



**UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES**



**PROPUESTA DE UN PLAN DE MIGRACIÓN PARA LOS SISTEMAS  
DE RADIOCOMUNICACIONES MÓVILES TERRESTRES  
TRONCALIZADOS EN LA BANDA 800MHz A SISTEMAS DIGITALES**

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

Presentada ante la

**UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO**

Como parte de los requisitos para optar al título de

**INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**

**REALIZADO POR:** *Br. Vargas Becerra, Stephania.*

*C.I. 19.378.425*

**TUTOR DE TESIS:** *Ing. Luis Duque.*

*C.I.: 12.953.538*

**FECHA:** *Caracas, julio de 2012.*



**UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES**



**PROPUESTA DE UN PLAN DE MIGRACIÓN PARA LOS SISTEMAS  
DE RADIOCOMUNICACIONES MÓVILES TERRESTRES  
TRONCALIZADOS EN LA BANDA 800MHz A SISTEMAS DIGITALES**

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

Presentada ante la

**UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO**

Como parte de los requisitos para optar al título de

**INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**

**REALIZADO POR:** *Br. Vargas Becerra, Stephania.*

*C.I. 19.378.425*

**TUTOR DE TESIS:** *Ing. Luis Duque.*

*C.I.: 12.953.538*

**FECHA:** *Caracas, julio de 2012.*



**UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES**



**PROPUESTA DE UN PLAN DE MIGRACIÓN PARA LOS SISTEMAS  
DE RADIOCOMUNICACIONES MÓVILES TERRESTRES  
TRONCALIZADOS EN LA BANDA 800MHz A SISTEMAS DIGITALES**

**Este jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha  
evaluado su contenido con el resultado:**

\_\_\_\_\_

**JURADO EXAMINADOR**

Firma: \_\_\_\_\_ Firma: \_\_\_\_\_ Firma: \_\_\_\_\_  
Nombre: \_\_\_\_\_ Nombre: \_\_\_\_\_ Nombre: \_\_\_\_\_

**REALIZADO POR:** *Br. Vargas Becerra, Stephania.*  
*C.I. 19.378.425*

**TUTOR DE TESIS:** *Ing. Luis Duque.*  
*C.I.: 12.953.538*

**FECHA:** *Caracas, julio de 2012.*



**PROPUESTA DE UN PLAN DE MIGRACIÓN PARA LOS SISTEMAS  
DE RADIOCOMUNICACIONES MÓVILES TERRESTRES  
TRONCALIZADOS EN LA BANDA 800MHz**

Stephania Vargas  
stphvargas@gmail.com

**UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO**

## **Resumen**

El espectro radioeléctrico en la banda de 800MHz se encuentra saturado, por lo que se planteó la solución de migrar los sistemas de Radiocomunicaciones Móviles Terrestres Troncalizados a un sistema digital, para así liberar los 30MHz que estos ocupan (806-821MHz en recepción y 851-866 MHz en Transmisión), con la intención de darle uso a una banda que está libre (410-430 MHz), para así disminuir el ancho de banda del canal que ocupan los mismos, y tener más canales disponibles. Para realizar dicha liberación es necesario hacer un estudio de diversos tópicos técnicos, económicos y legales, lo que se realiza a través de un plan de migración. En el presente proyecto se presenta una propuesta de un Plan de Migración para los sistemas trunking analógicos a digitales; el mismo requirió la documentación de todo lo concerniente con este servicio y los estándares existentes tanto en analógico como en digital; la inspección a cuatro de los operadores comerciales más grandes del país para conocer la cantidad de canales asignados y cobertura brindada, entre otras características. Se realizaron mediciones de la banda de transmisión (851 a 866 MHz) del trunking comercial, con el fin de conocer la ocupación actual de las porciones del espectro otorgadas en concesión y calcular el tráfico total que presenta el servicio, además se diseñó una interfaz inter-sistema para que al migrar a digital se pueda trabajar en simulcast. A partir del estudio de estos factores se diseñó la presente propuesta de un de plan de migración.

***Palabras Clave: Radiocomunicaciones, Trunking, Analógico, Digital, Migración.***

## Agradecimientos

Agradezco a Dios, a la Virgen y al Ángel de la Guarda, ya que sin ellos nada de esto habría sido posible.

A mi familia, que me acompañó desde el primer día de mi nacimiento, dándome su apoyo y ayuda incondicional, en todos los aspectos de mi vida; por darme la mejor educación, tanto en la casa, cómo en las mejores instituciones educativas. Por amarme.

A Anamel Briceño, mi mejor amiga, hermana y confidente, por sus palabras de apoyo y de aliento en los momentos difíciles. Por su amistad y cariño incondicional, simplemente por estar allí y siempre creer en mí.

A mis compañeros, que en algún momento me ayudaron o acompañaron en esta carrera hacia la meta, que hoy alcanzamos. Especialmente a José Manuel Vales.

A CONATEL, por darme la oportunidad de realizar el presente Trabajo Especial de Grado allí, especialmente a Harris Viafara y Luis Fernández.

A mi tutor Luis Duque coordinador del CAC de CONATEL, por guiarme en la elaboración del presente proyecto.

A Cristian Soto, por ser un amigo excepcional y brindarme su apoyo en la elaboración del presente proyecto.

A todos y cada uno de ustedes, GRACIAS.

# Índice General

Resumen .....	i
Agradecimientos.....	ii
Índice General .....	iii
Índice de Figuras .....	vi
Índice de Tablas.....	vii
Índice de Ecuaciones .....	vii
Introducción.....	viii
Capítulo I.....	1
I.1 Planteamiento del Problema.....	1
I.2 Objetivos .....	2
I.3 Alcance.....	3
I.4 Limitaciones.....	5
I.5 Justificación.....	5
Capítulo II.....	9
I.- Radiocomunicaciones Móviles Terrestres (RMT).....	9
II.- Radiocomunicaciones Móviles Troncalizadas .....	9
II.1.- Características:.....	10
II.2.- Elementos de la red: .....	10
II.2.1.- Estación Base:.....	10
II.2.2.- Estación de Control: .....	10
II.2.3.- Estaciones Repetidoras: .....	11
II.2.4.- Combinadores:.....	11
II.2.5.- Duplexores:.....	11
II.2.6.- Amplificadores: .....	11

II.2.7.- Multicoupler o Amplificador de Antena:.....	11
II.2.8.- Consolas de Despacho o Control Remoto del Sistema:.....	11
II.2.9.- Antena: .....	11
II.3.- Funcionamiento: .....	11
II.4.- Métodos de Acceso: .....	13
II.4.1.- Canal de Control Dedicado: .....	13
II.4.2.- Canal de Control Distribuido: .....	13
II.5.- Solución Básica o Sistemas de Trunking Analógico: .....	13
II.5.1.- Sistema Troncal Lógico – Logic Trunked Radio (LTR): .....	14
II.6.- Solución intermedia o sistemas trunking mixtos (analógico/digital):.....	14
II.6.1.- Enhanced Digital Access Communications Systems (EDACS): .....	14
II.6.2.- MPT1327: .....	15
II.6.3.- SmartNet: .....	16
II.6.4.- SmartZone o Privacy Plus:.....	16
II.7.- Solución avanzada o sistemas trunking digitales:.....	17
II.7.1.- APCO25 o P25:.....	17
II.7.2.- Radio Móvil Digital (DMR): .....	18
II.7.3.- TETRA (Terrestrial Trunked Radio): .....	19
Capítulo III.....	21
III.1. Fase I: <i>Investigación y documentación teórica.</i> .....	21
III.2. Fase II: <i>Realización de una matriz DOFA.</i> .....	21
III.3. Fase III: <i>Determinación del grado de uso del espectro radioeléctrico.</i> .....	21
III.4. Fase IV: <i>Diseño de la Interfaz Inter-sistema</i> .....	22

III.5. Fase V: <i>Diseño del plan de Migración</i> .....	22
III.6. Fase VI: <i>Redacción del Libro de tesis</i> .....	23
Capítulo IV .....	24
IV.1 Operadores de Trunking en Venezuela. ....	25
IV.2 Estudio del Mercado Actual. ....	26
IV.2.1 Operador Comercial Número 1:.....	27
IV.2.2 Operador Comercial Número 2:.....	27
IV.2.3 Operador Comercial Número 3:.....	27
IV.2.4 Operador Comercial Número 4:.....	28
IV.3.- Tráfico Actual .....	28
IV.3.1.- Cálculo del tráfico declarado por los Operadores:.....	29
IV.3.1.1.- Tráfico declarado por el operador comercial no. 1:.....	29
IV.3.1.2.- Tráfico declarado por el operador comercial no. 2:.....	29
IV.3.1.3.- Tráfico declarado por el operador comercial no. 3:.....	30
IV.3.1.4.- Tráfico Declarado por el operador comercial no. 4:.....	30
IV.3.2.- Tráfico Medido por Operador .....	30
IV.4.- Interfaz Inter-sistema .....	33
Capítulo V .....	36
Capítulo VI.....	57
V.1 Conclusiones.....	57
V.2 Recomendaciones .....	61
Bibliografía.....	63
Anexos.....	65
<i>Anexo 1. Informe resumen de mediciones</i> .....	65

## Índice de Figuras

Figura 1. Establecimiento de la llamada en un sistema troncalizado. ....	12
Figura 2. Servicios prestados por MPT1327.....	16
Figura 3. Tecnología FDMA.....	17
Figura 4. Visión General de los Sistemas Troncalizados y Convencionales. .	18
Figura 5. Compatibilidad inter-sistemas. ....	18
Figura 6. Tecnología TDMA. ....	20
Figura 7. Distribución de los Canales en los Sistemas Troncalizados.....	24
Figura 8. División por Regiones del Espectro de Trunking en 800MHz.....	25
Figura 9. Unidad Móvil.....	31
Figura 10. Elementos de la Unidad Móvil. ....	31
Figura 11. Interfaz Inter-Sistema. ....	34
Figura 12. Resumen de Inspecciones a los operadores.....	43
Figura 13. Tráfico Medido – Operador Comercial No 1. ....	45
Figura 14. Tráfico Medido – Operador Comercial No 2. ....	46
Figura 15. Tráfico Medido – Operador Comercial No 3. ....	46
Figura 16. Tráfico Medido – Operador Comercial No 4. ....	47
Figura 17. Distribución del Tráfico Medido en base a 100%. ....	48
Figura 18. Canales por MHz Analógico Vs. Digital.....	49
Figura 19. Paired frequency arrangements in the band 698-960MHz. ....	59

## Índice de Tablas

Tabla 1: Características del Operador Comercial Número 1.....	27
Tabla 2: Características del Operador Comercial Número 2.....	27
Tabla 3: Características del Operador Comercial Número 3.....	28
Tabla 4: Características del Operador Comercial Número 4.....	28
Tabla 5: Características contrapuestas del trunking analógico y digital. ....	36
Tabla 6: Logic Trunked Radio – LTR. ....	37
Tabla 7: MPT1327.....	38
Tabla 8: Comparación entre LTR y MPT1327.....	39
Tabla 9: P25.....	40
Tabla 10: TETRA.....	41
Tabla 11: Comparación entre TETRA y P25.....	42

## Índice de Ecuaciones

Ecuación 1.- Tráfico Declarado por Operador. ....	29
Ecuación 2.- Tráfico Medido por Canal. ....	32
Ecuación 3.- Tráfico Medido por Operador. ....	32

## Introducción

La raza humana se ha identificado por su necesidad de estar en constante comunicación y con los años está ha ido aumentando, así como evolucionando las diversas maneras de comunicarse. A raíz de esto, nacen las telecomunicaciones que no son más que las comunicaciones a distancia mediante medios no guiados, señales eléctricas o electromagnéticas, fibra óptica, entre otras. Muchas de estas usan el espectro radioeléctrico como medio de transporte, que es limitado debido a la necesidad de uso exclusivo de las porciones denominadas canales y necesario para el establecimiento de la mayoría de las telecomunicaciones a nivel mundial.

En Venezuela, es la Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), el ente encargado de regular todo a lo que las telecomunicaciones y sus medios de transmisión se refiere, y dentro de sus funciones está el asignar las bandas de frecuencias a los diversos servicios de telecomunicaciones.

Uno de estos es el servicio de radiocomunicaciones móviles terrestres, que en su modalidad de concentración de enlaces o sistemas troncalizados, opera en la banda de los 800MHz, específicamente 806 a 821 MHz para Recepción, y 851 a 866 MHz para Transmisión, bajo el modelo de explotación comercial (prestación a terceros).

Dicha banda se encuentra actualmente saturada, en algunas regiones. Por esto nace la necesidad de implementar una solución que libere espectro radioeléctrico perteneciente a esa banda.

Debido a esto, se origina el presente proyecto, Propuesta de un Plan de Migración de los Servicios de Radiocomunicaciones Móviles Terrestres Troncalizados en la banda 800MHz a sistemas digitales.

El mismo fue realizado en un plazo de 8 meses y se documentó en el presente trabajo especial de grado, el cual está conformado de la siguiente manera:

- ✓ En primera instancia se presenta el planteamiento del problema, sus objetivos (generales y específicos), alcances, limitaciones y justificación.

- ✓ Luego se presenta la metodología utilizada y el desarrollo del proyecto, la cual consiste en detallar los pasos realizados para ejecutar el mismo.
- ✓ Por último se presentan los resultados y conclusiones obtenidos, así como las recomendaciones que se derivan del mismo.



# Capítulo I

## Planteamiento del Proyecto

Las telecomunicaciones son una rama de la tecnología muy importante, ya que las mismas abarcan diversas disciplinas que van a la vanguardia con el mundo tecnológico y en constante evolución. A raíz de esto, nacen variedad de proyectos orientados a innovar en esta área, o a solucionar algún problema relacionado con las telecomunicaciones. En este proyecto encontrará una propuesta para migrar los sistemas de radiocomunicaciones móviles terrestres tipo trunking de analógico a digital, con el fin de liberar el espectro radioeléctrico de la banda 800MHz que usa dicho sistema comercial.

### I.1 Planteamiento del Problema.

En Venezuela y a nivel mundial, se presenta una creciente demanda de los servicios de Telecomunicaciones, lo que conlleva a un aumento de prestadores de servicios, con la siguiente saturación del espectro radioeléctrico. El espectro destinado a las radiocomunicaciones móviles terrestres troncalizadas comerciales, está canalizado a 25KHz, requiriendo una porción para transmisión y otra para recepción. La cantidad de operadores y canales empleados por operador, hace que regiones del país muestren una saturación en el espectro que hace inviable la concurrencia a nuevos operadores y por consiguiente, una mayor oferta de servicios.

Actualmente la distribución de canales en este servicio, no está hecha de una manera equitativa debido a diversos factores, lo que genera que exista un monopolio entre cuatro operadores, disminuyendo la competencia e imposibilitando la creación de nuevos prestadores del servicio.

Los servicios de radiocomunicaciones móviles terrestres tipo trunking comercial, aún se encuentran operando en analógico, brindando así, la comunicación a través de mensajes de voz; servicio que para la actualidad es básico, ya que a raíz de la evolución de la tecnología ya existen radiocomunicaciones móviles terrestres troncalizadas, que son capaces de ofrecer

comunicación a través de mensajes de texto, intercambio de datos, localización por GPS, entre otras.

Al liberar la banda de 800 MHz (806 a 821 MHz y 851 a 866 MHz, en recepción y transmisión, respectivamente), se podrá utilizar la misma para la explotación de nuevas bandas celulares (por ser adyacentes) o bien, nuevos servicios, disfrutando de este dividendo digital, resultante de la migración.

Por esto la Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), debe buscar una solución lo más pronto posible, para poder liberar de alguna forma el espectro radioeléctrico y así evitar la consecuente saturación del mismo.

## **I.2 Objetivos**

### ***I.2.1 Objetivo General.***

Diseñar una propuesta de un Plan de Migración para los Sistemas de Radiocomunicaciones Móviles Terrestres (tipo trunking) en la banda 800 MHz a Sistemas Digitales.

