

**PLANEACIÓN Y DISEÑO DE UN SISTEMA TRUNKING PARA LA ZONA
NORTE DEL DEPARTAMENTO DE CAQUETÁ**



JOSÉ ALEJANDRO OROZCO OROZCO

JUAN FAUSTO PUENTES BENÍTEZ

UNIVERSIDAD DEL CAUCA

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

DEPARTAMENTO DE TRANSMISIÓN

POPAYÁN

2001

**PLANEACIÓN Y DISEÑO DE UN SISTEMA TRUNKING PARA LA ZONA
NORTE DEL DEPARTAMENTO DE CAQUETÁ**

JOSÉ ALEJANDRO OROZCO OROZCO

JUAN FAUSTO PUENTES BENÍTEZ

Anexo B de la Monografía de Proyecto de Grado presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones

Director:

LUIS ALFREDO GUERRERO

Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones

UNIVERSIDAD DEL CAUCA

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

DEPARTAMENTO DE TRANSMISIÓN

POPAYÁN

2001

TABLA DE CONTENIDO

1	NORMATIVA MPT 1327	6
1.1	TIPOS DE LLAMADAS Y FACILIDADES DE COMUNICACIÓN	6
1.2	CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS MPT 13XX	7
1.3	MANEJO DE LLAMADAS	7
1.4	SISTEMAS MULTIEMLAZAMIENTO	8
1.5	PROTOCOLO DE ACCESO.....	8
1.6	TIPOS DE MENSAJES DE SEÑALIZACIÓN	9
1.7	PRINCIPIOS DEL PROTOCOLO DE ACCESO ALEATORIO.....	10
1.8	DIRECCIONAMIENTO.....	12
1.9	EJEMPLOS DE SECUENCIAS DE SEÑALIZACIÓN	17
1.9.1	<i>Llamada de Grupo</i>	<i>17</i>
1.9.2	<i>Llamada Individual a Otro Terminal con el Mismo Prefijo</i>	<i>18</i>
1.9.3	<i>Llamada Individual a Terminal con Diferente Prefijo</i>	<i>19</i>
1.9.4	<i>Mensaje de Datos Cortos Sobre el Canal de Control</i>	<i>20</i>
1.9.5	<i>Mensaje de Status</i>	<i>21</i>
1.10	TRANSMISIÓN DE DATOS EN LOS SISTEMAS MPT 1327.....	21
1.10.1	<i>Conexión de DTE con Terminales MPT 13XX (MAP 27)</i>	<i>22</i>
1.10.2	<i>Aplicaciones de Datos Sobre Redes MPT 13XX.....</i>	<i>25</i>
1.10.3	<i>Capacidad de las Redes MPT 1327</i>	<i>28</i>

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1.</i>	<i>Tipos de Mensajes de Señalización</i>	<i>10</i>
<i>Tabla 2.</i>	<i>Relación de Mensajes de Señalización</i>	<i>10</i>
<i>Tabla 3.</i>	<i>Numeración para Llamadas de Grupo</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 4.</i>	<i>Numeración Para Llamadas Individuales.....</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 5.</i>	<i>Mensajes de Nivel de Red en MAP 27</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 6.</i>	<i>Aplicaciones de Telemando Sobre Redes MPT 1327.....</i>	<i>27</i>

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Estructura de Tiempos en el Canal de Control Descendente y Respuesta de los Terminales.</i>	9
<i>Figura 2. Estructura de las Palabras-Código (Codewords).</i>	9
<i>Figura 3. Retraso del Envío de la Pareja CCSC+ADD Para Envío de DCW.</i>	9
<i>Figura 4. Estructura de Tramas de Longitud Variable.</i>	11
<i>Figura 5. Modificación Dinámica de la Longitud de Trama con el Tráfico.</i>	11
<i>Figura 6. Bloques de Direcciones Según la Norma MPT 1343 Para la Numeración Individual.</i>	13
<i>Figura 7. Bloques de Direcciones Según la Norma MPT 1343 Para la Numeración de Llamadas de Grupo.</i>	13
<i>Figura 8. Ejemplos de Numeración Según la Norma MPT 1343.</i>	14
<i>Figura 9. Algoritmos de Paso de Numeración MPT 1327 a MPT 1343.</i>	14
<i>Figura 10. Organización de Terminales, Grupos y Flotas en un Sistema de Numeración MPT 1343.</i>	15
<i>Figura 11. Tipos de Llamadas en un Sistema Trunking Según la Numeración.</i>	15
<i>Figura 12. Organigrama de un Sistema Troncal Para una Ciudad.</i>	16
<i>Figura 13. Organización de un Sistema Troncal Para una Ciudad.</i>	17
<i>Figura 14. Llamada de Grupo.</i>	18
<i>Figura 15. Llamada Individual con el Mismo Prefijo.</i>	18
<i>Figura 16. Llamada Individual con Diferente Prefijo.</i>	19
<i>Figura 17. Datos Cortos Sobre el Canal de Control.</i>	20
<i>Figura 18. Mensaje de Status.</i>	21
<i>Figura 19. Datos a Través del Canal de Control: Status y Mensajes Cortos.</i>	23
<i>Figura 20. Datos a Través del Canal de Tráfico Utilizando Radio-módems.</i>	23
<i>Figura 21. Niveles Funcionales del Protocolo MAP 27.</i>	25
<i>Figura 22. Sistema de Localización Automática de Vehículos Mediante GPS y Red MPT 1327.</i>	26
<i>Figura 23. Sistema de Telemando Sobre Red MPT 1327.</i>	27
<i>Figura 24. Modelo de Tráfico en el Canal de Control.</i>	29
<i>Figura 25. Rendimiento en una Red Aloha Ranurado.</i>	30
<i>Figura 26. Retardo en Función del Tráfico Ofrecido.</i>	30
<i>Figura 27. Capacidad Excedentaria del Canal de Señalización.</i>	31
<i>Figura 28. Caso 1. Red Troncal con Tres Canales de Tráfico y Canal de Control Dedicado.</i>	32
<i>Figura 29. Caso 2. Red Troncal con Diez Canales de Tráfico y Canal de Control Dedicado.</i>	33
<i>Figura 30. Actividad Neta del Canal de Control Descendente de Diferentes Sistemas.</i>	34

ANEXO B

1 NORMATIVA MPT 1327

1.1 TIPOS DE LLAMADAS Y FACILIDADES DE COMUNICACIÓN

En la normativa MPT 13XX se definen los siguientes tipos de llamadas y facilidades:

- a) **Llamada de voz.** Se pueden realizar llamadas individuales de voz normales o con diversa prioridad. También se puede establecer llamadas de grupo en *modo conversación* donde todos los terminales pueden hablar o en *modo aviso* (announcement mode) donde sólo el terminal que origina la llamada podrá hablar.
- b) **Llamada de datos.** Igualmente, se pueden establecer llamadas de datos individuales o de grupo a través de los canales de tráfico, utilizando una modulación previa de una subportadora de audio, sin ninguna limitación de formato o longitud.
- c) **Llamadas de emergencia.** Se pueden realizar llamadas de emergencia individuales o de grupo, tanto de voz como de datos. En el caso de que no existan canales libres, la llamada de emergencia obliga a la interrupción de una llamada en curso. No precisa confirmación del terminal llamado para conectarse.
- d) **Inclusión de llamadas.** Durante una llamada se permite la posibilidad de que otro terminal se una a la comunicación. De esta forma se pueden establecer *multiconferencias* (conference call) y *transferencias de llamadas*.
- e) **Mensajes de "status".** Se pueden enviar un máximo de 32 mensajes de "status" diferentes cuyo significado será convenido entre los usuarios de los terminales que realizan la comunicación. Solamente dos mensajes tienen un significado fijo: "llámame" (call-me-back request) y cancelación del mensaje "llámame".
- f) **Mensajes de datos cortos.** Se pueden realizar comunicaciones de hasta 184 bits a través del canal de control.

Los terminales radio individuales podrán realizar o recibir llamadas de:

- Otros terminales radio individuales o unidades conectadas a línea.
- Grupo o a todos los terminales del sistema.
- A un número de una central (PABX) hasta 9 cifras.
- A un número de la red telefónica pública conmutada (PSTN) de hasta 31 cifras.

No se podrán enviar mensajes de "status" a un terminal conectado a central PABX o a la PSTN o a grupos. Los mensajes de "status" y los mensajes cortos se podrán enviar a o recibir del TSC.

Durante el establecimiento de una comunicación, el TSC puede enviar al terminal que llama diversos tipos de información que le tendrán al tanto del progreso de la llamada: la causa de los retrasos en el establecimiento o de una llamada no completada. Las peticiones de establecimiento de comunicaciones se pueden cancelar en cualquier momento.

Los terminales radio pueden pertenecer a un número arbitrario de grupos. Sus direcciones de grupo se elegirán independientemente de su dirección individual.

Un terminal radio puede rehusar aceptar todas las llamadas que le lleguen. También se podrá programar el rechazo selectivo de llamadas dependiente del origen de las mismas. Asimismo, si un usuario no desea atender una llamada entrante en ese momento, podrá indicar que "llamará más tarde".

Si un terminal no desea recibir llamadas, puede pedir que las futuras llamadas sean redireccionadas a un destino alternativo que se especifique. También se podrá pedir el redireccionamiento de una llamada en nombre de un tercero, por ejemplo, si su terminal no está equipado con la función de desvío. El terminal que llama a un terminal redireccionado será informado de la dirección alternativa.

1.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS MPT 13XX

La capacidad de numeración que puede acomodar el protocolo MPT 1327 es de:

- 1'036.800 direcciones por sistema.
- 1.024 números de canal.
- 32.768 códigos de identidad del sistema.

El protocolo de señalización utiliza una velocidad de 1.200 bits/s empleando la técnica de modulación FFSK (fast frequency shift keying). Se realiza una primera modulación de una subportadora de audio que, posteriormente, sufrirá una modulación angular para llevar la señalización a RF (VHF, UHF).

Los terminales radio operan en símplex a dos frecuencias mientras que el conjunto repetidor TSC funciona en dúplex. Para la señalización requerida para el establecimiento de las comunicaciones se utiliza el *canal de control*. Éste puede establecerse según dos estrategias diferentes:

- Canal de control *dedicado*.
- Canal de control *no-dedicado*.

El canal de control dedicado supone que el radiocanal estará permanentemente disponible para cursar señalización mientras que el no-dedicado implica que el canal de control puede cursar tráfico (voz o datos) si todos los canales de tráfico están siendo utilizados. Los canales dedicados son aconsejables para sistemas con muchos canales, mientras que los no-dedicados se aconsejan para sistemas con pocos. El protocolo MPT 1327 permite el funcionamiento con ambos esquemas.

Por otra parte, el canal de control funciona enviando un flujo constante (síncrono) de datos en el sentido repetidor-móviles y, en el sentido contrario, se producirán transmisiones desde los móviles cuando éstos precisen acceder al sistema (flujo asíncrono), por ejemplo, para el establecimiento de comunicaciones originados en ellos. Las transmisiones desde los móviles suelen ser breves. En caso de que dos o más móviles envíen mensajes simultáneamente, se producirán *colisiones* entre los paquetes de señalización que provocarán que los mensajes se pierdan. El protocolo de señalización deberá solventar estos problemas de tal forma que no se bloquee el sistema.

Para proporcionar una adecuada protección frente a otros sistemas interferentes se dispone de mecanismos como el etiquetado de los mensajes con el código de identidad del sistema y, en algunos casos, el número de canal. En casos de mucha interferencia se podrá traspasar el control a otro canal diferente.

En caso de avería del sistema se puede revertir a funcionamiento como repetidor convencional. Esto se denomina “fall-back mode” o modo supletorio o funcionamiento degradado.

1.3 MANEJO DE LLAMADAS

Los sistemas troncales MPT 13XX son sistemas de espera, frente a los sistemas de pérdidas como los celulares. En éstos, si todos los canales de una célula están ocupados, las llamadas que lleguen en ese momento no serán atendidas y se precisará una nueva marcación. En los sistemas de espera, las peticiones, si no pueden ser cursadas inmediatamente, son puestas en “cola de espera” hasta que se libere algún canal de tráfico. También se pueden poner en cola de espera las llamadas en las que el interlocutor o el terminal al que se llama esté ocupado en ese momento (“estén comunicando”) aunque existan canales libres.

El TSC comprobará que el terminal llamado se encuentra en contacto radio (dentro de cobertura). De esta forma, se evita ocupar un canal de tráfico inútilmente. También se podrá comprobar que el operador del terminal llamado está listo para recibir la llamada y evitar una asignación de un canal de tráfico a un terminal cuyo usuario no lo está atendiendo.

