos. 9-10 September-October, 1968.

- COMMUNICATION SYSTEMS ENGINEERING HANDBOOK.

Donald Hamsher.

Mc. Graw Hill, N.Y. 1972.

- ABC OF THE TELEPHONE - TRAFFIC SERVES.

- OBTENCION DEL DECIBEL.

José de J. Mendoza Piña.

Teledato, obra 37, XII-1979, publicaciones Telecomex.

- INSTRUCTIVO PARA EL LLENADO DEL FORMATO DE PRESENTACION PARA LAS AREAS DE COBERTURA PARA LOS SISTEMAS RADIOTELEFONICOS QUE UTILIZAN ESTACIONES REPETIDORAS.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

- CURSO DE INGENIERIA DE TRAFICO APLICADO A LAS TELECOMUNICACIONES.

Carlos Gonzales Arriaga
E. Cesar Iribarren Gonzales
Federico Diaz Granados

Epoca 11, volumen 1, número 1, Agosto de 1979.

- DIARIO OFICIAL DE LA NACION.

Jueves 8 de Diciembre, 1959.