### ***I.2.2 Objetivos Específicos.***

- ✓ Comparar las características, ventajas y desventajas, debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas (matriz DOFA), de los diversos estándares de los sistemas de radiocomunicaciones móviles terrestres (RMT), tipo trunking, tanto en modulación analógica como en digital.
- ✓ Analizar el grado de uso actual del espectro radioeléctrico en la banda 800MHz (806 a 821 MHz y 851 a 866 MHz, en recepción y transmisión respectivamente -trunking comercial-), por región y a nivel nacional.
- ✓ Investigar de los 600 canales disponibles en la banda, cuántos están siendo empleados y cuantificar el grado de uso para determinar a su vez, un índice de eficiencia espectral en ese servicio y en esa banda.
- ✓ Comparar la eficiencia espectral con el uso de las tecnologías analógicas y digitales y estimar la capacidad de absorción del tráfico actual de los usuarios de sistemas analógicos en un sistema digital.

- ✓ Determinar con base a los resultados de las inspecciones a los operadores, la cantidad de usuarios y clientes que posee cada operador.
- ✓ Estimar el espectro necesario para mantener el grado de servicio actual, con un grado de eficiencia en el uso del espectro que se asemeje más a los índices comerciales.
- ✓ Diseñar un plan de migración (transparente a los usuarios) que permita explotar la banda 410-430 MHz y liberar gradualmente la banda de 800MHz del servicio de trunking comercial analógico.

### **I.3 Alcance.**

En el presente Trabajo Especial de Grado se propone un plan de migración para los sistemas de radiocomunicaciones móviles terrestres, de tecnología troncalizada analógica a digital, el cual permite obtener técnicas de acceso múltiple, para así administrar de manera eficaz la porción de la banda 800MHz, destinada a este servicio.

#### **Dicho plan de migración cuenta con la siguiente estructura:**

1. Análisis de la situación actual del servicio de radiocomunicaciones móviles terrestres troncalizadas, oferta y demanda por regiones establecidas por CONATEL.
2. Análisis del grado de uso y eficiencia que le dan los operadores de trunking al espectro en concesión (incluye mediciones de campo y protocolo de realización de las mismas).
3. Capacidad de tráfico de los canales digitales en comparación con los analógicos y determinación del grado de absorción del tráfico analógico en digital.
4. Diseño de una interfaz inter-sistema.
5. Liberación gradual de la banda de 800MHz del servicio de trunking comercial y desincorporación de los equipos analógicos.

**Tendrá el siguiente impacto en los usuarios actuales:**

Para los usuarios será transparente el impacto, pues su operador respectivo de trunking los dotará de equipos nuevos con capacidad de programación con los grupos existentes y tendrán al menos entre los sistemas analógicos y digitales, los servicios básicos de voz y señalización por datos. El servicio se continuará prestando mientras se dé la completa migración de los usuarios y los terminales digitales programados en otra banda de operación, mientras dure la migración.

**Este plan de migración tiene la siguiente finalidad:**

1. Tener un mejor índice de uso y eficiencia espectral por parte de operadores y usuarios del servicio de RMT (trunking).
2. Liberar una porción del espectro radioeléctrico que presenta un bajo índice de eficiencia espectral, para asignarla a algún otro servicio.
3. Posibilidad de prestación de servicios integrales, voz, datos, video, internet, a través del dispositivo terminal del usuario y un mejor sistema de gestión de flotas por parte del operador.
4. Servicios de mayor calidad como voz digitalizada, cancelación de eco y de ruido, nivel de calidad óptimo ante la degradación de la señal, menor uso de energía eléctrica, entre otros.

El emplear una banda de frecuencias más baja permitirá una mayor cobertura al ser ésta inversamente proporcional a la frecuencia empleada.

Dicho plan de migración, podrá ser recomendado por CONATEL, para ser adoptado por los operadores prestadores del servicio, permitiéndole tener un seguimiento y control en tiempo real de la liberación troncal analógica de la banda 800MHz a la era digital. Este plan de migración, incluye el estudio de aspectos técnicos correspondientes a las diversas etapas que cumplan con los requerimientos del plan de migración. Además, se realizó un barrido de frecuencia para determinar el nivel de uso y eficiencia de los canales de radiocomunicaciones móviles terrestres troncalizadas comerciales (trunking que

están presentes en el espectro radioeléctrico en la banda de los 800 MHz, 806-821MHz y 851-866MHz).

La pertinencia del uso de este plan de migración será analizada por un grupo multidisciplinario de CONATEL. El plan de migración de los Sistemas de Radiocomunicaciones Móviles Terrestres Troncalizados aplica a todo el territorio nacional, de acuerdo al reglamento de radiocomunicaciones de la UIT, relativo a la coordinación de fronteras y compartición de bandas de frecuencias. Las pruebas de campo se realizaron en el Distrito Capital, en su zona Metropolitana y se concentraron en la monitorización del grado de uso y eficiencia espectral registrado por las unidades móviles de CONATEL.

#### **I.4 Limitaciones.**

Este plan de migración incluye los aspectos técnicos para llevar a cabo un paso gradual de la tecnología analógica a digital en cuanto a sistemas de radiocomunicaciones móviles terrestres tipo trunking se refiere, sin embargo, la estructura de la red para la migración dependerá en gran medida de los sistemas específicos que tengan los diferentes prestadores de servicio, al igual que el impacto económico del mismo.

Las mediciones para la monitorización del grado de uso y eficiencia espectral se realizaron en el Distrito Capital en su zona Metropolitana y abarcaron la banda de 800MHz de trunking comercial, específicamente en transmisión (851 a 866 MHz).

La mayoría de la información utilizada para realizar este proyecto, es de carácter confidencial.

#### **I.5 Justificación.**

La Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), es el ente que regula todo lo que tiene que ver en cuanto a servicios de telecomunicaciones y explotación del espectro radioeléctrico en Venezuela se refiere, y su función es

asegurar el cumplimiento de las disposiciones de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones y la Ley de Responsabilidad Social en Radio y Televisión.

En consecuencia, es quién está a cargo de ajustar a las normas, todo lo concerniente a los servicios de radiocomunicaciones tipo trunking en el país. Estos servicios, se rigen a partir de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones (LOTEL) y El Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias (CUNABAF).

Siendo las radiocomunicaciones móviles terrestres tipo trunking un servicio de telecomunicaciones de interés general, deben someterse a las normas que se encuentran en el artículo número 5 de la LOTEL y las que deriven del mismo, así como las necesarias para obtener y mantener una habilitación administrativa y su respectiva concesión. El artículo 5 de la LOTEL, se cita a continuación.

*El establecimiento o explotación de redes de telecomunicaciones, así como la prestación de servicios de telecomunicaciones se consideran actividades de interés general, para cuyo ejercicio se requerirá la obtención previa de la correspondiente habilitación administrativa y concesión de ser necesaria, en los casos y condiciones que establece la ley, los reglamentos y las Condiciones Generales que al efecto establezca la Comisión Nacional de Telecomunicaciones.*

*En su condición de actividad de interés general y de conformidad con lo que prevean los reglamentos correspondientes, los servicios de telecomunicaciones podrán someterse a parámetros de calidad y metas especiales de cobertura mínima uniforme, así como a la prestación de servicios bajo condiciones preferenciales de acceso y precios a escuelas, universidades, bibliotecas y centros asistenciales de carácter público. Así mismo, por su condición de actividad de interés general el contenido de las transmisiones o comunicaciones cursadas a través de los distintos medios de telecomunicaciones podrán someterse a las limitaciones y restricciones que por razones de interés público establezca la Constitución y la ley.*

(Ley Orgánica de Telecomunicaciones, 2000, artículo 5, ¶1 y 2).

Por otro lado, el Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencia (CUNABAF), es un instrumento en el que se refleja que uso debe dársele a las bandas de frecuencias, con el fin principal de garantizar el uso eficiente del espectro radioeléctrico. (Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias, 2010).

Según él, las bandas de 380 – 400MHz, 410 – 430MHz, 806 – 821MHz, 821 – 824MHz, 851 – 866MHz y 866 – 869 MHz, están atribuidas en Venezuela para las RMT tipo trunking, pero solo las que están comprendidas entre 410 – 430MHz, 806 – 821MHz y 851 – 866MHz, están atribuidas al trunking comercial, ya que las otras son de uso exclusivamente gubernamental.

Por esto se busca migrar los sistemas de radiocomunicaciones móviles terrestres a la banda 410-430MHz, ya que la misma está totalmente libre actualmente. Esto apoyado en el artículo 74 de la LOTEL, el cual establece lo siguiente:

*La Comisión Nacional de Telecomunicaciones podrá, mediante acto motivado, cambiar la asignación de una frecuencia o una banda de frecuencia que haya sido otorgada en concesión, en los siguientes casos:*

- 1. Por razones de seguridad nacional;*
- 2. Para la introducción de nuevas tecnologías y servicios;*
- 3. Para solucionar problemas de interferencia;*
- 4. Para dar cumplimiento a las modificaciones del Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias (CUNABAF).*

*En los casos previstos en los numerales anteriores la Comisión Nacional de Telecomunicaciones otorgará al concesionario, por adjudicación directa, nuevas bandas de frecuencia disponibles, mediante las cuales se puedan ofrecer los servicios originalmente prestados, sin perjuicio de la indemnización a que haya lugar en caso de que dicho cambio cause daños al concesionario. Si no existieren frecuencias o bandas de frecuencias disponibles, se procederá a la expropiación del derecho de uso y explotación que se había conferido al*

*concesionario y a la indemnización de los daños materiales que se hubieren ocasionado.*

(Ley Orgánica de Telecomunicaciones, 2000, artículo 74, ¶1 y 2).

Por último, el contrato de concesión de Sistemas de Concentración de Enlaces (SCE-C-002), en su cláusula 34, establece que:

***Cláusula 34: Modernización del Sistema.***

***LA CONCESIONARIA se obliga a digitalizar y modernizar su sistema mediante la incorporación de los avances tecnológicos que permitan un mayor aprovechamiento de las frecuencias asignadas y además el mejoramiento de la calidad y productividad del servicio, cuando sea material, técnica y económicamente factible. CONATEL iniciará los estudios de factibilidad relativos a la digitalización del sistema, a partir del primero (1) de enero de 1994 y acordará con LA CONCESIONARIA un programa de modernización y digitalización, el cual deberá ponerlo en práctica LA CONCESIONARIA en un plazo no mayor de un (1) año contado a partir de la celebración del acuerdo referido.***

(Contrato de Concesión Sistemas de Concentración de Enlaces, 1992,  
Cláusula 34).

Cláusula que data del año 1992 y que no expira, ya que según el artículo 210 de la LOTEL, las obligaciones no prescriben.

Debido a la necesidad de hacer cumplir los reglamentos en el ámbito de las telecomunicaciones en el país, además de perseguir el mayor aprovechamiento del espectro radioeléctrico, nace la iniciativa de elaborar un plan de migración para los sistemas de radiocomunicaciones móviles terrestres troncalizados en la banda 800 MHz a sistemas digitales, ya que hasta la fecha todos los sistemas de trunking instalados en el país operan con tecnología analógica.

## **Capítulo II**

### **Marco Referencial**

A continuación, se encuentra la información necesaria para entender el funcionamiento de las radiocomunicaciones móviles terrestres tipo trunking, sus características, los elementos que conforman dichos sistemas y la descripción de los estándares más resaltantes del trunking analógico, mixto y digital.

#### **I.- Radiocomunicaciones Móviles Terrestres (RMT)**

Según Tomasi (2003), Las Radiocomunicaciones móviles terrestres son la emisión y/o recepción de ondas radioeléctricas entre dos o más puntos de la tierra, con la finalidad de transmitir y recibir información. Se les llama móviles, porque al menos uno de los equipos terminales (transmisor o receptor) tiene la posibilidad de moverse y terrestres, porque al menos uno de ellos está en tierra.

#### **II.- Radiocomunicaciones Móviles Troncalizadas**

Según Huidobro (2006), los sistemas de radiocomunicaciones troncalizados o sistemas trunking, son aquellos en los que el sistema asigna automáticamente mediante protocolos de control y señalización, los canales que se encuentren libres para que se dé la comunicación, y cuando finaliza la comunicación, el canal queda libre para que lo utilice otro grupo, por lo que se aprovecha al máximo la capacidad del sistema. Estos sistemas ofrecen la máxima eficiencia en la transmisión de voz y datos.

Huidobro (2006), también dice que por ser el espectro radioeléctrico un bien escaso, el servicio de radiocomunicaciones móviles cada vez cuenta con menos frecuencias disponibles para su operación, por lo que en redes con gran número de terminales se implementan técnicas de multiacceso que comparten las frecuencias que se encuentren libres, denominándose a estos sistemas trunking o de compartición de accesos.

### **II.1.- Características:**

Según los autores Vera, Valdés, & Plasencia (2002), el mercado de los sistemas de RMT tipo trunking, se orienta más que todo a los servicios públicos, la seguridad y el transporte, ya que son quienes mayormente necesitan comunicarse en grupo. El establecimiento de comunicaciones de grupo es de gran importancia cuando se habla de privacidad, por lo tanto estas comunicaciones son configuradas por el usuario y es él, quien otorga o impide la comunicación entre los distintos grupos.

La cobertura de estos sistemas suele ser de tipo local o regional, además funcionan en modos simplex, semi-duplex con push to talk o “pulse para hablar” (método que consiste en pulsar el botón del radio para transmitir, y liberarlo para recibir), y régimen de espera. Permiten hacer llamadas selectivas o de grupo, con diferente nivel de prioridad y la capacidad es asignada y liberada según demanda entre los canales de tráfico disponibles.

Su principal ventaja es que asignan dinámicamente los canales según se necesiten y en tiempo real, con un tiempo de establecimiento de comunicación muy pequeño. Poseen gran privacidad, están libres de interferencias, y tienen mucha confiabilidad en cuanto a su funcionamiento.

### **II.2.- Elementos de la red:**

Según Cueva (2009) y Duque (2011), la red de radio troncalizado esta conformada por los elementos que se nombran a continuación, sin embargo dependiendo de cada operador y tecnología con la que se trabaje, estos elementos pueden variar.

**II.2.1.- Estación Base:** Son estaciones fijas que contienen equipos transmisores y receptores para prestar cobertura en determinada área de servicio. Su funcionamiento es controlado desde la estación de control.

**II.2.2.- Estación de Control:** Es el equipo central de control, este es el encargado de gestionar la información de estado del sistema y enviarla tanto a las estaciones base, como a las repetidoras.

**II.2.3.- Estaciones Repetidoras:** Son estaciones fijas cuya función es retransmitir y amplificar la señal de radio recibida de cualquier equipo del sistema, aumentando así la cobertura del mismo.

**II.2.4.- Combinadores:** Son dispositivos electrónicos resonantes, en los cuales se pueden acoplar varios transmisores o receptores con una sola antena.

**II.2.5.- Duplexores:** Son dispositivos selectores de frecuencia que acoplándose a la antena pueden hacer que ésta actúe como receptora y transmisora simultáneamente.

**II.2.6.- Amplificadores:** Son elementos que se encargan de elevar la potencia de la señal procesada por el sistema.

**II.2.7.- Multicoupler o Amplificador de Antena:** Permite utilizar una sola antena de recepción para dividir la potencia en forma equitativa en todas sus salidas y suministrar tensión DC al amplificador de antena.

**II.2.8.- Consolas de Despacho o Control Remoto del Sistema:** Son equipos controlados por un operador, que sirven para monitorear el sistema de manera remota. Estos deben estar conectados a la estación base y a la de control a través de líneas de transmisión.