El sistema permite, asimismo, el envío de *señalización de mantenimiento y terminación de la comunicación* una vez establecida y ya sobre el propio canal de tráfico correspondiente. La

señalización de mantenimiento permite una pronta liberación del canal de tráfico ocupado al final de una conversación o en caso de pérdida del enlace durante la llamada. Cada vez que se deja de presionar el PTT se envía señalización de mantenimiento. En ciertos sistemas, los terminales radio envían señalización cada vez que se presione el PTT. El TSC, en caso de recibir la señal de DESCONECTAR o si expira alguna temporización, enviará el mensaje de LIBERAR el canal de tráfico.

Como precaución frente al uso fraudulento del sistema por parte de terminales no autorizados, el TSC puede, en cualquier momento, indicar al terminal que transmita su *número de serie* exclusivo. El sistema comparará entonces el número de serie con el esperado para detectar el acceso de un intruso.

1.4 SISTEMAS MULTIEMPLAZAMIENTO

La normativa MPT 13XX permite también establecer sistemas multiemplazamiento para coberturas extensas. Para esto se pueden utilizar diversas técnicas:

- Operación en isofrecuencia.
- Canal de control diferente en cada emplazamiento.
- Canal de control compartido por división en el tiempo.

El protocolo incluye la posibilidad de implementar la facilidad de “registro” (registration) para ayudar a la constitución de sistemas multiemplazamiento y redes de TSC. El registro consistirá en que el terminal radio informará al TSC de su posición según va desplazándose por distintos emplazamientos (roaming).

Los TSC pueden difundir (broadcast) información para ayudar a los terminales radio que buscan un canal de control cuando se desplazan por una red extensa. Por ejemplo, pueden indicar los canales de control que le pertenecen a él o a TSC adyacentes.

1.5 PROTOCOLO DE ACCESO

En esta sección se describirán de forma resumida los aspectos fundamentales del protocolo de señalización. Asimismo, se darán ejemplos simplificados de secuencias de señalización para el establecimiento de diversos tipos de llamadas.

El canal de control se organiza en *intervalos de tiempo* (IT) (time slots) de 106,7 ms (128 bits) en una configuración típica Aloha ranurado (slotted Aloha). Cada mensaje de señalización se envía durante un intervalo de tiempo. La sincronización del sistema se realiza desde el canal de control descendente mediante la división del tiempo según la estructura continua que se presenta en la Figura 1, enviándose dos *palabras-código* (codewords) de 64 bits cada una en cada intervalo de tiempo:

1. *Palabra-código de canal de control del sistema* (CCSC), que identifica el sistema a los terminales radio y proporciona la sincronización para la siguiente palabra-código de dirección.
2. *Palabra-código de dirección*, es la primera palabra de cualquier mensaje y define la naturaleza del mismo.

En caso de que se envíen mensajes más largos se transmiten *palabras-código de datos* asociadas a la palabra código de dirección y se retrasan tanto el CCSC como la palabra-código de dirección siguiente.

Los terminales radio deberán poder recibir un mensaje del TSC en un intervalo de tiempo, transmitir una respuesta en el siguiente y, luego, resintonizarse al canal de control descendente a tiempo para poder recibir de nuevo mensajes del TSC.

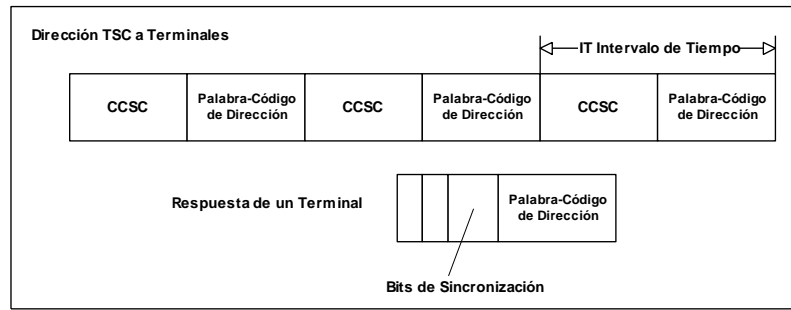


Figura 1. Estructura de Tiempos en el Canal de Control Descendente y Respuesta de los Terminales.

Cada palabra-código tiene la estructura que se describe en la Figura 2. De los bits 49 a 64, los 15 primeros son de comprobación y se calculan mediante un código cíclico (63, 48). Finalmente, se añade al final del bloque de 63 bits un bit de paridad par.

En caso de que haya mensajes que requieran el envío de palabras código adicionales no se debe romper la estructura de intervalos de tiempo. Se retrasará, por tanto, la emisión de la siguiente palabra-código CCSC y palabra-código de dirección, como se indica en la Figura 3.

Cuando el mensaje consta de un número impar de palabras-código de datos, se añade una *palabra-código de relleno* (filler codeword) para no romper la estructura de tiempos Aloha ranurado.

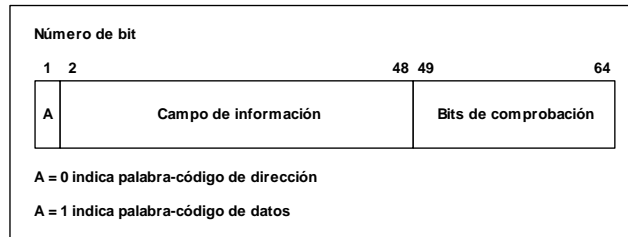


Figura 2. Estructura de las Palabras-Código (Codewords).

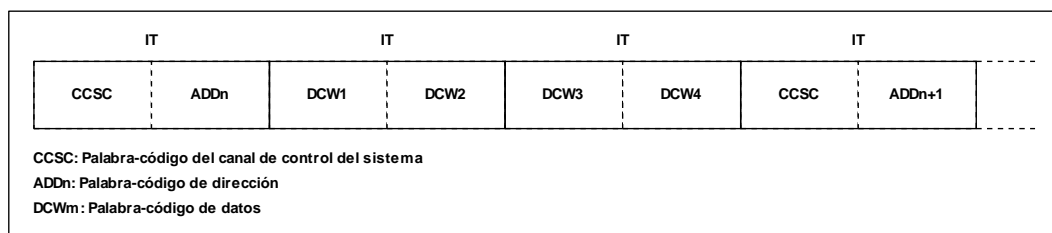


Figura 3. Retraso del Envío de la Pareja CCSC+ADD Para Envío de DCW.

1.6 TIPOS DE MENSAJES DE SEÑALIZACIÓN

Los mensajes de señalización se pueden clasificar en los siguientes tipos (Tabla 1):

Tabla 1. Tipos de Mensajes de Señalización

Tipo de mensaje	Sentido	Función
Aloha	TSC-Terminales	Para invitar a transmitir a los terminales y controlar el acceso aleatorio.
Solicitudes (Requests)	Terminales-TSC	Petición de comunicaciones/transacciones.
AHOY	TSC-Terminales	Para pedir respuesta de un terminal direccionado.
Acuses de recibo (ACK)	Ambos sentidos	Acuses de recibo.
Pasar a Canal (GTC)	TSC-Terminales	Pasar a canal de tráfico (Go-To-Channel).
Mensajes dirección simple	Terminales-TSC	Para direccionamientos extendidos.
Mensajes de datos cortos	Ambos sentidos	Datos cortos.
Mensajes misceláneos	TSC-Terminales	Para control del sistema.

Tabla 2. Relación de Mensajes de Señalización

ALH	general Aloha invitation	RQS	requests: "simple"
ALHS	standard data excluded	RQD	standard data
ALHD	"simple"calls excluded	RQX	cancel/abort
ALHE	emergency only	RQT	divert
ALHR	registration or emergency	RQE	emergency
ALHX	registration excluded	RQR	registration
ALHF	fall-back mode	RQQ	status
ACK	acknowledgements: general	RQC	short data
ACKI	intermediate	AHY	AHOYs: general availability check
ACKQ	call queued	AHYX	cancel alert/waiting state
ACKX	message rejected	AHYQ	status message
ACKV	called unit unavailable	AHYC	short data invitation
ACKE	emergency	MARK	miscellaneous: control channel marker
ACKT	try on given address	MAINT	call maintenance
ACKB	call-back/negative ack	CLEAR	call clear-down
SAMO	single address messages: outbound	MOVE	move control channel
SAMIU	inbound unsolicited	BCAST	broadcast
SAMIS	inbound solicited	HEAD	short data message

1.7 PRINCIPIOS DEL PROTOCOLO DE ACCESO ALEATORIO

El protocolo de señalización debe establecerse de tal manera que minimice la colisión de mensajes en el canal de control ascendente. Para ello se establece un sistema de acceso *Aloha ranurado* con una estructura superpuesta de *tramas (frames)* de longitud variable dinámicamente.

El protocolo de acceso aleatorio trata de minimizar los retardos en dar curso a las llamadas, asegura la estabilidad y mantiene el flujo neto (*throughput*) del sistema bajo altas cargas de tráfico.

El principio de funcionamiento se describe con la ayuda de la Figura 4 que presenta una secuencia de mensajes enviados en el canal de control en ambas direcciones. El TSC transmite un mensaje de sincronización Aloha ALH para invitar a los terminales a enviar mensajes de acceso aleatorio. El mensaje ALH contiene el parámetro (N) que indica el número de intervalos de tiempo siguientes que están disponibles para el acceso desde los terminales. El conjunto de (N) intervalos de tiempo constituyen una trama.

El terminal accede, siempre que esté permitido, en el intervalo más inmediato posible sin esperar al comienzo de una nueva trama. Sólo en caso de que el acceso este vedado por alguna razón, esperará a que acabe la trama en curso y elegirá aleatoriamente un intervalo de tiempo de la trama siguiente.

La longitud de la trama (N) puede optimizarse en función de la carga de tráfico para evitar excesivas colisiones y minimizar el retardo de acceso. Para ello, el TSC monitoriza la actividad del canal de control. En la Figura 5 se ilustra este mecanismo de modificación dinámica de la longitud de trama.

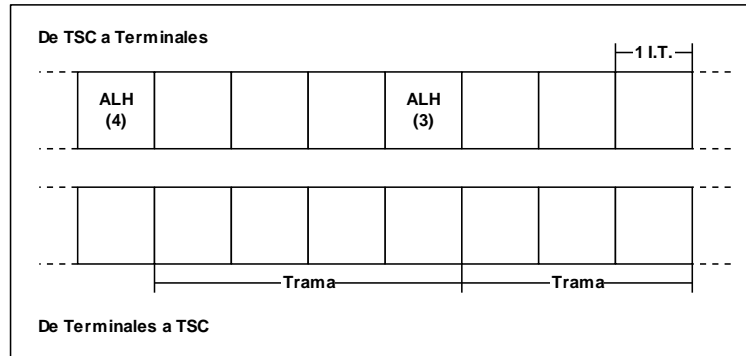


Figura 4. Estructura de Tramas de Longitud Variable.

El TSC detecta la colisión de las peticiones RQS1 y RQS2 y define una trama más larga con el mensaje ALH(2). Los terminales repiten sus peticiones y, aleatoriamente, en este caso, eligen intervalos diferentes. A cada petición se le da un acuse de recibo en el siguiente intervalo de tiempo. Cuando no existan colisiones, la longitud de trama se podrá reducir. En este ejemplo, el mensaje ALH(0) no define una trama y el ACKQ(1) da acuse de recibo y también define una trama nueva de un intervalo de tiempo.

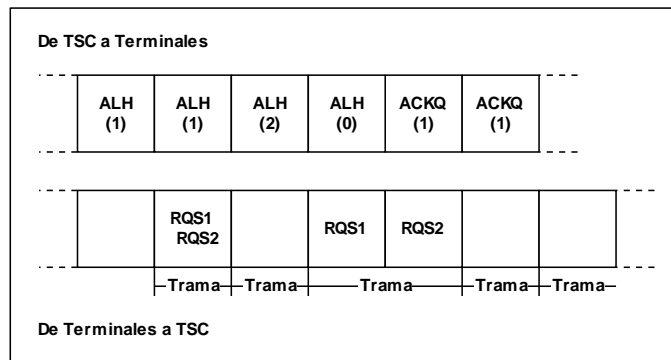


Figura 5. Modificación Dinámica de la Longitud de Trama con el Tráfico.

La carga de señalización sobre el canal de control se reduce permitiendo que los mensajes de acuse de recibo y paso a canal (Go-To-Channel) contengan el parámetro (N) *longitud de trama*. De esta forma pueden definirse las tramas sin necesidad de utilizar explícitamente un mensaje Aloha.