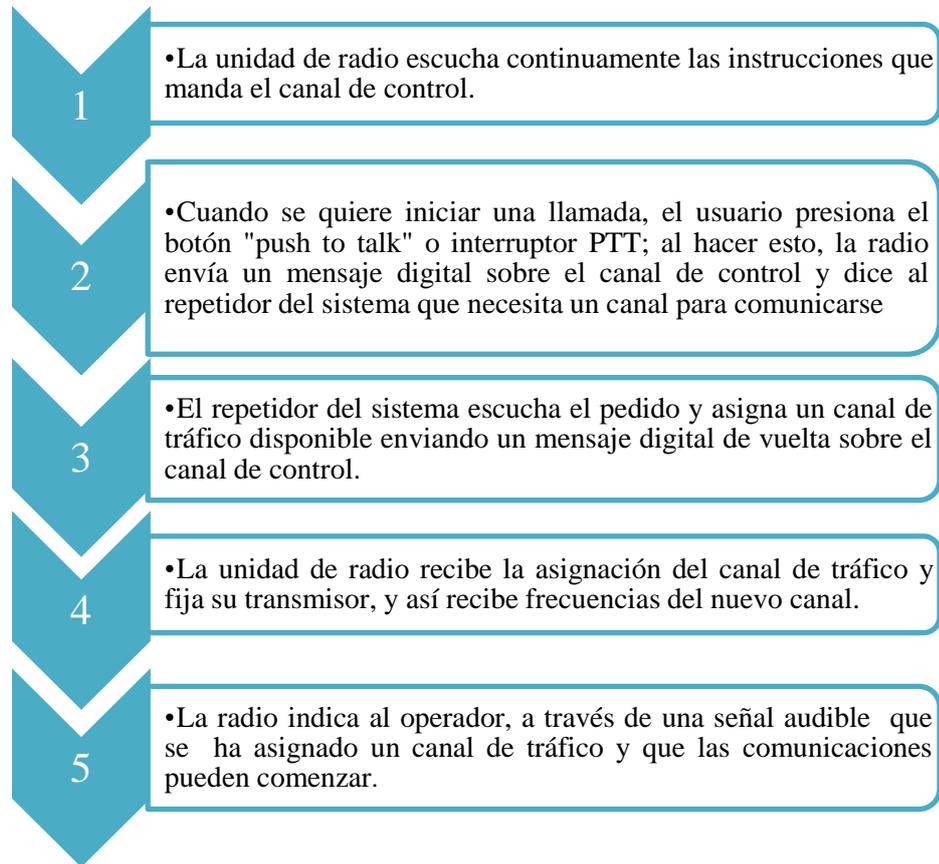
**II.2.9.- Antena:** Según Tomasi (2003), una antena es un conductor metálico que captura y radia ondas electromagnéticas. Una antena transmisora convierte la energía eléctrica en ondas electromagnéticas, en cambio, una antena receptora convierte las ondas electromagnéticas en energía eléctrica.

### **II.3.- Funcionamiento:**

Según la Asociación Cultural Radio Club Gaviota (2008), en los sistemas troncalizados existen dos tipos de canales de radio frecuencia: un canal de control (o datos) y otro de tráfico (o voz). El canal de control se debe asignar en cada sistema para el envío de la información de señalización entre los radios y la estación de control; se usan para la asignación de canales de tráfico y las tareas de gestión y control de llamadas. Los canales restantes se utilizan como canales de

tráfico y sirven para enviar las comunicaciones reales (voz o datos) entre los radios.

Una comunicación entre la unidad de radio y el repetidor del sistema es descrita en la Figura 1:



**Figura 1. Establecimiento de la llamada en un sistema troncalizado.**

*Fuente: Asociación Cultural Radio Club Gaviota (2008).*

Cuando el usuario intenta establecer una comunicación y todos los canales están ocupados, el sistema establece una cola con todas las llamadas pendientes por orden de llegada o prioridad. Dicha gestión busca una ocupación eficaz durante el mayor tiempo posible.

Este procedimiento se puede repetir varias veces durante una secuencia de comunicaciones, y las transmisiones subsecuentes se pueden hacer sobre diferentes canales de tráfico que estén disponibles. El usuario no tiene que estar enterado de qué radiofrecuencia en particular toma la comunicación establecida. Asociación Cultural Radio Club Gaviota (2008).

#### **II.4.- Métodos de Acceso:**

Para acceder al sistema troncalizado debe hacerse a través del canal de control, el cual según Veeneman (2000), puede ser dedicado o distribuido.

**II.4.1.- Canal de Control Dedicado:** Todos los radios móviles en un sistema de troncalización con canal de control dedicado, deben solicitar el servicio a través de un canal de control único. Las solicitudes de acceso usualmente se manejan en orden de llegada, y este cuello de botella puede retrasar mensajes durante los períodos de mayor demanda. Un canal de control dedicado, también elimina una frecuencia de radio para usarla como canal de control.

El método dedicado tiene varias desventajas. Una de ellas es la restricción de rendimiento. Cuando se utiliza un canal de control dedicado, todo el acceso debe hacerse a través del canal de control. Por lo tanto, debe utilizarse algún método para evitar colisiones.

**II.4.2.- Canal de Control Distribuido:** En los sistemas que utilizan un método de acceso distribuido, el servicio puede solicitarse en cualquier canal, y todos los canales pueden utilizarse para comunicaciones de voz. Así, en un sistema de cinco canales, todos los cinco canales pueden utilizarse para el tráfico de voz, haciendo un uso más eficiente de las radio frecuencias asignadas.

Los estándares de sistemas trunking se dividen –según MPT1327 Una solución Global- por el tipo de solución que necesite su sistema en: solución básica, intermedia y avanzada. En este proyecto se dividirán según el tipo de modulación que usan.

#### **II.5.- Solución Básica o Sistemas de Trunking Analógico:**

Cuentan con modulación analógica, sus funciones son básicas; la privacidad y seguridad en este tipo de sistemas son limitadas, no permiten mensajes de datos, la llamada de grupo debe hacerse con interconexión telefónica, y la capacidad en las redes es limitada. Algunos de los estándares que pertenecen a este grupo son: LTR, SmarTrunk y Taunet.

**II.5.1.- Sistema Troncal Lógico – Logic Trunked Radio (LTR):** Dice Veeneman (2000), que LTR fue desarrollado en 1978 por la empresa E.F. Johnson. Esta tecnología de trunking lleva a cabo las comunicaciones en forma analógica; tiene la característica de no ser un protocolo propietario de una marca de radios, esto permite que existan en el mercado muchos fabricantes de radios que ofrezcan productos compatibles con esta tecnología de trunking.

LTR utiliza un control de señalización digital combinado con transmisiones de voz analógicas. Todo repetidor transmite continuamente información en una secuencia de datos sub-audible, que se envía por debajo de la información de voz, ya que un tono de 150 Hz transfiere datos a 300 bits por segundo, el cual generalmente no se escucha porque sólo pasan las señales de audio entre 300 Hz y 3000 Hz.

La operación de LTR puede encontrarse en las bandas de frecuencia de 800 MHz y 900 MHz, así como algunos sistemas relativamente nuevos en UHF; puede tener hasta 20 canales por sitios, utiliza el método de acceso distribuido y el ancho de banda de su canal es de 25KHz.

**II.6.- Solución intermedia o sistemas trunking mixtos (analógico/digital):** Cuentan con modulación analógica, pero además poseen funciones de control digital avanzadas, gozan de seguridad y privacidad, mensajes de datos, llamadas de grupo, intercambio de estado, llamadas individuales, telefónicas, de emergencia y prioritarias, y el funcionamiento de las redes es eficiente. Algunos de los estándares que pertenecen a este grupo son: EDACS, MPT1327, SmartNet, y SmartZone o Privacy Plus.

**II.6.1.- Enhanced Digital Access Communications Systems (EDACS):** La Asociación Cultural Radio Club Gaviota (2008), dice que EDACS es un sistema de radio troncalizado desarrollado por Ericsson, que emplea modulación analógica y acceso digital, el cual posee un canal de control dedicado que administra todas las comunicaciones que se cursan en el sistema.

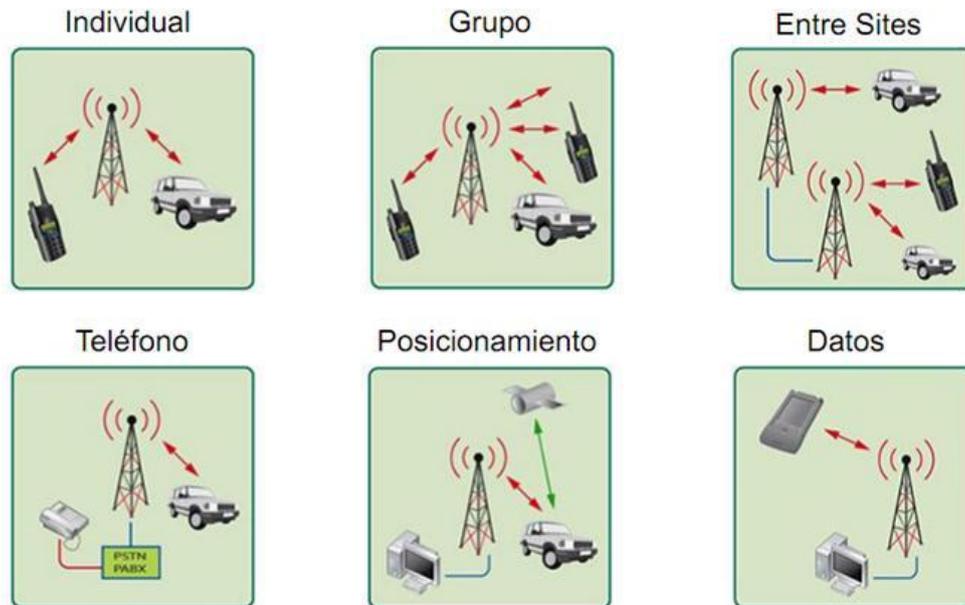
Incorpora las siguientes funciones: Permite implementar comunicaciones analógicas, digitales, digitales encriptadas, y comunicaciones de datos; acepta reprogramación de terminales, reagrupamiento dinámico, transmisión de datos, llamadas de emergencia, prioridades en las comunicaciones, entre otras.

**II.6.2.- MPT1327:** Según la Asociación Cultural Radio Club Gaviota (2008), MPT1327 es un estándar creado en Inglaterra en 1998. Se basa en un protocolo abierto. Si bien las comunicaciones de voz son analógicas, los radios con MPT1327 soportan la instalación opcional de encriptación de voz, con la finalidad de lograr mayor privacidad en las comunicaciones. También, soportan interfaces de datos (hasta 1,2Kbps) que permiten integrar en el mismo sistema comunicaciones de voz y datos.

El estándar MPT1327 para trunking acomoda los canales a un ancho de banda de 25kHz, el canal de control señala a 1200 bit/s cambiando rápido las frecuencias y afina la modulación (FFSK), con una detección de errores simple de 15-bit CRC.

MPT1327 Una solución Global, dice que este puede tener hasta 24 canales por sitio, utiliza un canal de control - reversible a tráfico si se requiere- el cual puede ser dedicado o distribuido, tiene transferencia automática del canal de control en caso de falla, posee reagrupación dinámica, la pérdida de un canal no inutiliza el sistema, y trabaja en VHF, UHF y 800 MHz.

Varios de los servicios que se pueden llevar a cabo con un sistema trunking MPT1327 se muestran en la Figura 2:



**Figura 2. Servicios prestados por MPT1327.**

*Fuente: Monserrat, (s.f)*

**II.6.3.- SmartNet:** Sobre el sistema de trunking de Motorola SmartNet, la Asociación Cultural Radio Club Gaviota, opina que este emplea modulación analógica y acceso digital. Usa teóricamente hasta 760 frecuencias de canal espaciadas igualmente en canales de transmisión de 12.5KHz o 25KHz. En el canal de control (datos) se transmiten 84 paquetes a 3600 bit/s usando modulación (FSK). Usa el método de detección de errores y un CRC (control por redundancia cíclico) para la detección del error final.

Los paquetes enviados contienen diversa información como: identificación del radio dentro del sistema, datos y estado actual, comando para la afiliación de radios a los grupos y frecuencias en que trabajan los grupos.

**II.6.4.- SmartZone o Privacy Plus:** Según Servitron (2010), SmartZone es un sistema troncal de Motorola, también llamado Privacy Plus, el cual utiliza diversos sitios con un número variable de repetidores para cubrir áreas geográficas como una región, estado o país. La finalidad de estos sistemas es expandir la cobertura de los sistemas SmartNet.

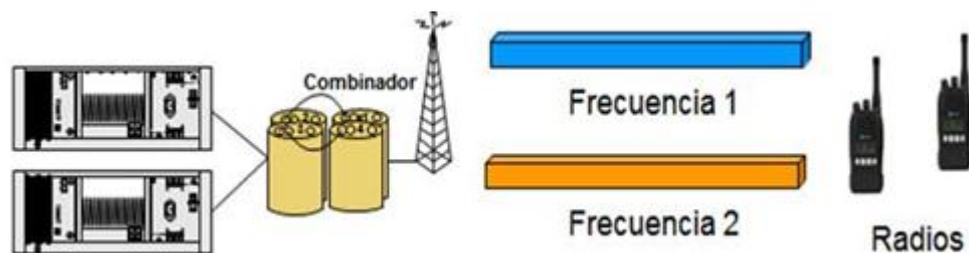
**II.7.- Solución avanzada o sistemas trunking digitales:** Cuentan con modulación digital, gozan de conmutación y enrutamiento avanzado en las redes, envían mensajes de datos a alta velocidad con privacidad y seguridad, poseen un eficiente ancho de banda, su función telefónica es comparable con un celular. Algunos de los estándares que pertenecen a este grupo son: APCO25, DMR y TETRA.

**II.7.1.- APCO25 o P25:** Martínez (2011), describe P25 como Proyecto 25 ó APCO P25. Es un estándar digital abierto, el cual es administrado por la Industria de Telecomunicaciones de América (TIA).

En estos sistemas el canal de control puede ser un canal de control dedicado, u opcionalmente, un canal de control distribuido. La tecnología FDMA, le asigna a cada usuario un único canal de radio frecuencia (RF).

P25 trabaja en FDMA con un canal de 12.5 KHz, en las siguientes bandas de frecuencias 136-174 MHz, 380-520 MHz, 762-869 MHz. Los estándares de troncalización P25 utilizan una modulación idéntica C4FM, con un índice binario de 9600 bps, mensajes de voz CAI, y mensajes de control, que incluyen voz, datos, estado, mensaje, u otras características; con un tiempo de acceso al canal entre 300-500ms.

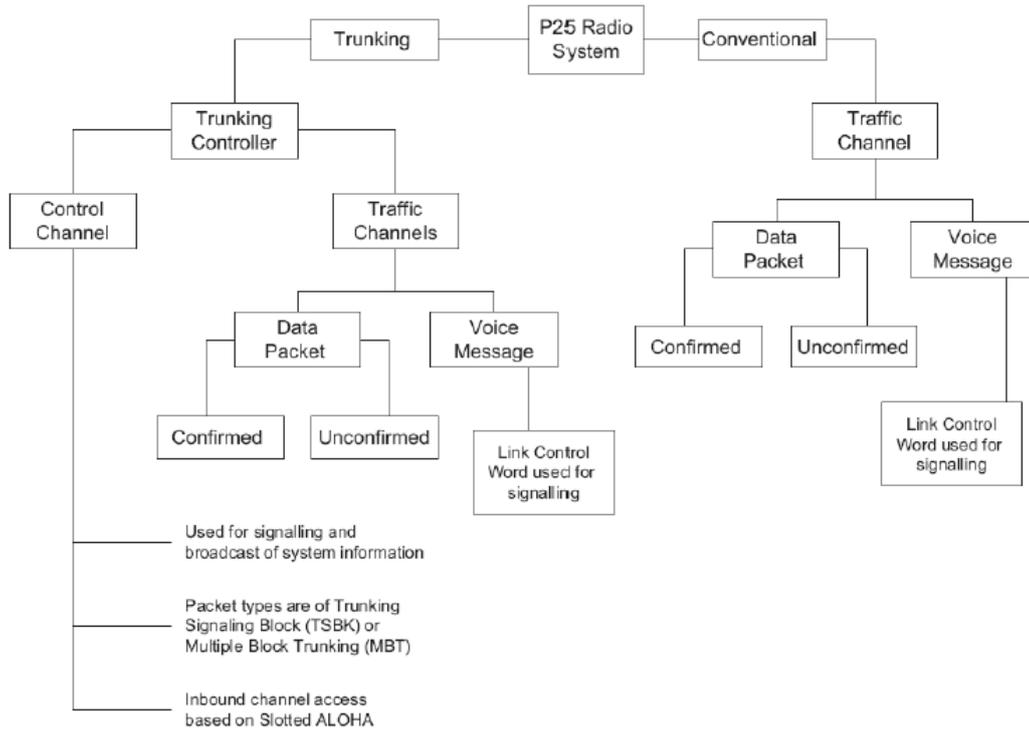
En la Figura 3, se muestra el funcionamiento de la tecnología FDMA.



**Figura 3. Tecnología FDMA.**

*Fuente: Martínez (2011).*

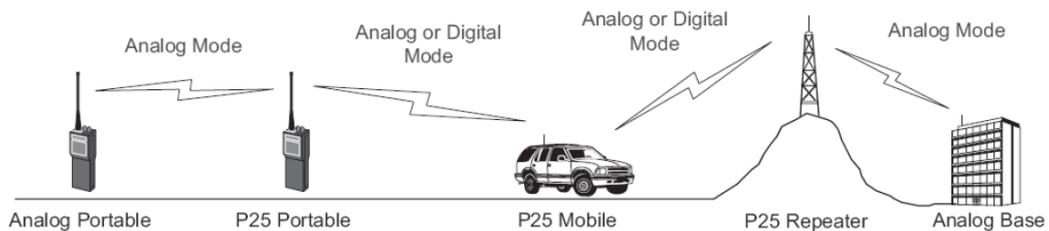
Daniels Electronics LTD (2009), describe que la interfaz de aire para el sistema troncalizado y los sistemas digitales convencionales P25 es similar, la única diferencia es que la versión troncalizada requiere un canal de control para coordinar el acceso de los usuarios, como se puede ver en la Figura 4.



**Figura 4. Visión General de los Sistemas Troncalizados y Convencionales**

*Fuente: Daniels Electronics LTD (2009).*

Los radios P25 pueden trabajar con trunking, radio convencional, y operación Simulcast, además pueden interoperar con dispositivos de diferentes marcas, y hacer llamadas individuales o grupales, como se muestra en la Figura 5.



**Figura 5. Compatibilidad inter-sistemas.**

*Fuente: Daniels Electronics LTD (2009).*

**II.7.2.- Radio Móvil Digital (DMR):** Según Convergencia IP (2011), Radio Móvil Digital (DMR) es un estándar abierto de radio digital producido por el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicación (ETSI). Este

estándar es capaz de transmitir y recibir voz, datos y una gama de amplias funciones tanto para el modo convencional, como para el trunking.

DMR opera en 1 canal de 12,5KHz con dos time slot's a través de la tecnología TDMA. Además, presenta áreas de cobertura extensas y elimina las interferencias. Debido a que su técnica de acceso es TDMA, permite 2 llamadas simultáneas a través de un solo repetidor, disminuyen los precios en infraestructura y aumenta la durabilidad de la batería del equipo.

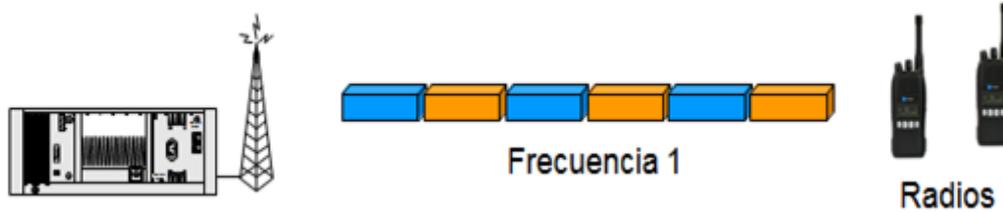
DMR presenta interoperabilidad con sistemas de radio convencional y trunking analógicos, además de radio digital convencional, por lo que es posible una migración gradual hacia el trunking digital.

**II.7.3.- TETRA (Terrestrial Trunked Radio):** Serrano & Fernández (2008), refieren que fue publicado por primera vez en 1995, es totalmente digital y utiliza tecnología TDMA, además se basa en un protocolo Europeo abierto administrado por el Instituto de Estándares de Telecomunicaciones Europeo (ETSI), existiendo así, diversos fabricantes de equipos aptos para trabajar bajo este protocolo.

Es un estándar de modulación digital que mejora notablemente la calidad de audio en la transmisión y elimina las interferencias. Permite aprovechar al máximo el ancho de banda al incluir de forma simultánea llamadas de voz en grupo e individual, transmisión de datos y posicionamiento.

Según Martínez (2011), posee un aprovechamiento espectral óptimo, permitiendo transmitir cuatro canales de voz o datos por cada canal físico de RF, esto debido al Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA), la cual es una técnica digital que permite tener múltiples usuarios accedendo al mismo canal de radio frecuencia (RF) sin interferencia.

En la Figura 6, se muestra el funcionamiento de la tecnología TDMA.



**Figura 6. Tecnología TDMA.**

*Fuente: Martínez (2011).*

Trabaja con tecnología TDMA de 4-espacios en un canal de 25 kHz; opera en las bandas de frecuencia 380-400 MHz, 410-430 MHz, 450-470 MHz, 806 – 825 / 851 – 870 MHz; no puede interoperar con señales análogas y para ser usado debe haber un completo reemplazo del sistema análogo existente. Trabaja con modulación  $\pi/4$  DQPSK (lineal), su tiempo de acceso al canal es entre 300 y 500ms, y consta de mayor velocidad de datos en canales más amplios de 50-150kHz, puede llegar a transmitir datos a velocidades de 7,2Kbps.

## Capítulo III

### Marco Metodológico

Para el desarrollo de un plan de migración para los sistemas de radiocomunicaciones móviles terrestres troncalizados en la banda de 800 MHz a sistemas digitales, para la comisión nacional de telecomunicaciones (CONATEL), se utilizó una metodología de investigación desarrollada en seis fases, estas fases se relacionan directamente entre sí para dar cumplimiento a los objetivos planteados.

#### **III.1. Fase I:** *Investigación y documentación teórica.*

- ✓ Se inició con la revisión bibliográfica exhaustiva de libros, trabajos especiales de grado, artículos, entre otros, para obtener información referente a los sistemas de radiocomunicaciones móviles terrestres tipo trunking, tanto en analógico, como en digital; su funcionamiento y los diversos estándares de trunking existentes.

#### **III.2. Fase II:** *Realización de una matriz DOFA.*

- ✓ En base a la información recopilada en la fase I se realizaron matrices DOFA, para así comparar las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas, del trunking analógico y el digital.

#### **III.3. Fase III:** *Determinación del grado de uso del espectro radioeléctrico.*

- ✓ Se realizaron mediciones a lo largo de la zona centro norte del país, específicamente en la zona metropolitana de Caracas, las cuales representaron un muestreo significativo, para monitorizar a través de un barrido de frecuencia el grado de uso o la eficiencia espectral dada por los operadores a sus frecuencias asignadas.
- ✓ Se visitaron cuatro (04) oficinas de operadores trunking ubicadas en el Distrito Capital, con la finalidad de pedir una serie de requerimientos, entre ellos la cantidad de usuarios y clientes, de canales asignados, de

estaciones repetidoras, –incluyendo el tráfico cursado por las mismas y el máximo permitido-, así como la tecnología utilizada y la cobertura de los mismos, entre otros.

- ✓ Con los requerimientos obtenidos de la visitas realizadas a los operadores, –específicamente el tráfico cursado y soportado por estación repetidora-, se realizó un estudio de ocupación teórico.
- ✓ Con los resultados obtenidos en las mediciones realizadas y la tabla de frecuencias asignadas a cada operador se procedió a cuantificar el grado de uso del espectro, o tráfico medido, dado por los operadores a sus frecuencias aginadas.
- ✓ A partir del tráfico declarado (inspecciones a los operadores) y el tráfico medido (mediciones de campo) obtenido, se procedió a calcular el índice de eficiencia espectral de los sistemas radiocomunicaciones móviles troncalizados comerciales en la banda de 800MHz.
- ✓ Por último se comparó la eficiencia espectral obtenida en analógico, con la eficiencia que tendría el uso de la tecnología digital, para así obtener el porcentaje de absorción del tráfico de los sistemas analógicos en un sistema digital, y del espectro necesario para mantener el grado de servicio actual.

#### **III.4. Fase IV: *Diseño de la Interfaz Inter-sistema***

- ✓ Se realizó el diseño de una interfaz inter-sistema, con la finalidad de interconectar el sistema analógico con el digital, así como el estudio del funcionamiento de la misma, la cobertura que brindaría y el costo aproximado que tendría.

#### **III.5. Fase V: *Diseño del plan de Migración***

- ✓ Se realizó un proyecto técnico para la asignación en concesión de nuevas porciones en la banda 410 – 430 MHz, tal que pueda albergar a los usuarios actuales del sistema analógico, empleando una interfaz inter-sistema a través de la cual pueda prestarse el servicio más avanzado (voz y

señalización por datos) del menos avanzado de los sistemas (trunking analógico), para permitir la interconexión inter-sistemas y por ende el uso del sistema analógico en paralelo con el nuevo sistema digital, hasta la progresiva desaparición de usuarios en el sistema analógico.

### **III.6. Fase VI: *Redacción del Libro de tesis***

- ✓ Se documentó todo lo realizado durante la ejecución del presente Trabajo Especial de Grado.

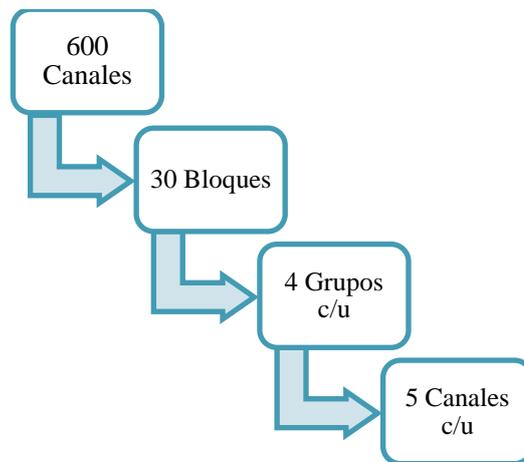
## Capítulo IV

### Desarrollo

La metodología llevada a cabo para realizar este proyecto fue dividida en 6 fases, las cuales siguieron una serie de pasos para su consecuente finalización, por lo que los mismos, se explican detalladamente a continuación.

Este proyecto se enfocará en el servicio de radiocomunicaciones móviles terrestres tipo *trunking comercial*, para el cual están destinados 30MHz de todo el espectro, operando en el rango de los 806 a los 821 MHz (15 MHz para recepción), y de 851 a 866MHz (15 MHz para transmisión).

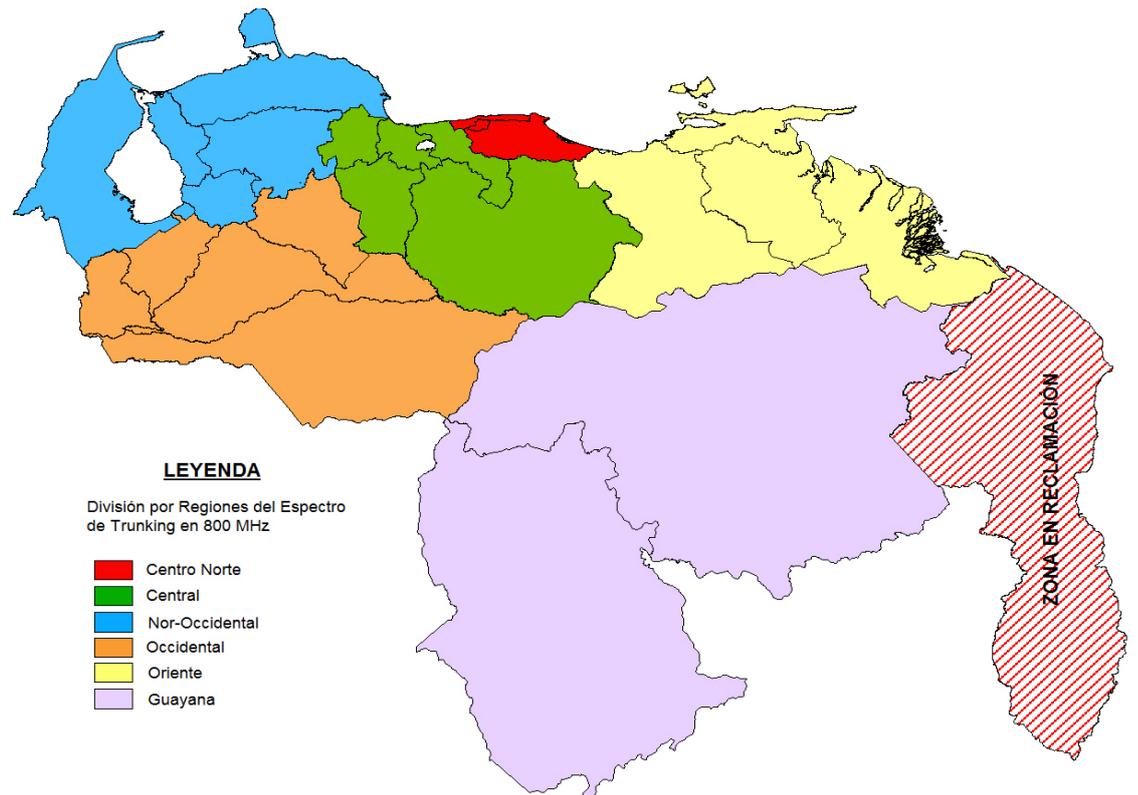
Esos 15 MHz para recepción y transmisión, están distribuidos en 600 canales de transmisión y 600 canales de recepción, los cuales están divididos en 30 bloques de 4 grupos cada uno, con 5 canales por grupo (Figura 7).



**Figura 7. Distribución de los Canales en los Sistemas Troncalizados**

*Fuente: Elaboración Propia.*

Estos canales tienen un ancho de banda de 25KHz y pueden reusarse en las diferentes zonas del país, debido a los accidentes geográficos. Dichas zonas son: Centro Norte, Guayana, Oriente, Central, Occidental y Nor-Occidental, como se ve en la Figura 8.



**Figura 8. División por Regiones del Espectro de Tronking en 800MHz.**

*Fuente: Duque (2011).*

#### **IV.1 Operadores de Tronking en Venezuela.**

Actualmente en Venezuela existen 25 prestadores del servicio de tronking en la banda comercial, de los cuales ninguno trabaja con sistemas digitales. Esto provoca que se haga un uso ineficiente del espectro, ya que con los sistemas digitales el ancho de banda del canal disminuye significativamente.

Algunos de ellos son Americatel Sistemas de Comunicación, Radio Móvil Digital RMD Venezuela, Comunicaciones móviles EDC (Commóvil), Satélites y Telecomunicaciones (Satelca), Comunicaciones Móviles (Movitel), Procesamiento Electrónico de Datos (Procedatos), entre otros.

Debido a la responsabilidad y el compromiso con la Comisión Nacional de Telecomunicaciones de Venezuela CONATEL, de ahora en adelante, cuando se haga referencia a algún operador en específico el mismo será llamado como Operador Comercial número #. De igual forma con esto, se respeta la

confidencialidad de la información de cada uno de los operadores tomados en cuenta para la ejecución de este proyecto.

Dichos prestadores de servicio operan cada uno con diferentes estándares, por esto se realizó una investigación exhaustiva de 4 de los estándares más resaltantes del trunking, y se compararon los mismos a partir de matrices DOFA.

La matriz D.O.F.A (Debilidades/ Oportunidades/ Fortalezas/ Amenazas), es aquella que se basa en el análisis del entorno, el cual estudia el medio ambiente externo y tiene como finalidad identificar y predecir los cambios que se producen actualmente o producirán a futuro; estos cambios pueden ser favorables (oportunidades) o adversos (amenazas); y el análisis interno, el cual se refiere a aquellos aspectos de los que debemos sacar el mayor provecho (fortalezas), o tratar de minimizarlos lo más posible (debilidades).

Las *oportunidades* son situaciones favorables, actuales o futuras, que brinda el entorno al desenvolvimiento del caso estudiado.

Las *amenazas* son situaciones desfavorables, actuales o futuras, que brinda el entorno al desenvolvimiento del caso estudiado.

Las *fortalezas* son habilidades, conocimientos o recursos, que colocan el caso estudiado, en una posición favorable para aprovechar las oportunidades y responder a una amenaza.

Las *debilidades* son posiciones desfavorables que posee el caso estudiado, con respecto a algún elemento externo a él y que lo ubica en condiciones de no poder responder eficazmente a las oportunidades y amenazas de su entorno. (Análisis DOFA, 2011).