Durante una trama, el TSC puede transmitir mensajes que soliciten la respuesta de un terminal radio concreto. Estos mensajes inhiben el acceso aleatorio en el siguiente intervalo de tiempo a todos los terminales y reservan dicho IT para la respuesta del terminal especificado.

El TSC podrá reservar tramas para tipos específicos de solicitudes de comunicación por medio de mensajes Aloha específicos, por ejemplo, el mensaje ALHE invita solamente a la solicitud de llamadas de emergencia. También se puede reservar tramas para subconjuntos de terminales, es decir, subdivisión por direcciones.

1.8 DIRECCIONAMIENTO

En la norma MPT 1327 se especifica que la dirección de un terminal radio es un número de 20 bits divididos en dos campos:

- PREFIJO de 7 bits (*PFIX*).
- IDENTIDAD de 13 bits (*IDENT*).

Normalmente, todos los integrantes de una flota tienen el mismo prefijo.

Este sistema de numeración compuesto de *prefijo* e *identidad* permite que la mayoría de los mensajes incluyan dos direcciones: la del terminal que llama y la del llamado ya que sólo se incluirá el prefijo una vez. Por ejemplo, las solicitudes de comunicación y mensajes de pasar a canal (Go-To-Channel) contienen dos identidades y un solo prefijo.

Para realizar una llamada a un terminal con el mismo prefijo, el mensaje de solicitud de llamada debe contener toda la información necesaria para la realización de ésta. Sin embargo, para comunicar con un terminal con prefijo diferente, los detalles de la llamada no caben en una única palabra-código de dirección. Este tipo de llamadas requiere el uso de *procedimientos extendidos de direccionamiento*, lo mismo que para llamar, en la mayoría de los casos, a extensiones de PABX o a la PSTN.

El sistema de numeración recogido en la norma MPT 1327 es poco flexible de cara a configurar sistemas de numeración más complejos como los que se encuentran en los sistemas públicos PAMR (Public Access Mobile Radio) como son los sistemas en Banda III. En la norma MPT 1343 se define un nuevo sistema de numeración superpuesto al propio de la norma MPT 1327.

La norma MPT 1343 establece que un *número de red individual* constará de:

- *NP*: número de prefijo con un rango de 200 a 327.
- *FIN*: número individual de flota con un rango de 2.001 a 4.999.
- *UN*: número de unidad que puede ser de dos dígitos con un rango de 20 a 89 con flotas de hasta 70 terminales o de tres dígitos con un rango de 200 a 899 (700 terminales).

y un *número de grupo de red* que constará de:

- *NP*: número de prefijo con un rango de 200 a 327.
- *FGN*: número de grupo de flota con un rango de 5.001 a 6.050.
- *GN*: número de grupo que puede ser de dos dígitos con un rango de 90 a 99 o de tres dígitos con un rango de 900 a 998.

Cada terminal puede ser asignado a más de un grupo y, de este modo, podría responder a más de un grupo.

La organización de las flotas debe asegurar que la mayoría de las llamadas entre usuarios se hacen entre aquellos que comparten el mismo prefijo. El rango de identidades se divide en *bloques* que el operador de red asigna a cada flota o grupo (Figuras 6 y 7). Cada flota deberá tener asignado un número adecuado de identidades para permitir una expansión razonable.

El objetivo fundamental del *plan de numeración* es permitir que se use un número pequeño de dígitos para los números utilizados más frecuentemente, en lugar de utilizar secuencias largas de dígitos.

Las llamadas individuales dentro de una flota se realizan asignando un número de comienzo (20 o 200 dependiendo del tamaño de la flota) a la identidad más baja que se asigna a la flota o *identidad base* (*IBI*). Igualmente sucede para las llamadas de grupo, asignando un número de comienzo (90 o 900, dependiendo del tamaño de la flota) a la identidad más baja dentro de la flota o *identidad base* (*GBI*) asociada para la flota a llamadas de grupo.

En la Figura 8 se presentan ejemplos de numeración según la norma MPT 1343. En la Figura 9 se ilustra el *algoritmo* utilizado para pasar de direccionamiento MPT 1327 a numeración MPT 1343 y viceversa. Los números MPT 1343 que marca el usuario se traducen en el terminal en una dirección MPT 1327 que es la que realmente se transmite por el canal de control.

En la Figura 10 se ilustra un supuesto escenario donde se definen flotas, grupos, etc. En la Figura 11 se representan las diferentes posibilidades de llamadas tanto de grupo como individuales, así como las distintas numeraciones que es necesario marcar para completar los diferentes tipos de llamadas indicados.

El esquema de numeración reflejado en la Figura 11 se representa también en los Tablas 3 y 4. Como ejemplo, en las Figuras 12 y 13 se representa una organización en grupos y flotas para una aplicación de radiocomunicación en una ciudad que da servicio a diversas instituciones y entidades de la misma.

Identidades		FIN	Nº individual	Tamaño de flota
ID Base	2269	3100	89	70
	.		.	
	.		.	
	2201		21	
	2200		20	
ID Base	2199	3100	395	196
	.		.	
	.		.	
	2007		203	
	2006		202	
ID Base	2005	3100	201	196
	2004		200	
	2003		41	
	.		.	
ID Base	.	2991	.	22
	.		.	
	.		.	
	1982		20	

Figura 6. Bloques de Direcciones Según la Norma MPT 1343 Para la Numeración Individual.

Identidades		FGN	Nº de grupo	Rango
ID Base	7099	5502	995	96
	.		.	
	.		.	
	7007		903	
	7006		902	
ID Base	7005	5502	901	96
	7004		900	
ID Base	7003	5498	97	8
	.		.	
	.		.	
	6996		90	

Figura 7. Bloques de Direcciones Según la Norma MPT 1343 Para la Numeración de Llamadas de Grupo.

NP	FIN	UN	Números individuales
245	3456	23	
201	3578	467	

NP	FGN	GN	Números de grupo
245	5456	93	
201	5578	967	

Figura 8. Ejemplos de Numeración Según la Norma MPT 1343.

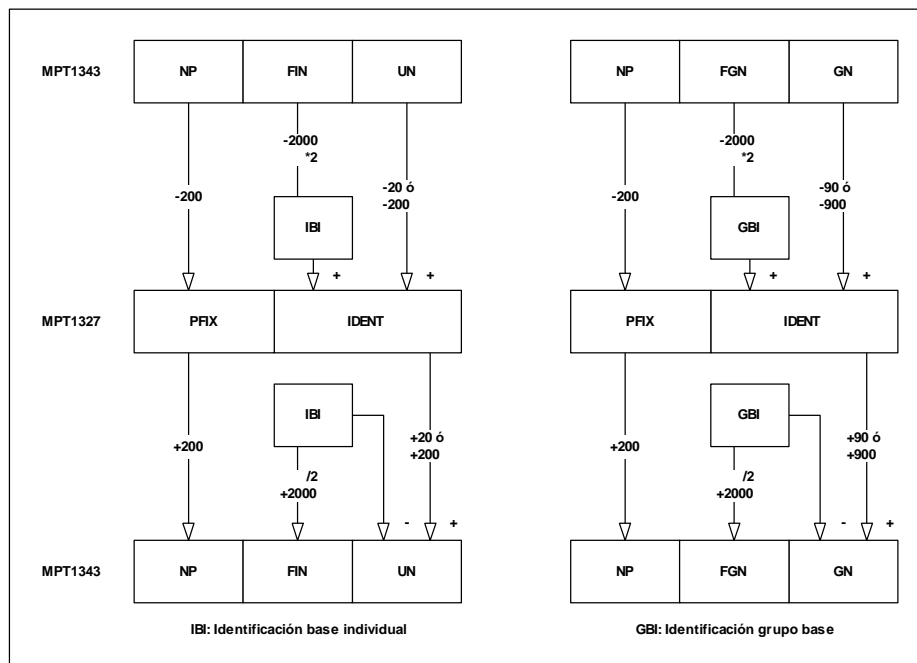


Figura 9. Algoritmos de Paso de Numeración MPT 1327 a MPT 1343.

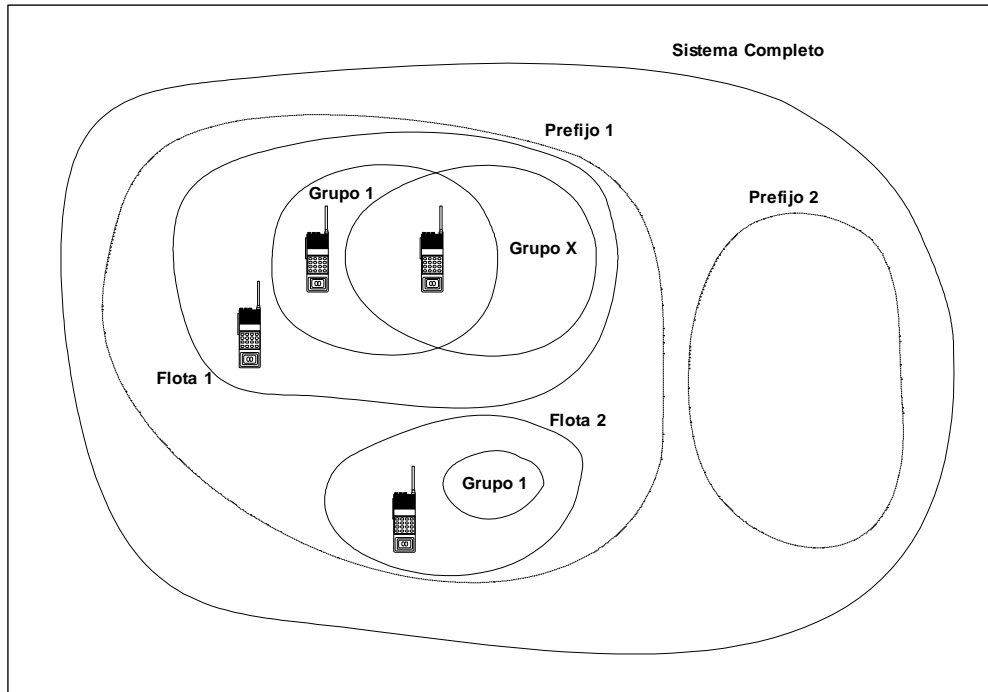


Figura 10. Organización de Terminales, Grupos y Flotas en un Sistema de Numeración MPT 1343.

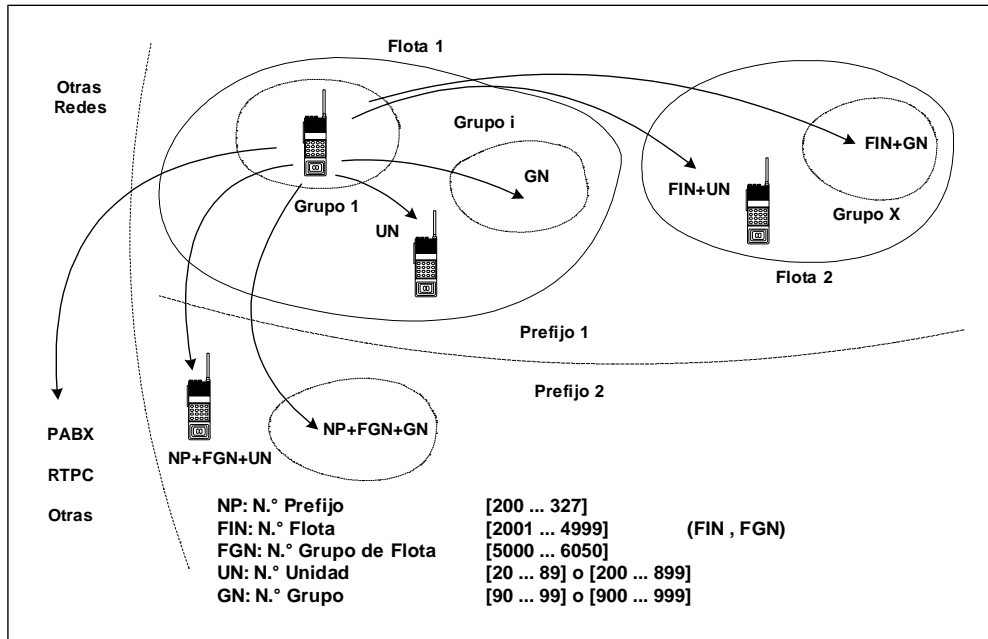


Figura 11. Tipos de Llamadas en un Sistema Trunking Según la Numeración.