## **IV.2 Estudio del Mercado Actual.**

Para conocer a fondo la situación actual en que se encuentran las radiocomunicaciones móviles terrestres troncalizadas en Venezuela, se llevaron a cabo inspecciones a 4 prestadores de servicio con sede en el Distrito Capital, las cuales sirvieron como muestra para visualizar el panorama de este servicio en el país.

**IV.2.1 Operador Comercial Número 1:** Este operador comercial cuenta con las características presentadas en la Tabla 1.

*Tabla 1:*  
**Características del Operador Comercial Número 1.**

<b>Operador Comercial Número 1</b>		
Tiene 350 canales o frecuencias asignadas.	Cuenta con 10 estaciones repetidoras. De las cuales 6 operan con la tecnología SmartNet de Motorola y 4 con LTR.	Servicios que presta: Renta básica, reprogramación y llamadas privadas. Venta y servicio técnico de equipos.
Cuenta con 649 Clientes y 7549 usuarios.	Cobertura: Anzoátegui, Bolívar, Carabobo, Distrito Capital, Maturín, Miranda y Vargas.	Cuenta con interconexión telefónica, pero no con área extendida.
Sus tarifas oscilan entre los 200Bs. y 400Bs.		

*Fuente: Elaboración Propia.*

**IV.2.2 Operador Comercial Número 2:** Este operador comercial cuenta con las características presentadas en la Tabla 2.

*Tabla 2:*  
**Características del Operador Comercial Número 2.**

<b>Operador Comercial Número 2</b>		
Tiene 138 canales o frecuencias asignadas.	Cuenta con 17 estaciones repetidoras. Todas con la tecnología APCO 16 de Motorola.	Servicios que presta: Llamada privada, de grupo y de alerta. Venta y servicio técnico de equipos.
Cuenta con 60 Clientes y 4700 usuarios.	Cobertura: Anzoátegui, Aragua, Carabobo, Distrito Capital, Lara, Miranda y Vargas.	No cuenta con interconexión telefónica, pero si con área extendida.
Sus tarifas oscilan entre los 30Bs. y 105Bs.		

*Fuente: Elaboración Propia.*

**IV.2.3 Operador Comercial Número 3:** Este operador comercial cuenta con las características presentadas en la Tabla 3.

*Tabla 3:*

**Características del Operador Comercial Número 3.**

<b>Operador Comercial Número 3</b>		
Tiene 155 canales o frecuencias asignadas.	Cuenta con 13 estaciones repetidoras. Todas operando con la tecnología LTR.	Servicios que presta: Grupo adicional. Venta y servicio técnico de equipos.
Cuenta con 208 Clientes y 7621 usuarios.	Cobertura: Anzoátegui, Bolívar, Carabobo, Distrito Capital, Lara, Miranda, Nueva Esparta, Vargas y Zulia.	No cuenta con interconexión telefónica, ni con área extendida.
Sus tarifas oscilan entre los 15Bs. y 650Bs.		

*Fuente: Elaboración Propia.*

**IV.2.4 Operador Comercial Número 4:** Este operador comercial cuenta con las siguientes características:

*Tabla 4:*

**Características del Operador Comercial Número 4.**

<b>Operador Comercial Número 4</b>		
Tiene 145 canales o frecuencias asignadas.	Cuenta con 32 estaciones repetidoras. Todas operando con la tecnología SmartZone de Motorola.	Servicios que presta: Grupo adicional, llamada privada y de alerta. Venta y servicio técnico de equipos.
Cuenta con 122 Clientes y 5141 usuarios.	Cobertura: Anzoátegui, Bolívar, Distrito Capital, Maturín, Monagas, Nueva Esparta y Sucre.	No cuenta con interconexión telefónica, pero si con área extendida.
Sus tarifas oscilan entre los 25Bs.F y 225Bs.		

*Fuente: Elaboración Propia*

### **IV.3.- Tráfico Actual**

El tráfico actual, de las redes de los sistemas troncalizados, viene dado por el uso o no de los canales de tráfico en un tiempo determinado. El mismo, puede ser declarado, que son los canales que los operadores dicen que están siendo usados, y el medido, que son aquellos canales que efectivamente están siendo utilizados y se calculan a través de mediciones de campo.

En este proyecto, se realizaron investigaciones de cada uno de los tráficos mencionados anteriormente, el tráfico declarado, el cual se calculó a través de los datos consignados por cada uno de los 4 operadores comerciales mencionados

anteriormente, y el medido, por los barridos de frecuencias realizados en la zona metropolitana del Distrito Capital, para así poder determinar un promedio acertado sobre el tráfico actual que presentan estos servicios.

De los datos consignados por los operadores, se tomaron en cuenta para el cálculo del tráfico declarado, el tráfico cursado en una estación repetidora y el tráfico máximo soportado por dicha estación repetidora.

#### **IV.3.1.- Cálculo del tráfico declarado por los Operadores:**

Dicho tráfico se calculó de la siguiente manera:

##### **Tráfico Declarado por Operador**

$$= \frac{\text{Tráfico Cursado declarado por el Operador}}{\text{Tráfico Máximo Declarado por el Operador}} \times 100$$

*Ecuación 1.- Tráfico Declarado por Operador.*

*Fuente: Elaboración Propia.*

**IV.3.1.1.- Tráfico declarado por el operador comercial no. 1:** Vendría dado por la ecuación 1.

##### **Tráfico Declarado por el Operador Comercial no. 1**

$$= \frac{\text{Tráfico Cursado Declarado En Mecedores}}{\text{Tráfico Máximo Declarado En Mecedores}} \times 100$$

$$\text{Tráfico Declarado por el Operador Comercial no. 1} = \frac{3915}{4980} \times 100$$

$$\text{Tráfico Declarado por el Operador Comercial no. 1} = 78,614 \% \approx 79\%$$

Por lo que el tráfico declarado por el operador comercial no.1 en la estación repetidora “Mecedores” es de 79%.

**IV.3.1.2.- Tráfico declarado por el operador comercial no. 2:** Vendría dado por la ecuación 1.

##### **Tráfico Declarado por el Operador Comercial no. 2**

$$= \frac{\text{Tráfico Cursado Declarado En Filas del Ávila}}{\text{Tráfico Máximo Declarado En Filas del Ávila}} \times 100$$

$$\text{Tráfico Declarado por el Operador Comercial no. 2} = \frac{2100}{2454} \times 100$$

***Tráfico Declarado por el Operador Comercial no.2*** = 85,574 %  $\approx$  86%

Por lo que el tráfico declarado por el operador comercial no.2 en la estación repetidora “Filas del Ávila” es de 86%.

***IV.3.1.3.- Tráfico declarado por el operador comercial no. 3:*** Vendría dado por la ecuación 1.

***Tráfico Declarado por el Operador Comercial no. 3***

$$= \frac{\text{Tráfico Cursado Declarado En Mecedores}}{\text{Tráfico Máximo Declarado En Mecedores}} \times 100$$

$$\text{Tráfico Declarado por el Operador Comercial no. 3} = \frac{3200}{5200} \times 100$$

***Tráfico Declarado por el Operador Comercial no. 3*** = 61,538 %  $\approx$  62%

Por lo que el tráfico declarado por el operador comercial no.3 en la estación repetidora “Mecedores” es de 62%.

***IV.3.1.4.- Tráfico Declarado por el operador comercial no. 4:*** Debido a que el operador comercial no. 4, tiene solo 15 canales de tráfico asignados en la estación repetidora ubicada en la zona metropolitana de Caracas, el mismo no es determinante para la estimación realizada, por lo que no se tomó en cuenta para el cálculo del tráfico declarado, sin embargo dicho operador si se incluye en el estudio del tráfico medido.

#### ***IV.3.2.- Tráfico Medido por Operador***

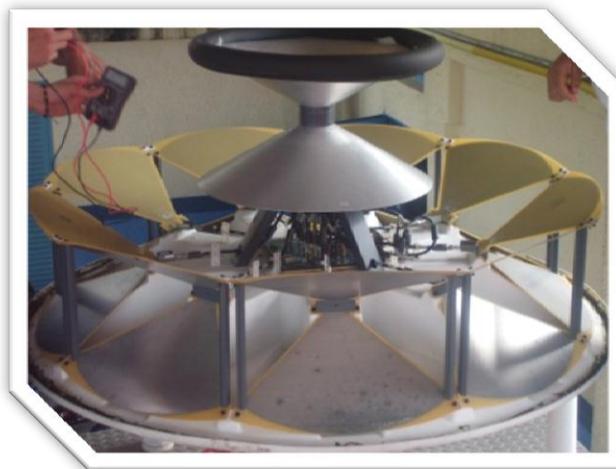
El tráfico medido por operador, se calculó a partir de los resultados obtenidos en las mediciones de campo realizadas, con el fin de determinar el grado de ocupación del espectro por canal o repetidor.

Las mediciones fueron realizadas con la unidad móvil (Figura 9) perteneciente a CONATEL, la cual es un equipo dotado principalmente por un servidor, una fuente de poder, y un domo que contiene un su interior 10 elementos o antenas; de los cuales 9 son de referencia y uno de muestreo. La misma sirve para hacer diversos tipos de mediciones, especialmente aquellas que deban hacerse estando en constante movimiento.



**Figura 9. Unidad Móvil.**  
*Fuente: Elaboración propia.*

En la Figura 10, se pueden ver los elementos o antenas que se encuentran en el interior del Domo de la unidad móvil.



**Figura 10. Elementos de la Unidad Móvil.**  
*Fuente: Elaboración propia.*

Se usó la unidad móvil para medir la ocupación espectral de la banda de 800MHz, específicamente entre los 851 y 866MHz de transmisión trunking, para los 600 canales de 25 KHz que la componen.

Este barrido de frecuencias se realizó a través del software “Spectrum Monitoring System Client” de Scorpio Client, el cual proporciona la capacidad de acceder, visualizar y guardar, el ancho de banda ocupado por una señal determinada, el parámetro de modulación, la intensidad del campo y la ocupación del espectro. El mismo, cumple con las recomendaciones de la UIT, tiene una interfaz gráfica de fácil manejo, control del sistema en tiempo real, permite la triangulación de las señales, y tiene GPS integrado; por lo que este software es el indicado para hacer mediciones que requieran realizarse estando en movimiento.

El protocolo seguido para llevar a cabo las mismas, consistió en medir, desde un punto de dominio en línea de vista con los sitios de repetición de Caracas, durante 2 horas consecutivas, obteniendo así 40 muestras por canal, por segundo, resultando de esta manera, un total de 288 mil muestras totales, suficientes para determinar el grado de ocupación o tráfico medido de los canales en la banda de transmisión de trunking.

Luego de obtener este muestreo por canal, se procedió a hacer el cálculo del tráfico medido, en función de la ocupación mostrada por canal, para cada uno de los 4 operadores comerciales, de la siguiente manera:

***Tráfico Medido por Canal***

$$= \frac{\text{Muestras Captadas por Canal}}{\text{Muestras Totales Realizadas por la Unidad Móvil}} \times 100$$

***Ecuación 2.- Tráfico Medido por Canal.***

*Fuente: Elaboración Propia.*

***Tráfico Medido por Operador***

$$= \frac{\text{Tráfico C1Op\#} + \text{Tráfico C2Op\#} + \dots + \text{Tráfico CnOp\#}}{\text{Número de canales Operador Comercial \#}}$$

***Ecuación 3.- Tráfico Medido por Operador.***

*Fuente: Elaboración Propia.*

Por lo que a partir de las ecuaciones 2 y 3, se procedió a realizar el cálculo perteneciente al tráfico medido por operador.

Para calcular el tráfico total cursado, se llevó a cabo un estudio, el cual consistió en darle una ponderación al tráfico declarado por los operadores y otra al tráfico medido.

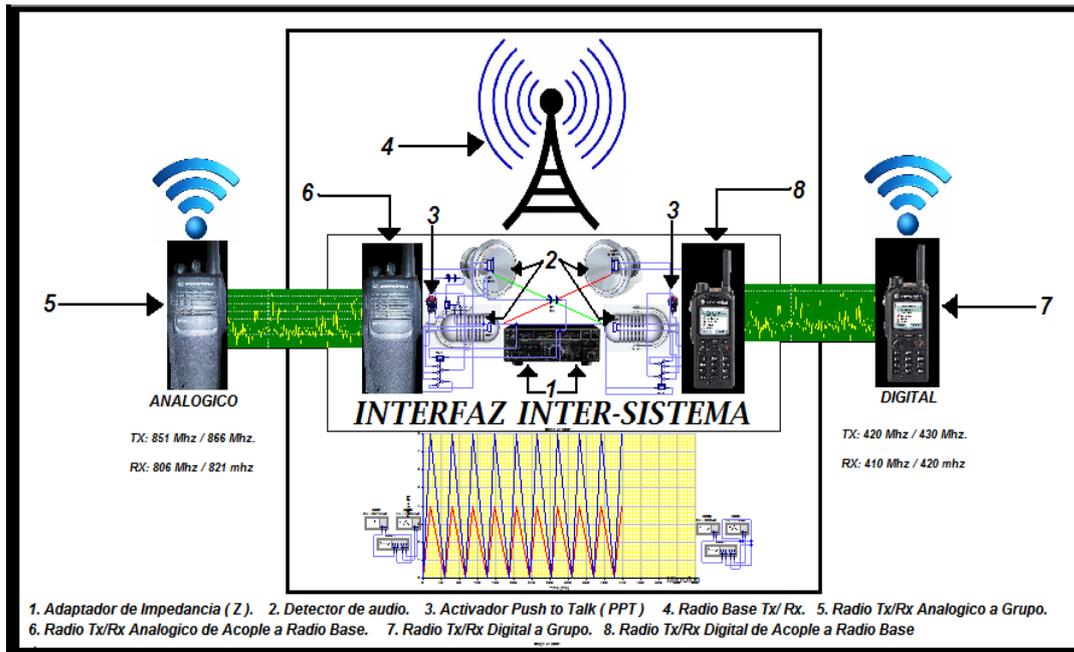
Por último, para obtener la eficiencia espectral que se obtendría en digital, se dividió la porción del espectro destinada para este servicio, entre el ancho de banda que tendría el canal si se migrase a digital.

Para calcular el porcentaje de absorción del tráfico de los sistemas analógicos en un sistema digital, se realizó un análisis tomando en cuenta el tráfico total y el número de canales que se obtendrían en digital.

#### **IV.4.- Interfaz Inter-sistema**

Para migrar de un sistema a otro, en este caso, del trunking analógico al digital, se debe estudiar la manera de hacerlo gradualmente, para que así el choque económico para los operadores no sea tan evidente, y la diferencia de funcionamiento del nuevo sistema, con respecto al anterior, no afecte a los usuarios. Para esto se diseñó una interfaz inter-sistema, la cual tendrá como finalidad, comunicar el trunking analógico con el digital, para que estos puedan compartir el servicio de voz, de un usuario de la banda 800MHz a un grupo de escucha de la banda 400MHz, o viceversa, de un usuario de la banda 400MHz a un grupo de escucha de la banda 800MHz.

Se le llamará interfaz inter-sistema (Figura 11), al conjunto de elementos que conectados entre sí, serán capaces de interconectar el trunking analógico, y el digital; de una manera sencilla y económica, haciendo posible el funcionamiento simulcast de ambos sistemas en cuanto a servicios de voz se refiere.



**Figura 11. Interfaz Inter-Sistema.**

*Fuente: Elaboración Propia.*

Dichos elementos son:

**1.- Radio analógico.** Operable en la banda de 800MHz para trunking comercial.

**2.- Radio digital.** Operable en la banda de 410-430MHz a la que se migraría el trunking comercial.

**3.- Detector de Audio.** Circuito que detecta la presencia de una señal de audio entre 400Hz y 4KHz, para así enviar una señal de presencia (nivel lógico), que accione el PTT del otro radio portátil.

**4.- Activador del PPT.** Este es un circuito que recibe una señal del detector de audio, y a través de ella activa el grupo de escucha de todos los radios pertenecientes a un grupo específico.

**5.- Adaptador de impedancia.** Es un circuito que permite la transferencia de una señal de audio, entre la bocina de un radio y el micrófono de otro radio, y además acopla la impedancia de ambos equipos, para minimizar el ruido o interferencia, que se puede dar al ocurrir la comunicación entre los mismos.

Dichos elementos se visualizan en la Figura 11.

***Dicha interfaz funcionará de la siguiente manera:***

1. Un radio ubicado en la banda de 800MHz, realiza la petición de transmitir una señal de voz a un grupo de radios ubicados en la banda de 400MHz, pulsando para esto su PTT.
2. La señal pasa a la interfaz inter-sistema, y es captada por el detector de audio del radio analógico perteneciente a la banda de 800MHz.
3. El detector de Audio del radio de 800MHz, envía una señal que activa el PTT del radio que trabaja en la banda de 400MHz, perteneciente a la interfaz inter-sistema.
4. Al activarse el PTT del radio digital ubicado en la interfaz inter-sistema, se abre el grupo de escucha de todos los radios de los usuarios de la banda de 400MHz, pertenecientes a este grupo.
5. Empieza la comunicación a través de mensajes de voz.

El mismo procedimiento se cumple a la inversa, cuando un usuario perteneciente a la banda de 400MHz, se quiere comunicar con un grupo que opere en la banda 800MHz.

Dicho diseño es una propuesta de interfaz inter-sistema, ya que existen diversos modos de diseñar los circuitos que la componen, por esto las herramientas usadas para construir los adaptadores de impedancia y los elementos de estado sólido quedarían a juicio del operador. Para su elaboración podrían usarse transistores, microprocesadores o relés.

En este proyecto se propone realizarla con transistores y amplificadores operaciones que trabajen como comparadores de señal en las bocinas de los radios.

## Capítulo V

### Resultados

Este proyecto presentó en primera instancia, sus objetivos específicos con la finalidad de llevar a cabo la presente propuesta de un plan de migración. Luego de desarrollar todos los pasos para realizar la presente propuesta se condensan los resultados de los mismos en este capítulo; cumpliendo así los objetivos que se citaron anteriormente.

Los sistemas trunking se dividen en tres grupos: trunking analógico, trunking mixto (analógico/digital) y trunking digital. A continuación se hará una comparación entre el trunking analógico y el digital, como se muestra en la Tabla 5.

*Tabla 5:*  
**Características contrapuestas del trunking analógico y digital.**

<i>Trunking Analógico</i>	<i>Trunking Digital</i>
Menor aprovechamiento del espectro radioeléctrico.	Mayor aprovechamiento del espectro radioeléctrico.
Seguridad limitada de las comunicaciones.	Seguridad de las comunicaciones.
Privacidad limitada de las comunicaciones.	Privacidad de las comunicaciones.
No soporta servicios de datos	Soporta servicios de datos.
Sus funciones son básicas	Sus funciones son avanzadas.
Capacidad limitada de la red.	Mayor capacidad de la red.
Llamadas grupales limitadas.	Capacidad para llamadas grupales.
Inversión menos costosa en cuanto a infraestructura.	Inversión costosa en cuanto a infraestructura.
Arquitectura de red menos compleja.	Arquitectura de red compleja
Mayor degradación de la voz.	Menor degradación en la voz.

*Fuente: Elaboración propia.*

Cómo se puede observar, en la Tabla 5, el trunking digital supera en la mayoría de los aspectos al trunking analógico, a pesar que el digital es más costoso y su arquitectura más compleja; los beneficios que se obtienen son muy importantes, ya que (desde el punto de vista del ente regulador) disminuye significativamente el ancho de banda del canal, y por ende la porción del espectro radioeléctrico ocupada y (desde el punto de vista del operador) ofrece la

posibilidad de brindar una mayor cantidad de servicios como lo son el intercambio de datos, el GPS integrado, las llamadas grupales, privadas y de alerta, entre otros.

Este análisis en cuanto a trunking analógico y digital, da paso a la comparación entre los diversos estándares trunking. Por ser LTR y MPT1327, estándares abiertos y dos de los estándares analógicos más conocidos, se estudiarán estos dos en cuanto a modulación analógica o mixta se refiere.

*Tabla 6:*  
**Logic Trunked Radio – LTR.**

<i>Debilidades</i>	<i>Oportunidades</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Transmite en 800 y 900MHz, solo algunos de los sistemas LTR nuevos transmiten en UHF lo que representa una restricción en cuanto a la disponibilidad de esas bandas en el espectro radioeléctrico.</li> <li>➤ La seguridad y privacidad son limitadas.</li> <li>➤ Todas las llamadas tienen igual prioridad.</li> <li>➤ Su aprovechamiento del espectro es mínimo.</li> <li>➤ No posee algoritmos de detección de errores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Su arquitectura es menos compleja y costosa que un estándar digital, lo que representa una oportunidad para usuarios que requieran un sistema trunking básico y no tengan suficiente capital.</li> </ul>
<i>Fortalezas</i>	<i>Amenazas</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Posee acceso por canal de control distribuido.</li> <li>➤ Por ser un protocolo abierto, diversos fabricantes ofrecen equipos compatibles con esta tecnología, lo que ofrece al usuario variedad a la hora de elegir su marca.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Los estándares digitales incluyen servicios de datos, por lo que los usuarios que requieran de estos servicios descartarán automáticamente este estándar.</li> <li>➤ Los sistemas analógicos y mixtos irán migrando a digital, hasta que desaparezca el trunking analógico.</li> </ul>

*Fuente: Elaboración propia.*

En la matriz DOFA de LTR (Tabla 6), se puede ver que hay más debilidades y amenazas, que oportunidades y fortalezas, por lo que este estándar representa una gran razón para migrar a digital, debido a la evolución tecnológica que se vive actualmente.

**Tabla 7:**  
**MPT1327**

<b><i>Debilidades</i></b>	<b><i>Oportunidades</i></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Su servicio de datos es básico y no posee gran velocidad.</li> <li>➤ No posee gran aprovechamiento del espectro.</li> <li>➤ Su algoritmo de detección de errores es muy simple.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Su arquitectura es menos compleja y costosa que un estándar digital, lo que representa una oportunidad para usuarios que requieran un sistema trunking intermedio.</li> <li>➤ Gracias a su canal de control cíclico y burst mode, trunking MPT1327 permite la migración gradual hacia su estándar, evitando así la pérdida de equipos.</li> <li>➤ Incorpora llamadas de emergencia y prioritarias, lo que le abre más campo en el mercado.</li> </ul>
<b><i>Fortalezas</i></b>	<b><i>Amenazas</i></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Posee comunicaciones de voz analógica, pero a la vez ofrece servicios de datos.</li> <li>➤ Por ser un protocolo abierto, diversos fabricantes ofrecen equipos compatibles con esta tecnología, lo que ofrece al usuario variedad a la hora de elegir su marca.</li> <li>➤ Posee acceso por canal de control dedicado o distribuido.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Los sistemas mixtos irán migrando a digital, hasta que desaparezca el trunking analógico.</li> </ul>

*Fuente: Elaboración propia.*

En la matriz DOFA de MPT1327 (Tabla 7), se puede ver que las debilidades, amenazas, oportunidades y fortalezas, se encuentran balanceadas, por lo que este sistema trunking es ideal para clientes que deseen un costo intermedio y una gama de servicios no muy elevada. A pesar, que por ser un estándar mixto, con el tiempo irá desapareciendo; cuenta con interoperabilidad con estándares analógicos, lo que permite una migración parcial a su estándar, mientras el cliente decide migrar completamente a digital.

*Tabla 8:*  
*Comparación entre LTR y MPT1327*

<b>Función</b>	<b>LTR</b>	<b>MPT1327</b>
Señalización	Sub-audible continua	FFSK a 1200 bps.
Método de Control	Distribuido	Fijo/ Rotable
Canales por sitio	20	24
Abonados	250 ID por sitio	5000-20000 ID por sitio
Acceso Telefónico	Dedicado	Compartido
Prioridades	Iguales para todos	4, incluyendo emergencia
Llamadas de Grupo	Si	Si, con capacidad de volver al grupo.
Falla del canal	Necesita repuesto	Auto-reasignación del canal de control
Mensajes de datos	No	Sí, de status, cortos y largos
Re-enrutamiento	No	Si, similar a transferencia de llamadas.
Manejo de datos	No	Si, a 1200bps.

*Fuente: Elaboración Propia.*

En la Tabla 8, se puede observar que MPT1327 es superior que LTR. Entre las ventajas más importantes que presenta MPT1327 sobre LTR, está el hecho de aceptar hasta 24 canales por sitio, sobre los 20 de LTR; pero especialmente la cantidad de ID's que permite cada estándar, debido que esta es la cantidad de usuarios que admite cada estación repetidora.

Por ser TETRA y P25, estándares abiertos y digitales muy conocidos a nivel mundial, se estudiarán estos dos en cuanto a modulación digital se refiere.

*Tabla 9:*  
**P25**

<i>Debilidades</i>	<i>Oportunidades</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Posee un elevado costo.</li> <li>➤ Su arquitectura es compleja.</li> <li>➤ Usa tecnología FDMA, lo que hace que se asigne un canal de radiofrecuencia por usuario, y esto disminuye la capacidad del sistema.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Incorpora llamadas de emergencias y prioritarias, lo que le abre más campo en el mercado.</li> <li>➤ No solo trabaja con trunking, sino además con radio convencional, lo que es un atractivo para empresas que necesiten ambos sistemas y quieran trabajar con un solo estándar.</li> </ul>
<i>Fortalezas</i>	<i>Amenazas</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Por ser un protocolo digital abierto, diversos fabricantes ofrecen equipos compatibles con esta tecnología, lo que ofrece al usuario variedad a la hora de elegir su marca, además, presenta interoperabilidad entre dichas marcas.</li> <li>➤ Posee acceso por canal de control dedicado o distribuido.</li> <li>➤ Posee mayor cobertura que un estándar analógico.</li> <li>➤ Posee algoritmos de detección de errores.</li> <li>➤ Cubre terrenos de hasta 53km.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Existen muchos otros estándares digitales en el mercado, y cada vez aparecen más con los cuales competir.</li> </ul>

*Fuente: Elaboración propia.*

En la matriz DOFA de P25 (Tabla 9), se puede ver como las oportunidades y fortalezas, superan notablemente las debilidades y amenazas. A pesar que este estándar tiene mucha competencia, su gran cantidad de fortalezas y oportunidades, valen su costo y complejidad. Su mayor ventaja es la interoperabilidad con radios de diversas marcas de fabricantes, siempre y cuando trabajen bajo este mismo estándar, lo que permite que los operadores no se vean atados a un solo proveedor de equipos y su fácil adaptación a la interfaz inter-sistema para lograr la operación simulcast.

**Tabla 10:**  
**TETRA**

<i>Debilidades</i>	<i>Oportunidades</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Posee un elevado costo.</li> <li>➤ Su arquitectura es compleja.</li> <li>➤ No permite la interoperabilidad de equipos de diversas marcas, por lo que obliga a los operadores a tener un solo distribuidor.</li> <li>➤ Por no permitir interoperabilidad con equipos de otras marcas, tampoco puede haber una migración gradual hacia él, ya que sus equipos son netamente digitales.</li> <li>➤ Cubre terrenos de hasta 35km, lo que amerita más equipos en zonas de gran tamaño.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Para cualquier cliente que no desee migrar de un sistema analógico a uno digital, sino que desee entrar de lleno en el mundo digital, TETRA es una muy buena opción, ya que es muy competitivo en cuanto a servicios, y su capacidad del sistema es óptima.</li> </ul>
<i>Fortalezas</i>	<i>Amenazas</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Por ser un protocolo digital abierto, diversos fabricantes ofrecen equipos compatibles con esta tecnología, lo que ofrece al usuario variedad a la hora de elegir su marca.</li> <li>➤ Aumento de la capacidad del sistema, ya que trabaja con tecnología TDMA y puede tener hasta 4 canales de voz o datos por cada canal de tráfico.</li> <li>➤ En cuanto a cobertura es más eficiente que un estándar analógico.</li> <li>➤ Posee algoritmos de detección y corrección de errores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Existen muchos otros estándares digitales en el mercado, y cada vez aparecen más con los cuales competir.</li> <li>➤ Como no presenta posibilidad de interoperar con equipos de otras marcas, las empresas que deseen migrar lo pensarán mucho antes de cambiar a TETRA, ya que perderán todos sus equipos e infraestructura.</li> </ul>

*Fuente: Elaboración propia.*

En la matriz DOFA de TETRA (Tabla 10), se puede ver como las oportunidades y fortalezas, superan notablemente las debilidades y amenazas. Sin embargo, este estándar tiene la gran desventaja que no posee interoperabilidad con equipos de diversas marcas, a nivel de conexión entre radiobases, entre radiobases y controladores de zona y entre controladores de zona, por lo que la interoperabilidad solamente existe entre radiobases y equipos terminales, lo que trae como consecuencia, que tampoco podrá trabajar en simulcast con equipos analógicos ni mixtos, y con ello la pérdida completa de los equipos y la infraestructura actual, además de la paralización total del sistema mientras se sustituye todo el sistema anterior y se instala el digital o el despliegue completo de la plataforma digital, mientras se da el apagón analógico. Por lo que este estándar no es apropiado para realizar una migración.

*Tabla 11:*  
*Comparación entre TETRA y P25*

<b>Funciones</b>	<b>TETRA</b>	<b>P25</b>
Cobertura	35Km	53Km
Camino de migración	Sin actualización gradual	Camino análogo – digital
Interoperabilidad	Limitado a dispositivos TETRA	Análogo/digital y diversas marcas
Uso del espectro	400/800 MHz.	VHF, UHF, 800MHz.
Modo convencional	DMO	Si
Operación directa	Posiblemente - necesita sincronización	Disponible ahora
Velocidad de data	7.2-2.4Kbps (protegido) pierdo rango de velocidad	7.2Kbps a una cobertura limitada.
Capacidad de canal	4 canales/Tx	1 canal/Tx
Canal re-usable	Muy poco probable	si
Redes simulcast	Extremadamente difícil	si

*Fuente: Elaboración propia.*

En esta tabla comparativa entre TETRA y P25, se puede ver que ambos estándares tienen características similares, ambos con sus ventajas y desventajas, por lo tanto a la hora de elegir que estándar es superior, está decisión se basará en las necesidades del cliente.

Debido a que este proyecto busca diseñar un plan de migración de sistemas trunking analógicos a sistemas trunking digitales, dicha migración debe hacerse gradualmente, para que así el cliente no pierda todos sus equipos y no tenga tanto impacto económico para éste. Por lo tanto, por su interoperabilidad con diversas marcas de fabricantes, su posibilidad de trabajar en redes simulcast (analógico / Digital) y su amplia cobertura (53Km), se eligió el estándar P25 para llevar a cabo la migración de los sistemas trunking analógicos a digitales.

La presente propuesta de plan de migración, será en el camino mixto - digital, o analógico - digital (sin pasar por el trunking mixto), debido a que el trunking mixto no ofrece ninguna característica o facilidad que haga más factible el paso por él durante la migración; ya que gracias a la interfaz inter-sistema diseñada en este proyecto, se da la posibilidad de trabajar en simulcast (trunking analógico y digital), siendo este último muy superior al trunking mixto.

De esta manera se puede dar por cumplido el objetivo de **“Comparar las características, ventajas y desventajas, debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas (matriz DOFA), de los diversos estándares de los sistemas de radiocomunicaciones móviles terrestres (RMT), tanto en modulación analógica como en digital.”**

Otra de las actividades realizadas en la ejecución de este proyecto fue la inspección a 4 de los operadores comerciales más importantes del país, para así saber con cuantos usuarios y clientes cuenta cada uno hasta la fecha.