Tabla 3. Numeración para Llamadas de Grupo

Grupo llamado	Tipo	NP	FGN	GN
En la misma Flota		No Usado	No usado	90 ... 99
En diferente Flota	Llamada inter-flota	No Usado	5001 ... 6050	6
Con otro Prefijo	Llamada inter-prefijo	200 ... 327		900 ... 999

Tabla 4. Numeración Para Llamadas Individuales

Unidad llamada	Tipo	NP	FIN	UN
En la misma Flota		No Usado	No usado	20 ... 89
En diferente Flota	Llamada inter-flota	No Usado	2001 ... 4999	6
Con otro Prefijo	Llamada inter-prefijo	200 ... 327		200 ... 899

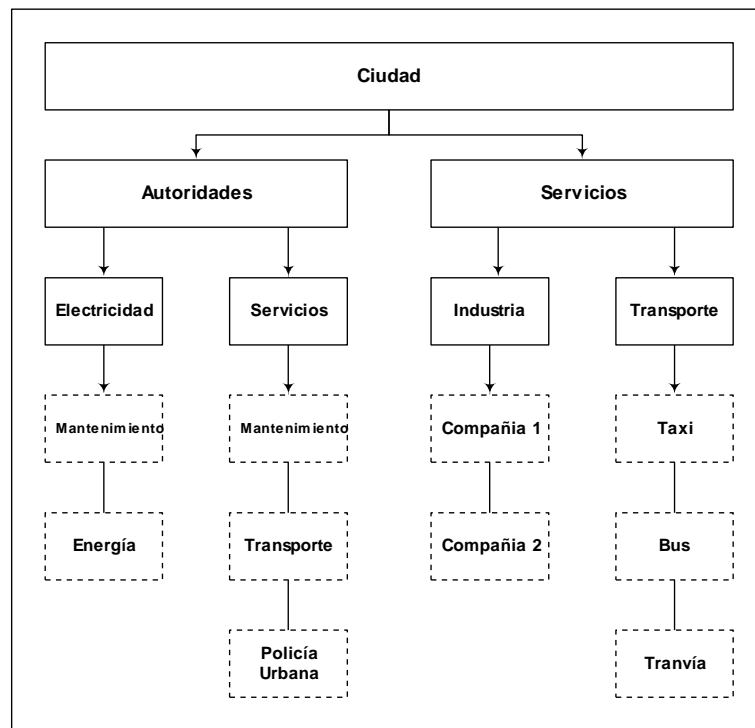


Figura 12. Organigrama de un Sistema Troncal Para una Ciudad.

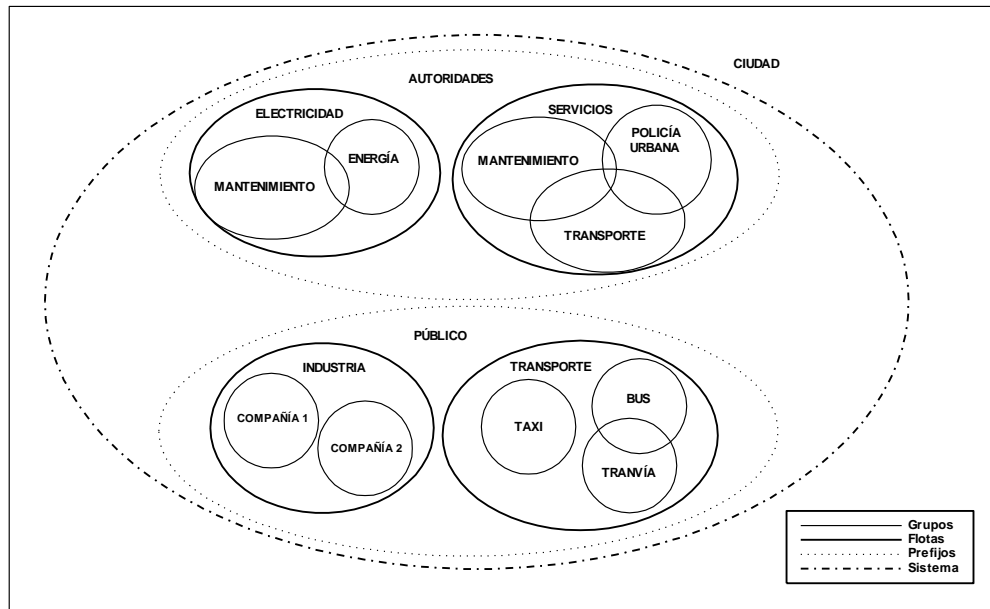


Figura 13. Organización de un Sistema Troncal Para una Ciudad.

1.9 EJEMPLOS DE SECUENCIAS DE SEÑALIZACIÓN

En este apartado se describen de forma simple algunos ejemplos de secuencias de mensajes de señalización sobre el canal de control para el establecimiento de diferentes tipos de comunicaciones. En estos ejemplos, no se muestra la repetición de mensajes deteriorados por colisiones o propagación con desvanecimientos. También debe tenerse presente que, una vez que una comunicación está establecida, se producen intercambios de señalización de mantenimiento y terminación de la llamada a través del propio canal de tráfico.

En general, para el establecimiento de una comunicación se pasará por las fases siguientes:

- Solicitud de comunicación.
- Instrucciones de envío de información de direccionamiento extendido.
- Comprobación de la disponibilidad de los terminales.
- Asignación de un canal de tráfico o puesta en cola en su caso. Eliminación de la llamada si se supera el máximo número de reintentos por colisión.

1.9.1 Llamada de Grupo

En este apartado se describirá la secuencia de mensajes para el establecimiento de una llamada de grupo entre terminales con el mismo prefijo (Figura 14). En las llamadas de grupo no se comprueba la disponibilidad de los terminales. En este ejemplo, todos los canales de tráfico se suponen en uso cuando se realiza la solicitud y, por tanto, la llamada se pone en cola de espera.

1. ALH: invitación Aloha general e indicación de trama de un intervalo.
2. RQS: solicitud de comunicación.
3. ACKQ: el TSC acusa recibo del mensaje RQS que informa al terminal que llama de que su comunicación está en cola de espera.
4. GTC: cuando haya canal de tráfico disponible el TSC envía la orden de paso a canal (Go-To-Channel). Este mensaje indica a los terminales que conmuten al canal de tráfico asignado para la comunicación. En este ejemplo el mensaje GTC se repite para mejorar la fiabilidad.

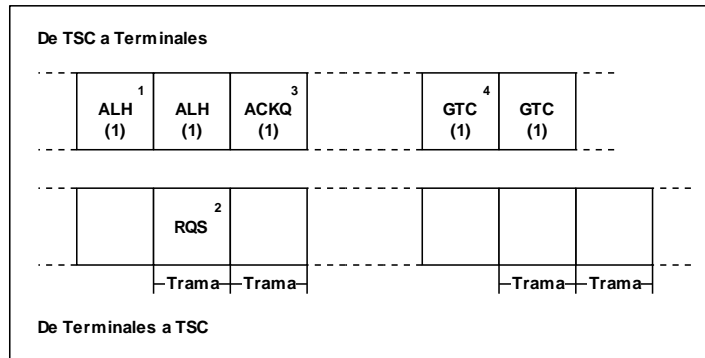


Figura 14. Llamada de Grupo.

En este ejemplo, en caso de que existiese algún canal de tráfico disponible, el TSC podría enviar un mensaje GTC inmediatamente después de la solicitud RQS.

1.9.2 Llamada Individual a Otro Terminal con el Mismo Prefijo

Aquí se detallan los intercambios de señalización a través del canal de control para el establecimiento de una llamada individual entre dos terminales con el mismo prefijo (Figura 15). En este caso, se tienen los siguientes pasos: petición de comunicación, comprobación de disponibilidad y asignación de canal.

1. ALH: invitación Aloha general definiendo una trama de tres intervalos.
2. RQS: solicitud de comunicación.
3. AHY: mensaje de comprobación de disponibilidad que tiene los siguientes efectos:
 - Acusa recibo de la solicitud RQS.
 - Pide una respuesta al terminal llamado para así comprobar que está en contacto radio.
 - Inhibe el acceso aleatorio en el siguiente intervalo de forma que sólo el terminal llamado pueda responder.
4. ACK: acuse de recibo del terminal llamado, enviado en el intervalo reservado para su respuesta.
5. GTC: mensaje de paso a canal instruyendo a ambos terminales a que conmuten al canal de tráfico especificado para su comunicación. En este ejemplo, el mensaje GTC se repite para mejorar la fiabilidad.

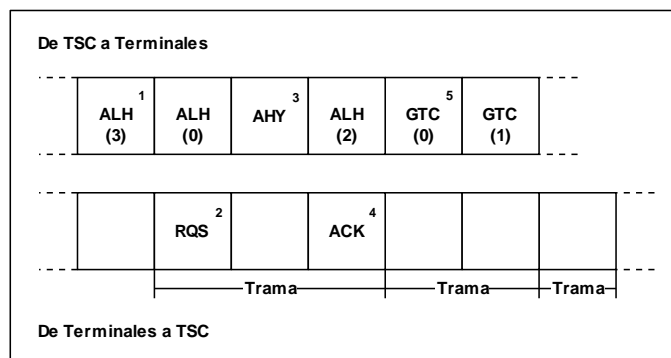


Figura 15. Llamada Individual con el Mismo Prefijo.

También, en este ejemplo, el terminal llamado está en contacto radio y, por tanto, responde al mensaje AHY. Si el terminal llamado no pudiera ser contactado, el TSC podría indicar el fallo al terminal que llama enviando un acuse de recibo ACKV (called unit unavailable).

Tanto en éste como en el próximo ejemplo, el TSC comprueba solamente que el terminal llamado está en contacto radio antes de asignar un canal de tráfico. El TSC podría también comprobar si el usuario del terminal llamado está listo. Si no lo estuviere, el terminal responderá con un acuse de recibo ACKI y toma la acción de alertarle. Luego, cuando el usuario esté listo para recibir la llamada, el terminal podrá enviar un mensaje de status RQQ para informar al TSC.

El mensaje ALH (0), en estos ejemplos, se usa como mensaje de relleno (dummy) en intervalos de tiempo que no lleven señalización de interés para el ejemplo. En la práctica, estos intervalos de tiempo podrán ser usados para la señalización relativa a otra llamada o para mensajes de difusión que contienen información referente al sistema.

1.9.3 Llamada Individual a Terminal con Diferente Prefijo

En este caso se describe la secuencia de mensajes de señalización para establecer una comunicación individual entre terminales de diferentes prefijos (Figura 16).

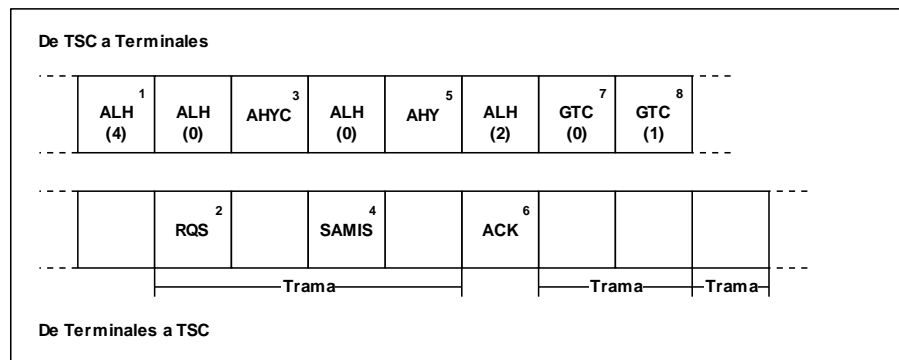


Figura 16. Llamada Individual con Diferente Prefijo.

La secuencia de señalización incluye, al igual que en el ejemplo anterior, los siguientes pasos: solicitud de comunicación, comprobación de disponibilidad y asignación de canal. No obstante, se tendrá un paso adicional en el cual, después de recibir el mensaje de petición RQS, el TSC envía un mensaje AHYC para invitar al terminal que llama a transmitir la dirección completa del terminal llamado. También se enviarán mensajes separados de GTC para indicar a ambos terminales que pasen al canal de tráfico asignado dado que el GTC sólo contiene un prefijo.

1. ALH: invitación Aloha general indicando una trama de cuatro intervalos.
2. RQS: petición de llamada inter-prefijo. La petición contiene la dirección del terminal que llama (prefijo + identidad), pero la identidad del terminal llamado se sustituye por un número específico que indica que se precisa direccionamiento extendido.
3. AHYC: mensaje de invitación a mandar datos cortos que,
 - Acusa recibo del mensaje RQS.
 - Indica al terminal que llama que envíe la dirección del terminal llamado.
 - Inhibe el acceso aleatorio en el siguiente IT.
4. SAMIS: mensaje de direccionamiento simple (single address message) que envía el terminal que llama conteniendo la dirección completa (prefijo + identidad) del terminal llamado.
5. AHY: mensaje de comprobación de disponibilidad que pide respuesta del terminal llamado. En este ejemplo el mensaje es de una sola palabra-código, esto es, la dirección de la unidad que llama no va en el mensaje.

6. ACK: acuse de recibo del terminal llamado.
7. GTC: mensaje de paso a canal que indica al terminal llamado que se pase al canal de tráfico seleccionado para la comunicación.
8. GTC: mensaje de paso a canal que indica al terminal que llama que se pase al canal de tráfico seleccionado para la comunicación.

1.9.4 Mensaje de Datos Cortos Sobre el Canal de Control

En este ejemplo se ilustra el envío de un mensaje de datos cortos a través del canal de control (sin precisarse hacer uso de un canal de tráfico) desde un terminal a otro (Figura 17). En esta comunicación el mensaje de datos consta de una palabra-código de dirección y tres palabras-código de datos adicionales enviados inmediatamente después de la dirección. Cada palabra-código de datos contiene 46 bits de datos con formato libre.

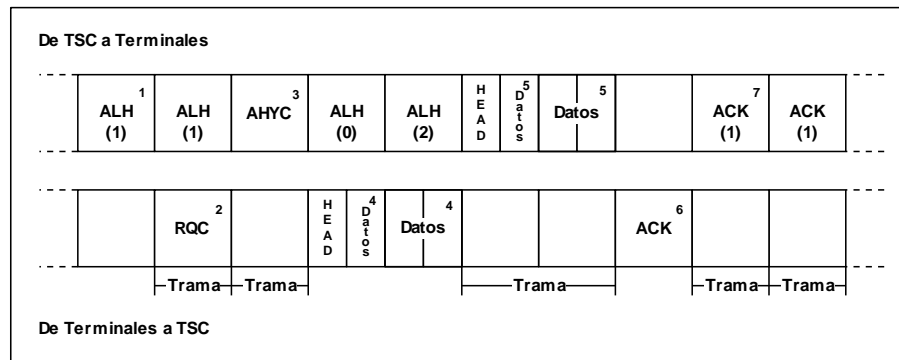


Figura 17. Datos Cortos Sobre el Canal de Control.

En este caso se tienen las siguientes fases: el terminal que llama envía una petición, el TSC instruye al terminal a que envíe el mensaje de datos y cuando los recibe los reenvía al terminal llamado. Finalmente, indica el éxito de la transacción a la unidad que llama.

1. ALH: invitación Aloha general y definición de trama de un intervalo.
2. RQC: petición de transmisión de mensajes cortos. La petición indica el número de intervalos necesarios para el mensaje de datos, en este caso dos intervalos.
3. AHYC: invitación a enviar datos cortos que:
 - Acusa recibo del mensaje RQC.
 - Instruye al terminal que llama a enviar el mensaje de datos en los dos intervalos siguientes.
4. HEAD + datos: el terminal que llama envía su mensaje de datos cortos al TSC. En este ejemplo el mensaje consta de una palabra-código de dirección (HEAD) y tres palabras-código de datos enviadas inmediatamente después.
5. HEAD + datos: el TSC dirige el mensaje de datos cortos al terminal llamado.
6. ACK: acuse de recibo del terminal llamado indicando que el mensaje ha sido aceptado.
7. ACK: acuse de recibo enviado al terminal que llama para indicar que el terminal llamado ha aceptado el mensaje de datos. En este ejemplo, el TSC inmediatamente repite el ACK para mejorar la fiabilidad.

En este ejemplo se ha supuesto que se transmiten tres palabras de datos. Es posible enviar hasta cuatro palabras de datos. En caso de que se envíen *dos* o *cuatro* palabras, como quedaría medio intervalo incompleto, éste se completaría con una palabra código de relleno (filler).

1.9.5 Mensaje de Status

Se presenta aquí la secuencia de mensajes sobre el canal de control para enviar un mensaje de status a un terminal con el mismo prefijo (Figura 18).

1. ALH: invitación Aloha general marcando una trama de un intervalo.
2. RQQ: petición de acceso aleatorio solicitando que la información de status se reenvíe al terminal llamado.
3. AHYQ: mensaje AHOY de status que:
 - Acusa recibo al mensaje RQQ.
 - Reenvía la información al terminal llamado y pide una respuesta.
4. ACK: acuse de recibo del terminal llamado indicando la aceptación de la información.
5. ACK: acuse de recibo enviado al terminal que llama para indicarle que el terminal llamado ha aceptado la información. En este ejemplo, el mensaje ACK se repite para mayor fiabilidad.

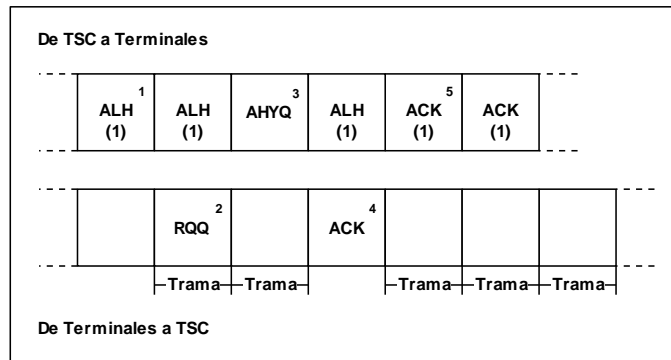


Figura 18. Mensaje de Status.

1.10 TRANSMISIÓN DE DATOS EN LOS SISTEMAS MPT 1327

Los sistemas MPT 1327 están orientados hacia la prestación del servicio más solicitado por los usuarios potenciales de redes de radiotelefonía de grupo cerrado (PMR o PAMR), que es el de transmisión de voz. No obstante, estos sistemas disponen de facilidades limitadas de transmisión de datos que pueden utilizarse para la creación de determinados servicios optimizando la utilización de estas redes al reducir la ocupación de los canales, (las comunicaciones de datos serán, por lo general, más cortas que las de fonía). Por otra parte, permiten resolver necesidades de comunicación reemplazando de forma más eficiente soluciones basadas en la intervención humana por comunicaciones directas de terminal de datos móviles a ordenador central o viceversa.

La red de radiocomunicación presta el servicio “portador” sobre el que se pueden establecer las aplicaciones de transmisión de datos. Los sistemas troncales MPT 1327 permiten, a pesar de estar concebidos especialmente para servicios de fonía, soportar la mayoría de las aplicaciones de datos móviles, salvo las que requieran grandes velocidades binarias.

Como *ventajas* de la utilización de transmisión de datos vía radio pueden destacarse las siguientes:

- La automatización de las transacciones, que disminuye notablemente la carga de trabajo del despachador, liberándolo de operaciones rutinarias y pudiendo concentrarse en tareas urgentes o de mayor importancia.
- La mayor rapidez de las transacciones reduce la congestión de los canales y permite un mayor número de terminales por canal, lo cual mejora la utilización del espectro.

-
- El acceso, vía computador, a bases de datos, sin intervención del despacho, presta gran agilidad al trabajo desde los móviles.
 - La tecnología digital permite asegurar un alto nivel de privacidad a los mensajes, así como de protección a los accesos a las bases de datos.
 - Se dispone de otras ventajas de la tecnología digital tales como la posibilidad de utilizar códigos de control de errores y funciones de emulación.
 - Es particularmente importante la posibilidad de conexión a otros recursos informáticos en sistemas compartidos.
 - Puede quedar constancia escrita de los mensajes y órdenes en impresoras sencillas de vehículo.
 - Puede establecerse la conexión de un PC en el vehículo con capacidad de transmisión de gráficos y planos.
 - Pueden implantarse controles de llamada: temporización, enrutamiento.
 - Mayor flexibilidad de adaptación de innovaciones tecnológicas. Permite la definición de nuevas aplicaciones informáticas con la introducción de mejoras a servicios que ya se venían prestando sobre el mismo sistema de transmisión.

En cuanto a los *inconvenientes*, éstos se derivan de la problemática relativa a la propagación en entornos de sombra y multitrayecto. Este ambiente hostil a las radiocomunicaciones provoca la necesidad de proteger los datos de forma más exhaustiva que en el caso de las comunicaciones vía línea telefónica. Esto se consigue mediante la utilización de códigos detectores o correctores de errores. Estos códigos aumentan el número de bits adicionales que es preciso enviar por radio, reduciendo la capacidad de transmisión.

La velocidad de transmisión binaria es inferior a la que se puede conseguir en una línea telefónica, dado que el medio es más hostil y, por otra parte, por la utilización de dos modulaciones, una digital en la banda de audio y otra analógica (FM) para pasar a RF. Las velocidades máximas son, en general, menores a los 9.600 bps, puesto que habrá que respetar los límites de ancho de banda del canal y de radiación en canales adyacentes.

Habitualmente, la transmisión de datos sobre canales de tráfico sólo se utiliza para el envío de grandes cantidades de datos, mientras que para las comunicaciones que requieran poco volumen de datos tanto unidireccionales como bidireccionales se usan mensajes de “status” o de datos “cortos” a través del canal de control.

Es importante tener presente, no obstante, que el canal de control estará principalmente dedicado al establecimiento de las comunicaciones. Una carga excesiva de tráfico de mensajes de “status” y de datos “cortos” puede volver lento inaceptablemente el proceso de establecimiento de las llamadas convencionales de voz o de datos a través de canales de tráfico.

1.10.1 Conexión de DTE con Terminales MPT 13XX (MAP 27)

El protocolo MAP 27 especifica la interfaz entre un equipo terminal radio y un equipo terminal de datos (DTE) a través del puerto serie RS-232. Esta interfaz da acceso y define los procedimientos de establecimiento de llamada y transferencia de datos especificados en la norma MPT 1327. En las Figuras 19 y 20, se ilustra el ámbito de aplicación de la norma MAP 27. MPT 1327 define la señalización radio (interfaz-aire) mientras que la norma MAP 27 especifica la señalización, procedimientos, etc., de conexión entre el terminal radio y un terminal de datos.

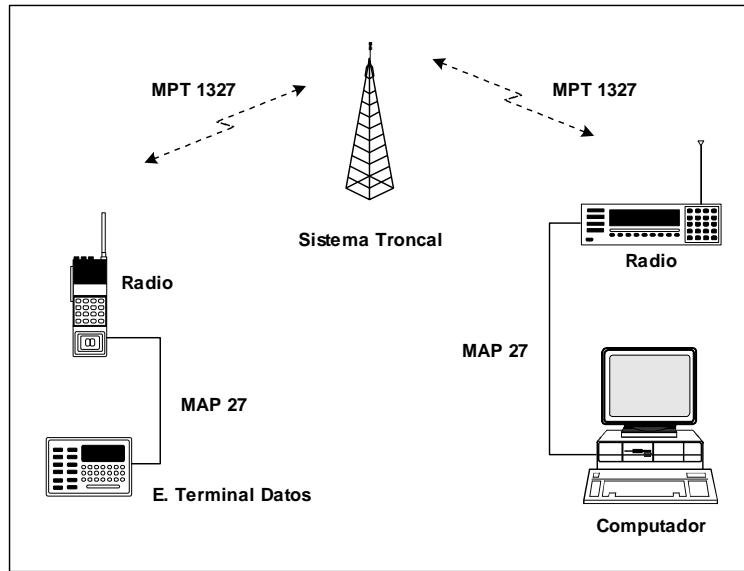


Figura 19. Datos a Través del Canal de Control: Status y Mensajes Cortos.

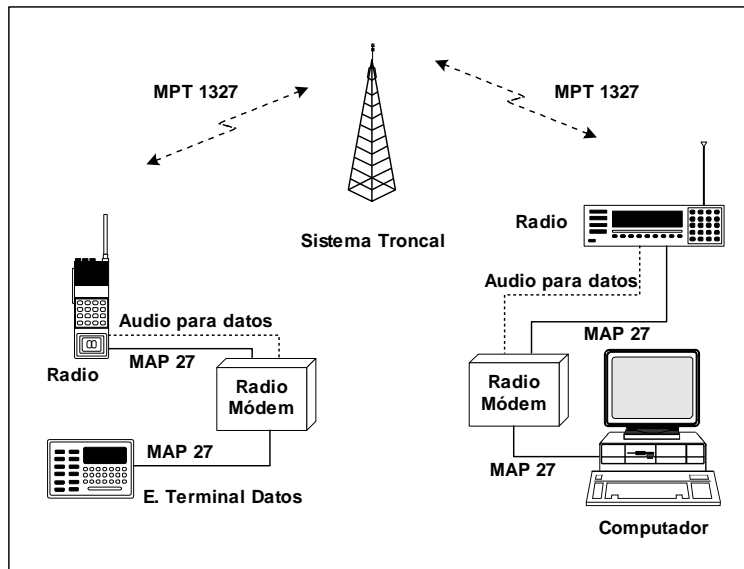


Figura 20. Datos a Través del Canal de Tráfico Utilizando Radio-módems.