	Op.Com 1	Op.Com 2	Op.Com 3	Op.Com 4
<b>Canales</b>	350	138	155	145
<b>Clientes / Usuarios</b>	694 / 7459	60 / 4700	208 / 7621	122 / 5141
<b>Estaciones Repetidoras</b>	10, 6 con SmartNet y 4 con LTR	17, todas con APCO 16	13, todas con LTR	32, todas con SmartZone
<b>Intercon. Telef. /Área Extend.</b>	Sí / No	No / Sí	No / No	No / Sí
<b>Servicios</b>	Renta Básica, Multisite, Llamadas Privadas. Venta y servicio técnico de equipos	Llamada de grupo, privada y de alerta. Venta y servicio técnico de equipos.	Tiempo aire, grupo adicional y multisite. Venta y servicio técnico de equipos.	Grupo adicional, llamada privada y de alerta. Venta y servicio técnico de equipos.
<b>Cobertura</b>	Anzoátegui, Bolívar, Carabobo, Distrito Capital, Maturín, Miranda y Vargas.	Anzoátegui, Aragua, Carabobo, Distrito Capital, Lara, Miranda y Vargas.	Anzoátegui, Bolívar, Carabobo, Distrito Capital, Lara, Miranda, Nueva Esparta, Vargas y Zulia.	Anzoátegui, Bolívar, Distrito Capital, Maturín, Monagas, Nueva Esparta y Sucre.
<b>Tarifas</b>	200-400BsF.	30-105BsF.	15-650BsF.	25-225BsF.

**Figura 12. Resumen de Inspecciones a los operadores.**

Fuente: Elaboración Propia.

Con la información contenida en la Figura 12, se puede dar por cumplido el objetivo de **“Determinar con base a los resultados de las inspecciones a los operadores, la cantidad de usuarios y clientes que posee cada operador”**. Además, se puede ver que no solo se determinaron el número usuarios y clientes, sino que también el número de canales asignados, de estaciones repetidoras con sus respectivas tecnologías de operación y cobertura de las mismas, entre otros.

Otra de las actividades realizadas fue el análisis del grado de uso del espectro o dos tipos de tráfico: El declarado a través de los datos recolectados de los 4 operadores comerciales más grandes del país con oficina comercial en el Distrito Capital (número de usuarios que cursa tráfico por estación repetidora y el número

máximo de usuarios permitido por estación repetidora); y el medido a partir de la realización de mediciones de campo llevadas a cabo en la zona metropolitana del Distrito Capital, usando como equipo de medición la unidad móvil de CONATEL y el software “Spectrum Monitoring System Client” de Scorpio Client.

Se tomaron solo 4 operadores comerciales de los 25 existentes, ya que ellos juntos representan el 50% de los canales o frecuencias asignados, contra un 50% que representan los 21 operadores restantes, por lo tanto, estos 4 operadores comerciales se consideran una muestra suficientemente grande para obtener el grado de uso del espectro radioeléctrico, en cuanto al servicio de radiocomunicaciones móviles terrestres tipo trunking, se refiere.

Los resultados obtenidos con respecto a los datos proporcionados por los 4 operadores comerciales visitados, fueron los siguientes:

***Tráfico Declarado por el Operador Comercial no. 1*** = 78,614 %  $\approx$  79%

Por lo que el operador comercial número 1, solo está usando 53 de sus 69 canales de tráfico asignados a Mecedores.

***Tráfico Declarado por el Operador Comercial no. 2*** = 85,574 %  $\approx$  86%

Por lo que el operador comercial número 2, solo está usando 13 de sus 15 canales de tráfico asignados a Filas del Ávila.

***Tráfico declarado por el Operador Comercial no. 3*** = 61,538 %  $\approx$  62%

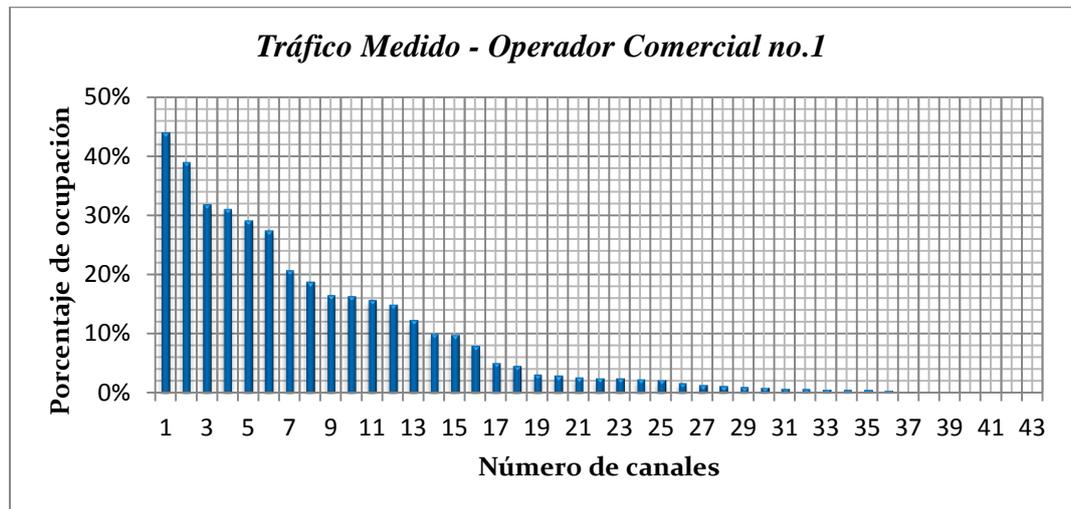
Por lo que el operador comercial número 3, solo está usando 41 de sus 65 canales de tráfico asignados a Mecedores.

***Tráfico declarado por el operador comercial no. 4:*** Debido a que el operador comercial no. 4, tiene solo 15 canales de tráfico asignados en la estación repetidora ubicada en la zona metropolitana de Caracas, el mismo no es determinante para la estimación realizada, por lo que no se tomó en cuenta para el cálculo del tráfico declarado, sin embargo dicho operador si se incluye en el estudio del tráfico medido.

Esto implica que a aunque el tráfico declarado por los operadores es bastante alto, existen canales asignados a dichos operadores, que no se están usando.

Se recuerda que existen 30MHz del espectro radioeléctrico asignado al servicio de radiocomunicaciones móviles terrestres troncalizado, los cuales debido a los accidentes geográficos se pueden reusar en las diferentes zonas del país (Centro Norte, Guayana, Oriente, Central, Occidental y Nor-Occidental).

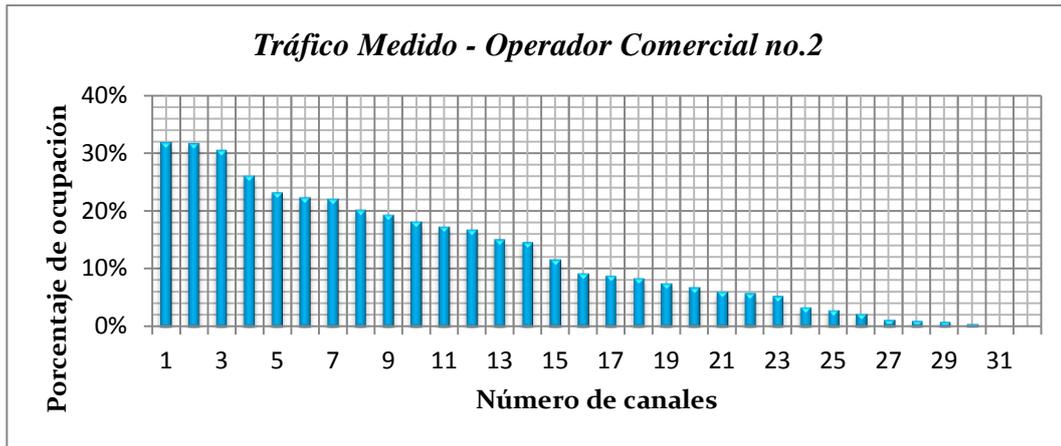
En cuanto al tráfico medido por Operador, se tiene que *el Operador Comercial no. 1*, está haciendo uso solo del 5,5% de sus canales asignados en la zona metropolitana de caracas. Dicho número se obtuvo como resultado de calcular el promedio del grado de uso de cada uno de sus canales muestreados, donde el valor más alto que se reportó fue de 44% y el más bajo 0%, por lo que se puede evidenciar que dicho operador no está usando ni siquiera el 6% de sus canales asignados. Esto se muestra gráficamente en la Figura 13.



**Figura 13. Tráfico Medido – Operador Comercial No 1.**

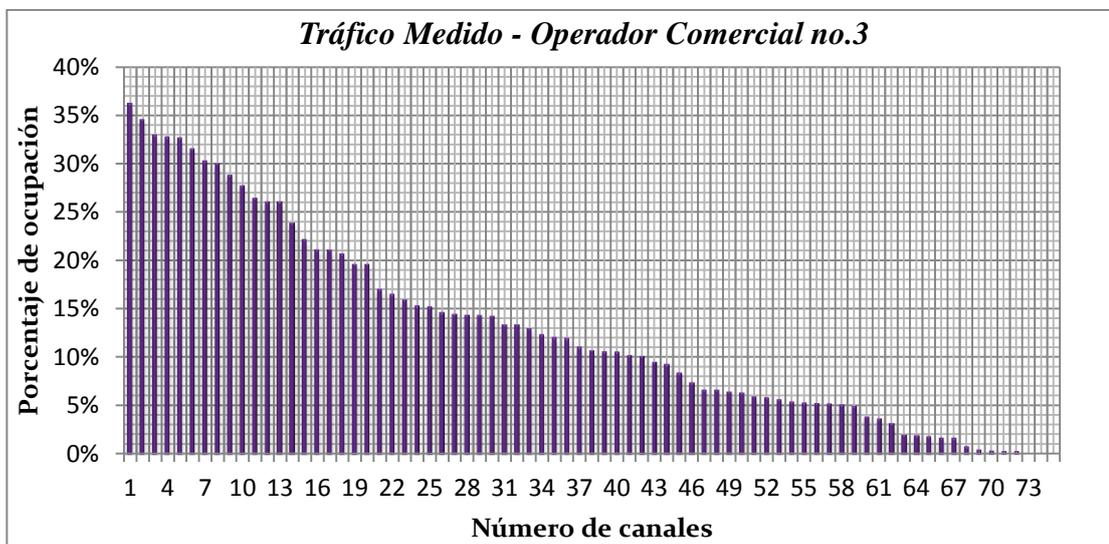
*Fuente: Elaboración Propia.*

*El Operador Comercial no. 2*, está haciendo uso sólo del 9,81% de sus canales asignados en la zona metropolitana de caracas. Donde el valor más alto que se reportó fue de 32% y el más bajo 0%, por lo que se puede evidenciar que dicho operador no está usando ni siquiera el 10% de sus canales asignados. Esto se muestra gráficamente en la Figura 14.



**Figura 14. Tráfico Medido – Operador Comercial No 2.**  
Fuente: Elaboración Propia.

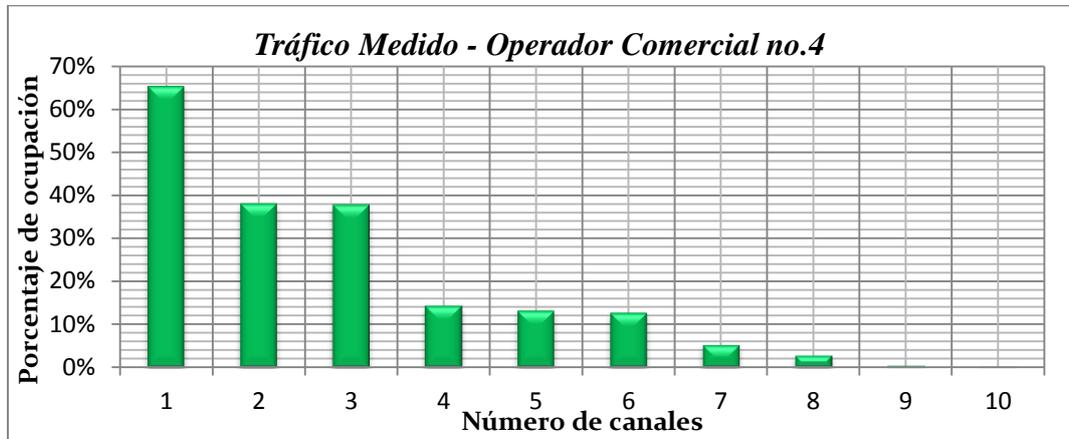
*El Operador Comercial no. 3*, está haciendo uso solo del 12,17% de sus canales asignados en la zona metropolitana de caracas. Donde el valor más alto que se reportó fue de 36% y el más bajo 0%, por lo que se puede evidenciar que dicho operador no está usando ni siquiera el 12,5% de sus canales asignados. Esto se muestra gráficamente en la Figura 15.



**Figura 15. Tráfico Medido – Operador Comercial No 3.**  
Fuente: Elaboración Propia.

*El Operador Comercial no. 4*, está haciendo uso solo del 12,72% de sus canales asignados en la zona metropolitana de caracas. Donde el valor más alto que se reportó fue de 65% y el más bajo 0,3%, por lo que se puede evidenciar que

dicho operador no está usando ni siquiera el 13% de sus canales asignados. Esto se demuestra gráficamente en la Figura 16.

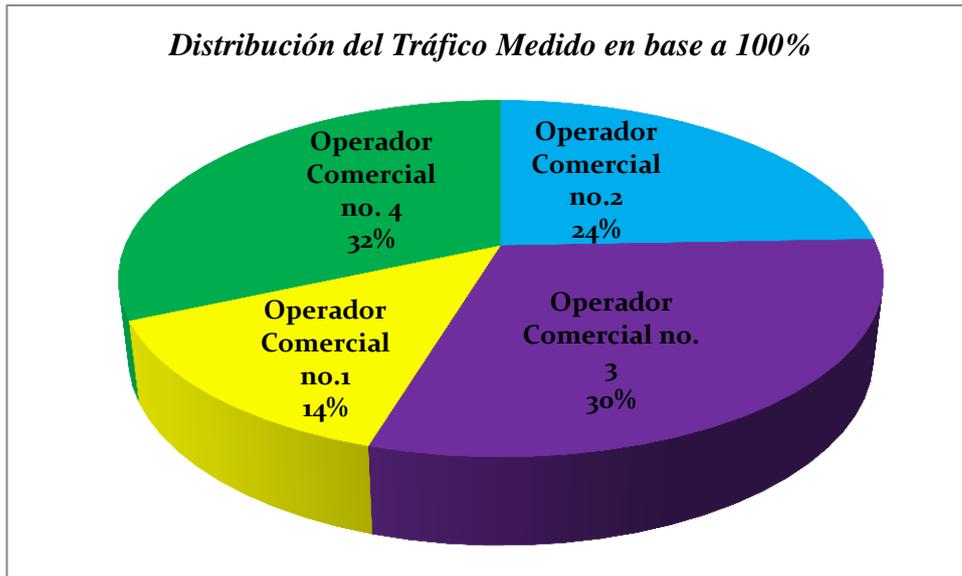


**Figura 16. Tráfico Medido – Operador Comercial No 4.**

*Fuente: Elaboración Propia.*

Cómo se puede ver, ningún operador de los estudiados supera el 13% del tráfico cursado, y solo uno de ellos presentó tráfico en todos sus canales (operador comercial no. 4), ya que los otros 3, presentaron no uno, sino varios canales con un tráfico cursado del 0%.

Una distribución en base al 100% del tráfico cursado por estos operadores se puede ver en la Figura 17. El operador con mayor cantidad de tráfico cursado es el número 4, sin embargo es quién tiene la menor cantidad de canales monitorizados en las mediciones. Por otra parte el operador comercial número 1, es quien tiene el menor porcentaje de tráfico cursado, pero a su vez es el segundo operador con mayor cantidad de canales monitorizados en las mediciones.



**Figura 17. Distribución del Tráfico Medido en base a 100%.**  
*Fuente: Elaboración Propia.*

Por lo anterior, se puede decir que el grado de uso o eficiencia espectral de los servicios de trunking en la banda comercial, es de un 86% según los operadores (tráfico declarado obtenido, de mayor valor), y de 13%, según las mediciones realizadas. Por lo que, dándole un 30% de confiabilidad a los datos declarados por los operadores y un 70% a los datos obtenidos en las mediciones, el grado de uso del espectro radioeléctrico en la banda de 800MHz para el trunking comercial es de aproximadamente un 35%, lo que daría como resultado que un 65% de los canales asignados a los operadores trunking no esté en uso.