MAP 27 permite el control del terminal radio desde un terminal de datos (DTE) y, por tanto, permite al DTE tener acceso a todas las facilidades y modalidades de comunicación de que disponen las redes MPT 1327:

- Envío y recepción de mensajes de “status” a través del canal de control.
- Envío y recepción de mensajes de datos “cortos” a través del canal de control.
- Comunicaciones bidireccionales de datos a través de un canal de tráfico utilizando un módem.
- Establecimiento de llamadas vocales desde un terminal de datos.
- Control local del equipo terminal de radio.

El uso de la norma facilita el trabajo y la operación de usuarios, operadores de red, fabricantes de equipos y diseñadores de aplicaciones. La existencia de este protocolo permite que se puedan diseñar aplicaciones válidas para cualquier terminal de cualquier red. Esto tiene una repercusión económica importante en cuanto a reducción de costes en el desarrollo de aplicaciones. La norma MAP 27 fue definida gracias a la asociación de intereses de un grupo de usuarios (User Access Definition Group, UADG) compuesto por representantes de fabricantes de equipos de radio, operadores e integradores de sistemas.

El protocolo MAP 27 se estructura siguiendo el modelo de referencia de interconexión de sistemas abiertos OSI (de la ISO), que se divide en siete niveles funcionales (Figura 21).

Nivel 1: nivel físico de acceso del usuario (puerto serie RS-232).

Nivel 2: nivel de enlace de datos del usuario.

Nivel 3: nivel de red (mensajes de red).

Niveles 4-7: correspondientes a la aplicación, de los cuales implementa únicamente los tres primeros. La norma MAP 27 corresponde al acceso de usuario y su conexión al equipo radio.

El puerto serie RS-232 se utiliza para la conexión de muchos tipos de terminales (terminales portátiles de datos, “laptops”, “palmtops”, PC, etc.) a terminales radio. Las únicas líneas que se utilizan son la “receive data”, “transmit data” y las conexiones de tierra. La transmisión es asíncrona a 9.600 bps con un formato de carácter de ocho bits y bits de comienzo y parada. El nivel de enlace de datos utiliza un protocolo robusto que permite la protección de los datos. Por su parte, el nivel de red maneja una serie de mensajes relacionados con los diferentes tipos de llamada posibles y con el control del terminal local (Tabla 5).

Existen dos posibles configuraciones de sistema de transmisión de datos: para mensajes de “status” y datos “cortos” a través del canal de señalización, que se ilustra en la Figura 19, y para datos a través del canal de tráfico donde se precisa de un módem, bien interno o externo al terminal radio (Figura 21).

Tabla 5. Mensajes de Nivel de Red en MAP 27

STATUS	DIVERSION	RADIO TERMINAL CONTROL
SEND STATUS	DIVERSION REQUEST	RADIO INTERROGATION
RECEIVE STATUS	DIVERSION CANCEL	RADIO PERSONALITY
STATUS ACK	DIVERSION ACK	NUMBERING INFORMATION
SHORT DATA MESSAGES (SST) SEND SST	VOICE/MODEM CALL SETUP VOICE/MODEM	RADIO CONTROL OPERATING CONDITION
RECEIVE SST	SETUP EMERGENCY VOICE/MODEM	RADIO MANAGEMENT
SST ACK	SETUP PROGRESS	RADIO SETTINGS
EXTENDED DATA MSGs (MST)	INCOMING VOICE/MODEM CALL	PROTOCOL INFO
SEND MST	INCOMING EMERGENCY VOICE/MODEM CALL	PROTOCOL INFO
RECEIVE MST	RECEIVE PROGRESS	VOLUME CONTROL
MST ACK	MODEM CALL DATA TRANSFER	DIALLED STRING
CONNECTION CLEARING	SEND MODEM DATA	RADIO TEST
DISCONNECT/CLEARED	RECEIVE MODEM DATA	RADIO TEST RESULT

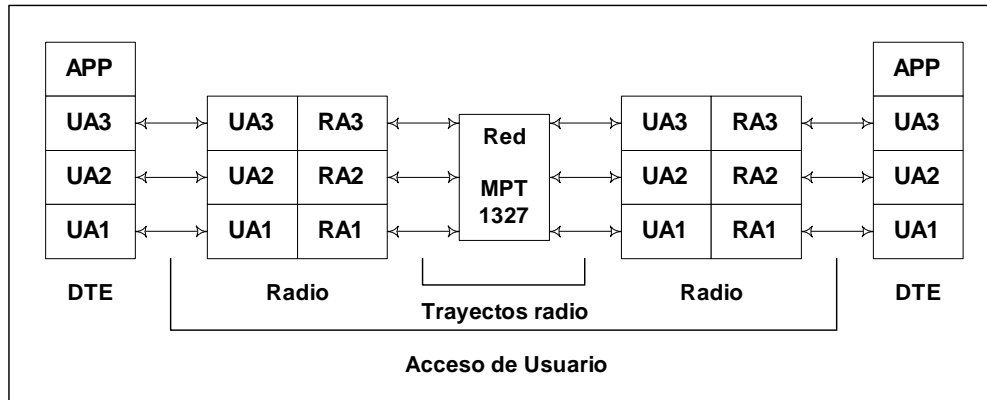


Figura 21. Niveles Funcionales del Protocolo MAP 27.

1.10.2 Aplicaciones de Datos Sobre Redes MPT 13XX

Se describen algunas aplicaciones típicas de “datos móviles” que pueden ser desarrolladas sobre redes MPT 1327.

A. Despacho. Gestión de flotas

La utilización de sistemas de datos para gestión de flotas desde un puesto de operación permite la asignación de tareas a los vehículos de manera eficiente. El puesto de operación gestiona su flota con ayuda de un PC que contiene la aplicación. El PC se conecta a un equipo terminal de radio a través de un módem siguiendo el Protocolo MAP 27. Los vehículos de la flota están equipados con un terminal radio y una impresora a través de un módem.

El puesto de operador transmite los datos a los vehículos utilizando mensajes de “status” y mensajes de datos “cortos”. En caso necesario se podría recurrir a la utilización de canales de tráfico para enviar mensajes más largos.

El puesto de operador recibe órdenes de trabajo, por ejemplo, a través del teléfono y las escribe en un determinado formato. El operador selecciona un vehículo libre, de una lista de vehículos que muestra la pantalla del ordenador que ejecuta la aplicación de gestión de flotas. Se transmite la orden y, en el vehículo, la orden aparece impresa para ser utilizada por el conductor.

El conductor se comunica con el puesto de control utilizando mensajes de “status” y datos “cortos”. Entre otros tipos de información se pueden enviar datos de la ubicación en que se encuentra el móvil para facilitar y optimizar la gestión de la flota.

B. Localización automática de vehículos

Se trata de una aplicación de comunicaciones de datos móviles que permite visualizar en pantalla la posición de los vehículos de una flota. Este tipo de aplicación permite la optimización de los recursos disponibles:

- Mejora de la asignación de tiempo y, por tanto, optimización del servicio al cliente.
- Reduce el kilometraje innecesario y el tiempo perdido.
- Monitoriza y analiza las disponibilidades de los vehículos.
- Protege al personal, los vehículos y sus cargamentos.

El sistema puede basarse en la utilización de un posicionador tipo GPS (Global Positioning System) o cualquier otro sistema de Posicionado como radio-balizas, etc. La estructura del sistema se funda en una red de datos móviles que comunica los GPS en los vehículos con un computador con prestaciones gráficas y que maneja información geográfica (mapas topográficos, de carreteras, de calles, etc.), sobre estos mapas se reflejan las posiciones de los vehículos de la flota.

Este tipo de aplicaciones se puede utilizar para servicios de seguridad, transporte de pasajeros, mantenimiento, etc.

Seguridad:

- Aplicaciones para Policía y servicios de urgencia. El sistema monitoriza alarmas a través de sensores.
- La localización en sí misma permite el envío de la información precisa al vehículo más cercano al incidente.
- La grabación automática de los movimientos, hora y status de los vehículos de patrulla proporciona incrementos notables de la eficiencia operativa.

Transporte de pasajeros:

- La localización automática permite la reasignación de rutas y la optimización de la asignación de tiempos.
- Las alertas y alarmas de incidentes en ruta permiten la actuación rápida y eficaz.
- Mejor control de las fluctuaciones de la demanda de pasajeros.

Mantenimiento:

- Los clientes son atendidos más rápidamente y se optimiza la asignación de recursos.
- Reduce drásticamente “el papeleo”.

En la Figura 22 se ilustra una posible estructura de este servicio.

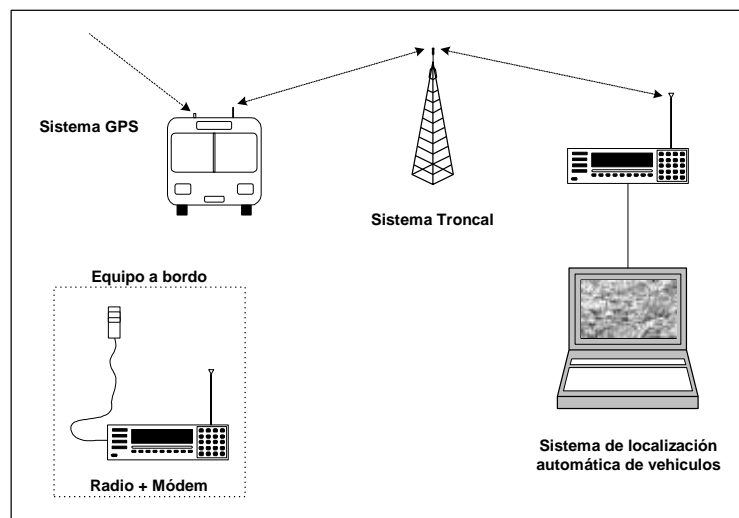


Figura 22. Sistema de Localización Automática de Vehículos Mediante GPS y Red MPT 1327.

C. Teleacción: telemedida, telealarma, telecontrol

Los sistemas de telemedida, telealarma y telecontrol son sistemas que permiten, de forma remota, monitorizar o vigilar el estado de determinadas infraestructuras (p. ej., Red de suministro de agua) o procesos naturales (p. ej., Nivel de agua en cuencas de ríos). Asimismo, permiten tomar medidas correctoras a distancia a través de órdenes a actuadores remotos (p. ej., Válvulas). Estos sistemas permiten poner a disposición de un puesto central toda la información necesaria sobre el estado de la infraestructura y tomar medidas frente a los acontecimientos que se monitorizan.

Los elementos fundamentales de un sistema de este tipo son los *sensores* y los *actuadores* que constituyen la parte remota del sistema, el *puesto central* que recoge las medidas, lecturas remotas, etc., y permite actuar a distancia determinados elementos de la infraestructura. Por último, se tiene la *red de comunicaciones* (Figura 23). Existen numerosas soluciones que dependen de aspectos económicos, de extensión de la infraestructura a controlar o vigilar, etc. Por ejemplo, se pueden dar

soluciones basadas en líneas alquiladas, en sistemas de radio punto a multipunto convencionales, etc. Es también posible realizar este tipo de sistemas a través de un sistema troncal programando de forma adecuada las prioridades de los terminales radio asociados a los sensores/actuadores en función de la prioridad de las medidas/órdenes correspondientes. Incluso se pueden reservar determinados canales de determinadas estaciones base para cursar principalmente tráfico de sensores/actuadores.

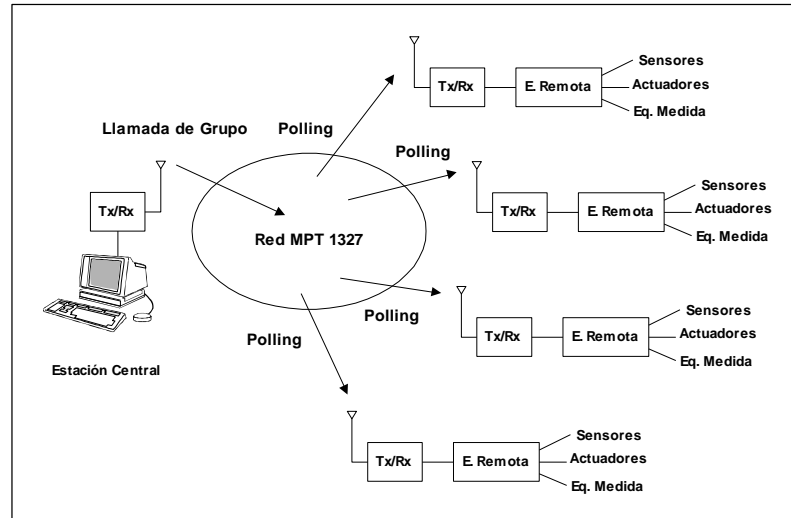


Figura 23. Sistema de Telemando Sobre Red MPT 1327.

Entre las posibles aplicaciones de los sistemas de telemando sobre redes MPT 1327 están las enumeradas en el Tabla 6.

Tabla 6. Aplicaciones de Telemando Sobre Redes MPT 1327

Automatización de señales marítimas.
Monitorización y control de señalización de tráfico.
Monitorización de red de distribución de agua.
Monitorización de red de distribución de gas.
Monitorización de red de distribución de energía eléctrica.
Monitorización de contaminación: ríos, atmósfera.
...

El funcionamiento habitual de los sistemas de telemetría es a través de redes de radio dedicadas, en las cuales una *estación central* interroga secuencialmente (polling) a cada una de las *estaciones remotas*. En el caso de disponer de una red troncal, ésta puede soportar otros servicios y/o aplicaciones simultáneamente, dándole cierta prioridad a las comunicaciones de telemetría, si fuese necesario. La estructura de la aplicación, en este caso, se ilustra en la Figura 23:

- El canal se establece siguiendo los procedimientos MPT 1327 en modo *llamada de grupo*.
- Una vez establecido el canal de tráfico, la estación central realiza una interrogación secuencial a todas las estaciones remotas. Además de los algoritmos de protección de nivel dos de que disponen los radio-módem se pueden introducir protecciones frente a los errores del canal.
- En función de las respuestas de las estaciones remotas se procederá a enviar las *órdenes* adecuadas de *mando o actuación*.

Si la cantidad de datos a transmitir en ambos sentidos no fuese grande, una forma alternativa de estructurar la aplicación sería utilizando mensajes de datos “cortos” o, incluso, de “status”.

D. Otros servicios de datos

- **Sistemas de distribución de información.** Destinados a la distribución de información “de interés general” hacia los usuarios: tráfico, meteorológica, etc.
- **Formalización de pedidos.** Un sistema de datos que permite solicitar ofertas, elaborar presupuestos y formalizar pedidos en “tiempo real” en las dependencias de los clientes utilizando un PC portátil o un terminal móvil especial para el acceso a un ordenador central.
- **Oficinas móviles.** Para terminales bancarios, venta de billetes, etc., utilizando terminales móviles situados en ubicaciones temporales (ferias, congresos, acontecimientos deportivos, etc.).
- **Dispositivos de cobro a distancia.** Dispositivos de gestión de tarjetas de crédito, cajeros automáticos, etc., que deban ser usados en ubicaciones temporales o móviles.
- **Mensajería bidireccional.** Envío de textos cortos entre dos usuarios.
- **Correo electrónico.** Aplicaciones de correo electrónico para usuarios móviles.
- **Consultas y actuaciones relativas a bases de datos.** Mediante un terminal móvil transportable pueden efectuarse consultas y actuaciones para diferentes aplicaciones: consultas clínicas, acceso a fichas técnicas durante reparaciones, actualización de lecturas de contadores en “tiempo real” (gas, electricidad, etc.).
- **Transferencia de archivos.** Volcado de relativamente grandes cantidades de información. Por ejemplo, ciertas aplicaciones de volcado de ficheros locales a uno central, aplicaciones de transmisión de documentos gráficos, imágenes, etc.
- *Envío de vídeo lento.*
- *Envío de planos.*
- *Radiobúsqueda.*
- *Conexión a otras redes de datos (X.25, X.400, etc.).*

1.10.3 Capacidad de las Redes MPT 1327

En los anexos siguientes (Anexos C, D y E), se explica el método de dimensionado de redes troncales que permite determinar el número de canales de tráfico N , necesarios para atender con un determinado Grado de Servicio (GOS), a un número de terminales M , que generan tráfico en la hora cargada con unas características determinadas (L llamadas en la hora cargada, de duración media H segundos).

Otro aspecto no tan conocido del dimensionamiento de redes troncales lo constituye la determinación de la capacidad de manejo de mensajes de datos disponible en el canal de control. Este tema se tratará presentando resultados de simulaciones para diversas configuraciones típicas de sistemas troncales.

Capacidad del Canal de Control

Al comienzo del presente anexo se mencionó que las redes troncales pueden incrementar su capacidad de manejo de tráfico pasando parte de las comunicaciones de tipo vocal a comunicaciones de datos, lo cual permite reducir el tiempo medio (H) de ocupación de los canales de tráfico.

Otra posibilidad, es la utilización de las facilidades que permite la norma MPT 1327 de transmisión de datos sobre el canal de control (mensajes de status y datos cortos) aprovechando la capacidad excedentaria de este canal. En esta parte se presentan resultados de simulaciones de sistemas troncales típicos donde se demuestra que el canal de control está manifiestamente subutilizado si sólo se emplea para cursar mensajes de señalización para el establecimiento de llamadas. Esta capacidad adicional se cuantificará para los sistemas simulados dando una indicación cuantitativa del número de mensajes de datos cortos de hasta, aproximadamente, 100 caracteres que se pueden cursar sin degradar el GOS del sistema para las llamadas.

Es conveniente proceder a revisar brevemente los conceptos básicos de los sistemas de acceso al medio basados en las técnicas Aloha “ranurado” utilizadas en el canal de control.

En un sistema Aloha “ranurado”, la estación base, en su canal descendente, establece la sincronización de la red a la vez que difunde mensajes hacia los terminales. El procedimiento de sincronización está constituido por una estructura de *intervalos de tiempo (time slots)* en los cuales se puede realizar la comunicación desde los terminales hacia la base. Se definen los siguientes parámetros del modelo que se representa en la Figura 24:

- S Rendimiento de la red (tráfico cursado) normalizado con respecto a la capacidad máxima de la red.
- G Tráfico ofrecido a la red que incluye el tráfico generado por los terminales I y las retransmisiones R debidas a colisiones o a pérdidas de los mensajes por efecto del ruido o los desvanecimientos.
- D Retardo entre el instante en que un mensaje está listo para su transmisión y el instante en que se recibe en el terminal de destino.

En una red con procedimientos Aloha “ranurado”, el rendimiento es:

$$S = G e^{-G} \quad (1)$$

Esta expresión se representa en la Figura 25. El retardo viene dado por:

$$D = (e^G - 1) \left(1,5 + 2a + w + \frac{K + 1}{2} \right) + a + 1,5 \quad (2)$$

a es el tiempo de propagación.

w es el tiempo para generar y transmitir un acuse de recibo ACK.

K es el parámetro que define la espera para reenviar un mensaje.

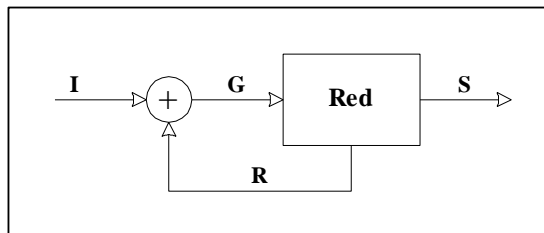


Figura 24. Modelo de Tráfico en el Canal de Control.

Si tras la transmisión de un mensaje no se recibe el ACK subsiguiente, se efectuará una nueva tentativa de envío tras un periodo de espera igual a un número aleatorio de intentos de tiempo comprendido entre uno y K .

El retardo D aparece representado en función del tráfico total ofrecido, G . En la Figura 26, se puede comprobar que este tipo de sistemas presentan un *punto de saturación* a partir del cual el rendimiento disminuye de forma drástica y el retardo crece fuertemente.

El protocolo de acceso al medio de la norma MPT 1327 es ligeramente más complejo ya que, además del esquema Aloha “ranurado”, se utiliza un sistema de tramas de longitud variable dependiendo de la carga de tráfico. No obstante, se puede decir que cuando solamente se emplea la red para tráfico vocal, la carga o tráfico ofrecido al canal de control estará muy por debajo del punto de saturación, es decir, el punto de trabajo estará en la zona inicial de la curva de la Figura 27. Esto será así, especialmente, para los sistemas de pocos canales de tráfico en los cuales el número de mensajes de establecimiento de comunicaciones será muy inferior que en las redes con un número grande de canales de tráfico, dado que el canal de control continuará siendo único. En la Figura 27 también se resalta la capacidad excedentaria del canal de control que podría utilizarse para la transmisión de datos.

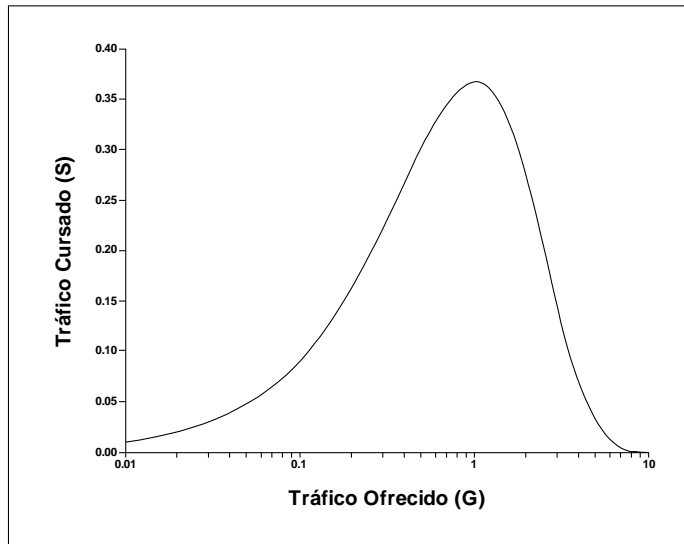


Figura 25. Rendimiento en una Red Aloha Ranurado.

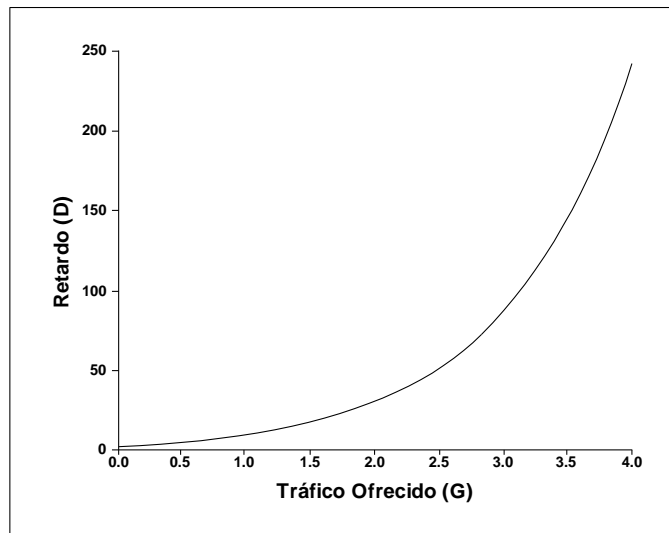


Figura 26. Retardo en Función del Tráfico Ofrecido.

Como el sistema de acceso múltiple en los sistemas MPT no es puramente Aloha “ranurado” sino que se dispone de un sistema de tramas de longitud variable dinámicamente en función de las condiciones del tráfico ofrecido, para el análisis de este tipo de red se recurre a técnicas de simulación. A continuación se presentan los resultados obtenidos para dos redes troncales, una de pocos canales de tráfico, tres, y otra de mayor capacidad, diez canales de tráfico. Los parámetros de interés serán:

- W el tiempo medio de espera.
- El GOS, grado de servicio.
- El porcentaje de llamadas cursadas con éxito.
- La actividad neta en el canal de control descendente (FCC), definida como el porcentaje de todos los paquetes enviados por el canal FCC que corresponden al establecimiento de alguna

comunicación, tanto a través de un canal de tráfico como de comunicaciones de datos o envío de “status” a través del propio canal de control.

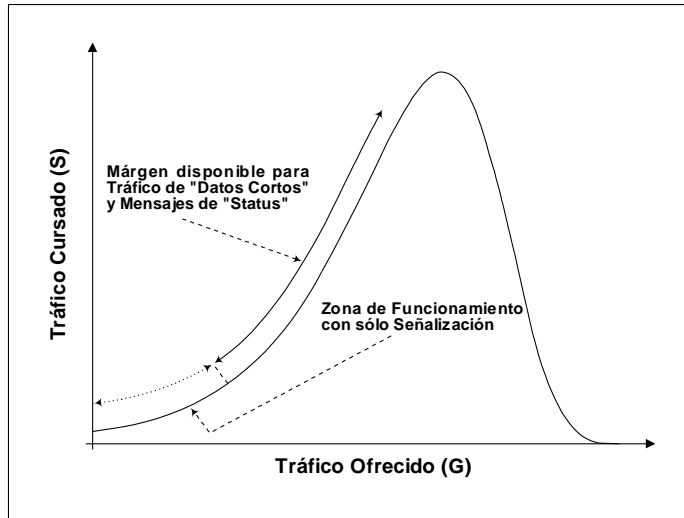


Figura 27. Capacidad Excedentaria del Canal de Señalización.

En la Figura 28 se ilustran estos parámetros para una red con N=3 canales de tráfico dimensionada para M=350 móviles con un GOS=10 %. El eje de abscisas representa el porcentaje de datos cortos sobre el total:

$$\% \text{ de datos "cortos"} = \frac{\text{Tasa : _llamadas_de_datos}}{\text{Tasa : _llamadas_de_voz} + \text{Tasa : _llamadas_de_datos}} \times 100$$

El punto 0 % del eje de abscisas representa la red cargada solamente con tráfico a través de los canales de tráfico, por tanto, con el canal de control sólo cursando señalización. Otros puntos del eje representan situaciones donde también se transmiten mensajes de datos “cortos”. Se puede observar que hay un amplio margen o capacidad excedentaria para tráfico de datos “cortos” antes de que se llegue a la saturación.

Por ejemplo, para un punto del eje de abscisas con valor 60 %, muy por debajo del punto de saturación de la red, la tasa de llamadas de datos “cortos”:

$$60\% \text{ de datos "cortos"} = \frac{\text{Tasa : _llamadas_de_datos}}{\text{Tasa : _llamadas_de_voz} + \text{Tasa : _llamadas_de_datos}} \times 100$$

$$\text{Tasa : _llamadas_de_datos} = \frac{60 * \text{Tasa : _llamadas_de_voz}}{100 - 60} =$$

$$= 1,5 * \text{Tasa : _llamadas_de_voz} = 525 \text{ _llamadas_de_datos} / \text{H.C.}$$

$$\text{Tasa : _llamadas_de_voz} = 1 \text{ _llamada} / \text{móvil} / \text{H.C.} * 350 \text{ _móviles} = 350 \text{ _llamadas} / \text{H.C.}$$

Se puede comprobar la gran capacidad adicional de comunicación proporcionada. Resultados similares se pueden observar para el caso de una red de N=10 canales de tráfico, M=1.620 móviles y un grado de servicio GOS=10 % (Figura 29).

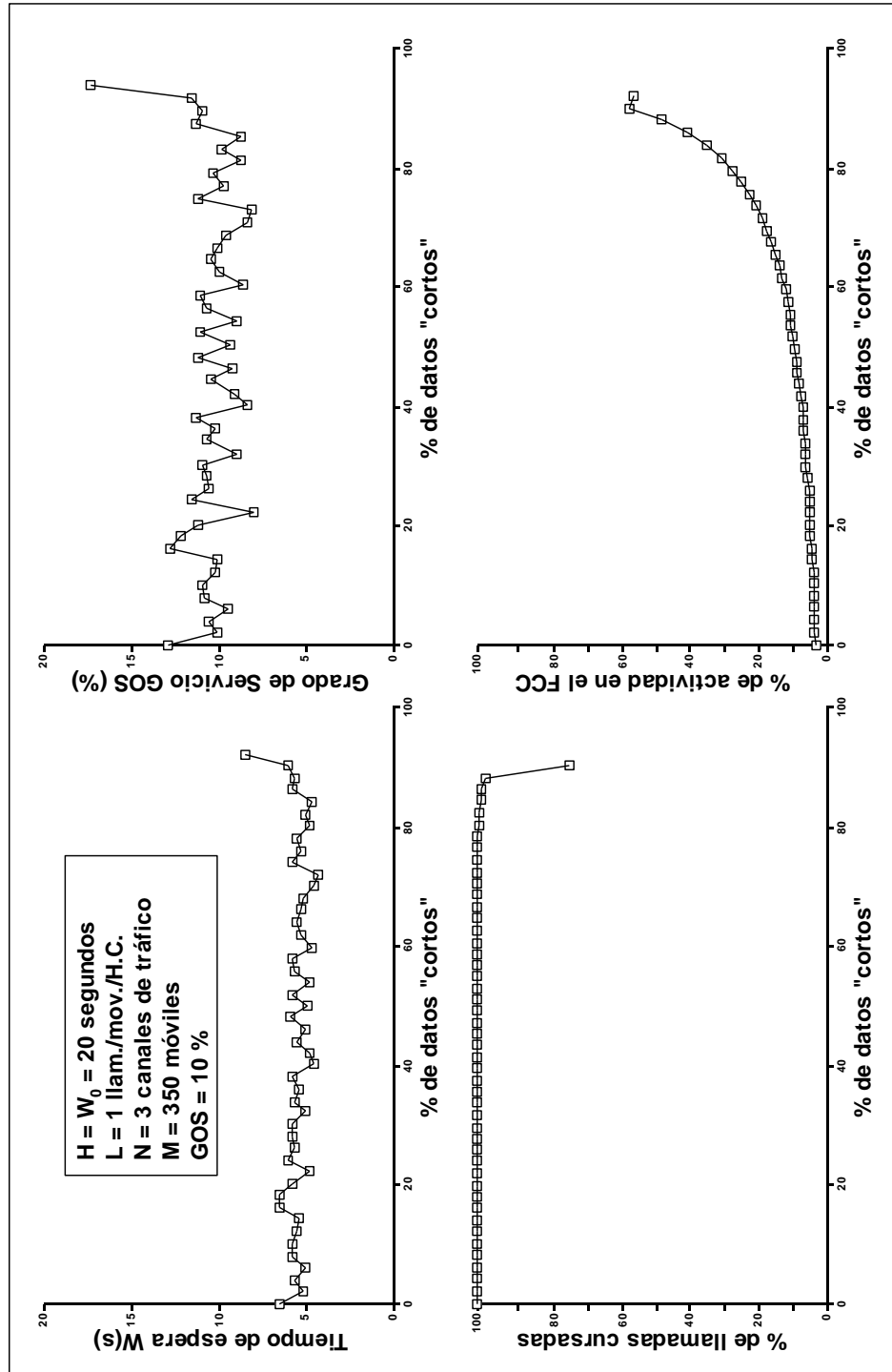


Figura 28. Caso 1. Red Troncal con Tres Canales de Tráfico y Canal de Control Dedicado.

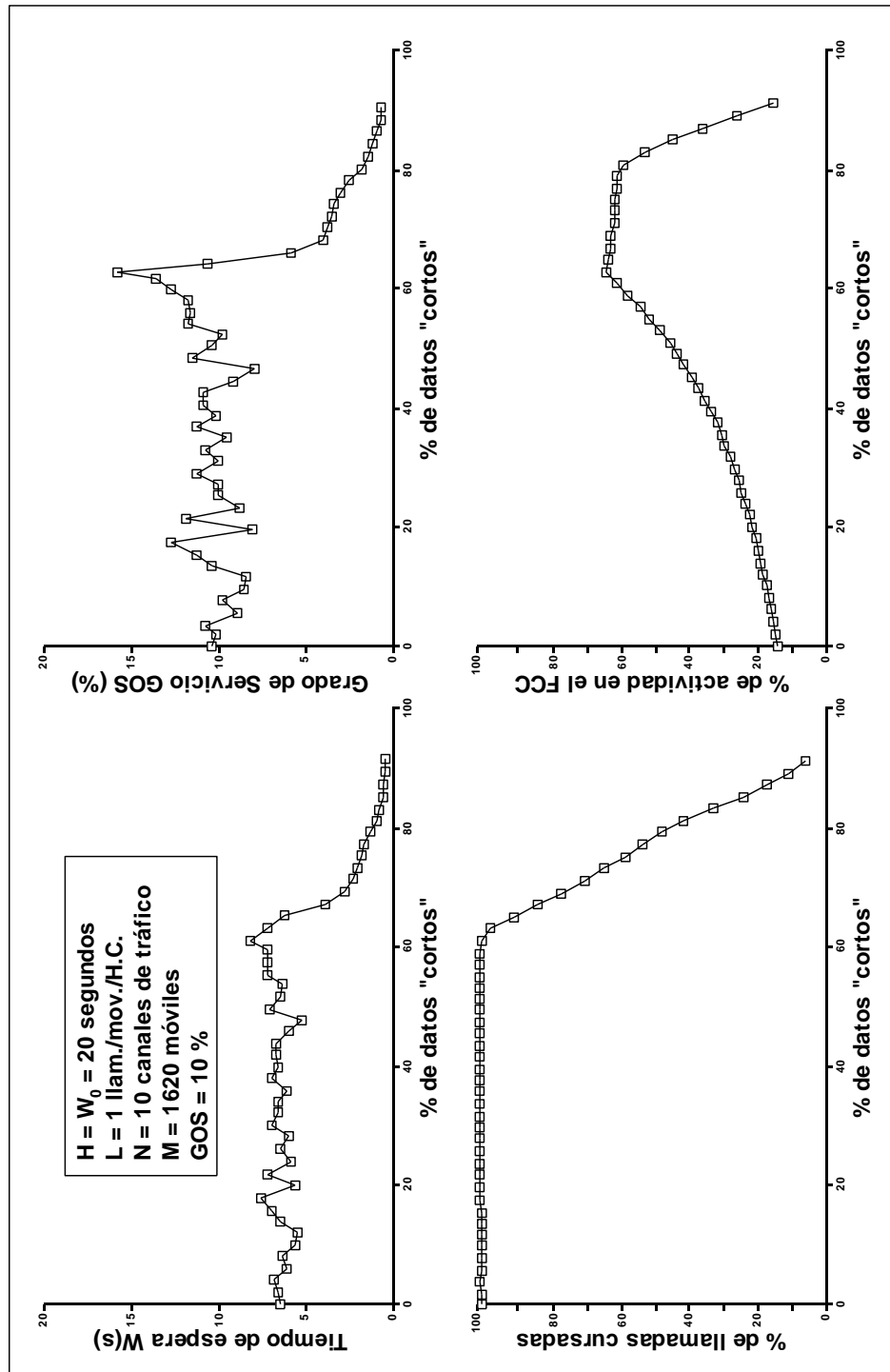


Figura 29. Caso 2. Red Troncal con Diez Canales de Tráfico y Canal de Control Dedicado.

Finalmente, se representa en la Figura 30 la actividad neta en el canal de control descendente (FCC) para sistemas con distinto número de canales de tráfico N , pero con el número de móviles M límite para tener un GOS del 10%. Se puede apreciar en la figura la escasa actividad del canal de control, creciente con el número de canales de tráfico, con la consiguiente posibilidad de establecer servicios de datos aprovechando la capacidad excedentaria.

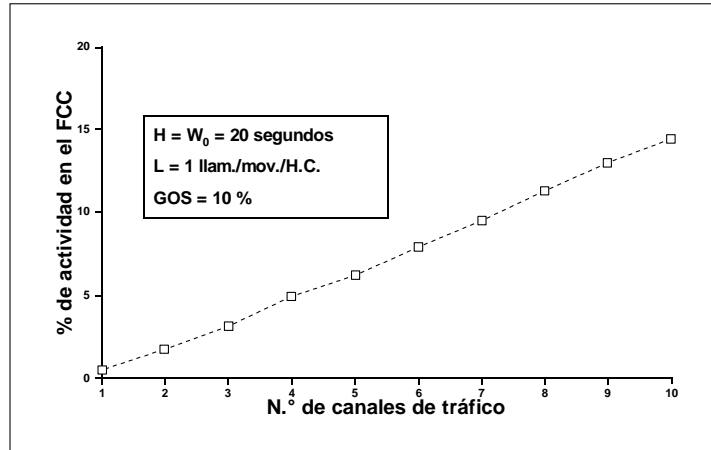


Figura 30. Actividad Neta del Canal de Control Descendente de Diferentes Sistemas.