Con esto se dan por cumplidos otros 2 objetivos del presente proyecto:

- ✓ ***“Analizar el grado de uso actual del espectro radioeléctrico en la banda 800MHz (806 a 821 MHz y 851 a 866 MHz, en recepción y transmisión respectivamente -trunking comercial-), por región y a nivel nacional.”***
- ✓ ***“Investigar de los 600 canales disponibles en la banda, cuántos están siendo empleados y cuantificar el grado de uso para determinar a su vez, un índice de eficiencia espectral en ese servicio y en esa banda.”***

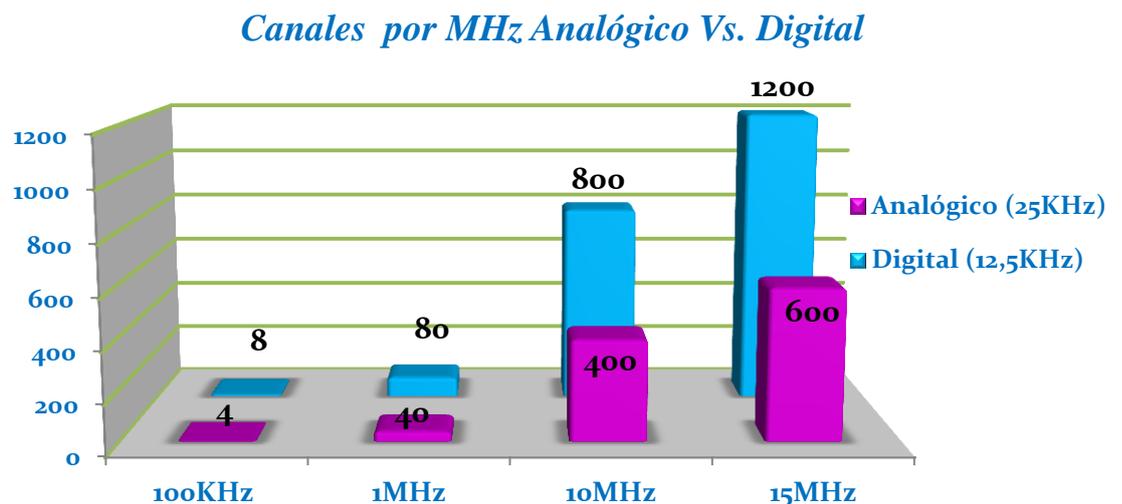
Debido a que el espectro radioeléctrico se encuentra copado en la banda de 800MHz, se quiere migrar los sistemas trunking comerciales analógicos hacia la banda 410-430MHz usando tecnología digital, por esto se determinó cual sería el impacto de pasar este servicio de analógico a digital.

Los servicios de trunking comercial analógico tienen asignados para su operación 30MHz, de los cuales 15MHz son para recepción y 15 MHz para transmisión, contando así con 600 canales por cada 15MHz, debido a que cada canal presenta un ancho de banda de 25KHz.

En cambio, migrando a digital, específicamente al estándar P25 fase 1, donde el ancho de banda del canal se reduce a 12,5KHz; se asignarían solo 20MHz al trunking digital, de los cuales 10MHz estarían destinados para recepción y 10MHz para transmisión, obteniendo así 800 canales por cada 10MHz en la sub-banda 410 – 430 MHz.

Gracias a esto no solo se estarían liberando 30MHz en la banda de 800MHz, sino que además, al migrar a la banda de 400MHz, se estarían ocupando solo 20MHz, y aun así obteniendo 200 canales adicionales tanto en recepción, como en transmisión.

Este análisis se presenta de manera gráfica, en la Figura 18:



***Figura 18. Canales por MHz Analógico Vs. Digital.***

*Fuente: Elaboración Propia.*

Debido a que el tráfico total obtenido para el trunking analógico, alcanzó un 35% de los canales asignados, esto generó que aproximadamente 65% de los canales asignados no se encuentren en uso, al menos durante el período de medición.

Por ser CONATEL, el ente regulador de los servicios de telecomunicaciones en el país, será potestad del mismo, evaluar la eficiencia espectral que presentan cada uno de los operadores, para así mantener o no la concesión de las porciones del espectro asignadas a un operador específico. Esto podrá hacerse, a través de una redistribución de los canales para ser reasignados (a nuevos prestadores de servicios o a alguno ya existente), a menos que dicho operador demuestre mediante un plan de expansión (con su respectivo cronograma de actividades), que requeriría dichos canales para la expansión.

Con esto se puede ver que se cumplieron los siguientes objetivos:

- ✓ ***“Comparar la eficiencia espectral con el uso de las tecnologías analógicas y digitales y estimar la capacidad de absorción del tráfico actual de los usuarios de sistemas analógicos en un sistema digital.”***
- ✓ ***“Estimar el espectro necesario para mantener el grado de servicio actual, con un grado de eficiencia en el uso del espectro que se asemeje más a los índices comerciales.”***

En cuanto a la operación simulcast de ambos sistemas, los operadores deberán contar con antenas y repetidores que trabajen en la banda 400MHz, para poder captar las señales tanto de transmisión, cómo de recepción que provengan de los radios pertenecientes a esa banda, así como de la interfaz inter-sistema.

Esta interfaz será capaz de dar cobertura, al área que cubra cada uno de los repetidores instalados por el operador, ya que se instalaría una por cada estación base o repetidora, para que así todos los usuarios que estén dentro de una determinada área de cobertura, puedan comunicarse de manera eficaz con la interfaz inter-sistema, y esta a su vez hallar al grupo de usuarios de la otra banda con la cual se quiere establecer la conexión, siempre y cuando estos, estén ubicados dentro del área de cobertura.

En cuanto al costo de la misma, se estima que tendría un costo alrededor de los 25.000Bs., ya que los radios analógicos y digitales están costando alrededor de 10.000Bs., c/u. Los otros 5.000Bs., darían un margen para incluir el detector de audio, el activador del PTT y el adaptador de impedancia; los cuales, después de conocer las características propias de los radios elegidos para la interfaz, serían circuitos muy sencillos, y por lo tanto de un costo relativamente bajo.

Las antenas y repetidores que operen en la banda de 400MHz, son necesarios, independientemente que se instale o no la interfaz inter-sistema, por lo que estos no representarían un gasto adicional para ninguno de los operadores, en cuanto a operación simulcast del trunking analógico y digital se refiere.

Por último, a partir de todas las actividades realizadas se diseñó la Propuesta del Plan de Migración, la cual consiste en una serie de pasos y/o recomendaciones que se deben seguir para que la migración de trunking analógico a digital, sea exitosa y se le saque el mayor provecho posible. La misma se presenta a continuación:

## ***Propuesta de un Plan de Migración para los Sistemas de Radiocomunicaciones Móviles Terrestres Troncalizados en la banda 800MHz a Sistemas Digitales***

El presente plan de migración tiene como finalidad ser una guía para aquellos operadores que vayan a migrar a digital, ya sea por voluntad propia, o porque así se lo exija el ente regulador. Este guía contiene una serie de pasos y recomendaciones que se deben tomar en cuenta a la hora de realizar su propio plan de migración.

### **I.- Seré deber o competencia del operador:**

***1.- Evaluar la situación actual al momento de migrar:*** Debe llevar a cabo una evaluación o análisis exhaustivo de la situación actual del servicio de trunking tanto general, como específico de su empresa, ya que estos últimos tienen características propias que harán que los aspectos del plan varíen. Los tópicos a evaluar son:

#### ***En cuanto a la situación general del servicio se refiere:***

- ✓ Cuantos operadores se encuentran prestando el servicio.
- ✓ Qué características le gustan o no de cada uno de estos. Esto servirá de guía para que usted imite lo bueno de estos y evite cometer los mismos errores. Estudie operadores que se encuentren prestando tanto servicio analógico, como digital.
- ✓ Asesorarse legalmente para saber, ¿En cuánto tiempo se debe presentar el plan de migración?, ¿Qué le obliga a esto? Y ¿Qué sanciones acarrearía si no se presenta un plan en el tiempo establecido para ello?

#### ***En cuanto a situación específica de su empresa se refiere:***

- ✓ Cantidad de canales asignados que posee, discriminado por zona.
- ✓ Número de estaciones repetidoras que tiene instaladas y la tecnología con la cual trabajan.

- ✓ Cobertura que brinda.
- ✓ Cantidad de clientes y usuarios que tiene a la fecha.

**2.- Saber, ¿Hacia dónde quiere ir?:** Debe plantearse que desea obtener con la migración, así como los beneficios que traería la misma tanto a sus usuarios y clientes, como al estado.

***En cuanto a los tópicos a evaluar se encuentran:***

- ✓ Conocer los servicios adicionales que ganaría con el trunking digital.
- ✓ ¿Cuáles de esos nuevos servicios, son realmente necesarios o se quieren ofrecer?, ya que de esto dependerá la escogencia o no de un modelo de radio terminal.
- ✓ Debe evaluar los grupos que tiene conformados y saber cuál es el más importante en cuanto a sus funciones y necesidades, para así establecer el orden en que los mismos irán migrando a digital.
- ✓ Planes a futuro. ¿Se quiere aumentar la cobertura?, ¿Incluir nuevos clientes y usuarios?

**3.- Evaluar los cambios necesarios en la estructura de la red:** Después de saber que tiene, y hacia dónde quiere ir, debe informarse sobre qué cambios tendría que hacer en cuanto a la estructura o arquitectura de la red.

***En cuanto a los tópicos a evaluar se encuentran:***

- ✓ Incorporación de antenas y repetidores que trabajen en la banda a la que se vaya a migrar, de ser necesario.
- ✓ Instalación de una interfaz inter-sistema, ya que la misma permitirá que la migración sea gradual y no se pierdan los equipos analógicos.
- ✓ Estudio o asesoramiento sobre el funcionamiento y la instalación de la interfaz inter-sistema.

- ✓ Costo que tendrían las antenas, los repetidores y las interfaces inter-sistemas que hagan falta instalar, para así dar la misma cobertura que se tiene actualmente, tanto en trunking analógico, como en digital.
- ✓ De igual forma, si se quiere aumentar la cobertura, calcular el costo que tendría extender la misma.
- ✓ Elegir a que estándar se migrará. Para esto, comparar características y desventajas de los mismos, así como precios de sus equipos terminales.
- ✓ Después de elegir la tecnología a la cual se migrará, se deben seleccionar los proveedores tanto de equipos terminales, como de antenas, repetidores, e interfaces inter-sistema.

**4.- Elaborar el plan de migración:** En cuanto al plan de migración, el operador debe elaborar y presentar el mismo ante el ente regulador, en el plazo que este y la ley se lo exijan, o de no existir una obligación para este, podrá hacerlo cuando el operador así lo prefiera.

Dicho plan debe contener:

- ✓ Tecnología a la cual se quiere migrar.
- ✓ Planes de escalabilidad de la red y aumento de cobertura a futuro.
- ✓ Tiempo estimado para obtener la migración total del sistema, discriminado por fases graduales.
- ✓ Inversión económica que requerirá implementar la migración.

**5.- Aceptar y realizar los cambios que el ente regulador considere necesarios aplicar al plan de migración presentado por el operador.**

## **II.- Será deber o competencia del ente regulador:**

**I.-** Informar a los operadores con suficiente antelación que deben migrar a digital, o en su defecto presentar un plan de migración para una fecha determinada.

- 2.- Asesorar a los operadores sobre todo lo referente al plan de migración y facilitar, la presente propuesta de plan de migración y todos aquellos documentos que sean necesarios para que los operadores sepan que datos incluir en el mismo.
- 3.- Evaluar exhaustivamente el plan de migración presentado por los operadores, a fin de cerciorarse que la información presentada en el mismo es confiable.
- 4.- Realizar mediciones de campo para determinar el grado de uso o eficiencia espectral que presenta dicho operador, para determinar cuántos canales de tráfico están ociosos y a partir de esto estudiar cuantas frecuencias o canales se les otorgará para operar en digital.
- 5.- Recibir y de ser necesario, hacer las correcciones que correspondan a los planes de migración presentados por los operadores.
- 6.- Exigir, cuando así lo amerite la presentación del plan de migración, y de no presentarse este, aplicar la sanción correspondiente.

*Nota:* Sí el operador y el ente regulador llegan a un acuerdo mutuo, el plan de migración puede ser proporcionado por este último. En este caso, el operador debe aceptar dicho plan.

### ***III.- Recomendaciones para elaborar el plan de migración:***

- ✓ El estándar más idóneo para migrar es P25 fase 1, el cual presenta un ancho de banda de 12,5KHz, por lo que se reduce el ancho de banda del canal a la mitad. Posteriormente, puede estudiarse la posibilidad de migrar a P25 fase 2, el cual presenta un ancho de banda de 6,25KHz, por lo que se reduciría a un cuarto el ancho de banda del canal, con respecto a los 25KHz que tiene el canal analógico actualmente.
- ✓ Implementar la interfaz inter-sistema diseñada en el presente proyecto, ya que la misma es económica, fácil de implementar y ya está diseñada.

Migrar directamente de analógico a digital, ya que el paso por el trunking mixto, sería una pérdida de tiempo y presupuesto, debido a la existencia de la interfaz inter-sistema.

## Capítulo VI

# Conclusiones y Recomendaciones

### V.1 Conclusiones

La mayoría de los servicios de telecomunicaciones que se prestan en el país y a nivel mundial requieren del uso del espectro radioeléctrico, el cual es un bien natural no renovable, por lo tanto es de suma importancia que se le dé el máximo aprovechamiento posible, para así poder incluir nuevas tecnologías, mantener la calidad de servicio y dar cabida a nuevos operadores para que brinden sus servicios.

Los servicios de radiocomunicaciones móviles terrestres troncalizados son un ejemplo, del bajo aprovechamiento que está presentando el espectro radioeléctrico actualmente en la banda 800MHz, la cual es de suma importancia ya que se encuentra saturada y es en esta, donde operan los servicios de telefonía móvil.

Por esto se busca liberar los 30MHz que ocupan los servicios de trunking comercial en la banda de 800MHz, a través de su migración a la banda de 400MHz y de una tecnología analógica a una digital.

En el presente proyecto se diseñó una propuesta de un plan de migración de los sistemas de radiocomunicaciones móviles terrestres Troncalizados en la banda 800MHz a sistemas digitales, obteniendo así las siguientes conclusiones:

- El espectro radioeléctrico está copado en la banda 800MHz y uno de los servicios que se encuentra operando en la misma es el trunking analógico comercial, mientras que en la banda de 400MHz existen 20MHz que están totalmente libres y que según el CUNABAF están destinados al trunking digital.
- La solución idónea para esto es realizar un plan de migración para migrar gradualmente a los operadores que se encuentran en la banda de 800MHz a la banda de 400MHz, para así liberar espectro de la banda 800 MHz que podría ser usado para brindar otros servicios.

- El estándar más apropiado para migrar a digital es P25, ya que el mismo tiene una cobertura de 53Km, es un estándar abierto, cuenta con radio convencional y presenta interoperabilidad con las diversas marcas de equipos de los diferentes fabricantes, por lo que no presenta problema a la hora de instalar la interfaz inter-sistema para el simulcast. El mismo tiene un ancho de banda de 12,5KHz lo que reduce el ancho de banda actual a la mitad, y se está desarrollando una segunda fase donde el ancho de banda disminuiría a 6,25KHz lo que serían 4 veces más canales con la misma frecuencia ocupada.
- Con la migración gradual no se perderán los equipos analógicos y el golpe económico no será tan fuerte, ya que con la interfaz inter-sistema diseñada, será posible la comunicación de voz entre los sistemas analógicos y digitales.
- Los componentes utilizados para la fabricación de la interfaz inter-sistema serán elegidos por el operador, ya que existen diversas maneras de construirla.
- La cantidad de canales tomados en cuenta para calcular el tráfico declarado por cada uno de los operadores estudiados, y el tráfico medido variaron en ambos casos, sin embargo dicha variación no es determinante para el resultado de los cálculos, debido a que no supera los 5 canales de diferencia.
- El espectro radioeléctrico asignado a los operadores de trunking comercial, está siendo sub-utilizado, ya que el porcentaje de eficiencia espectral o de uso del mismo en esta banda y este servicio es de 35%, trayendo como consecuencia que el número de canales o frecuencias asignadas que están desuso sea de un 65%, el cual representa más de la mitad de los canales asignados.
- Al migrar a digital, no solo se obtiene la liberación de 30MHz del espectro radioeléctrico, sino que además, se ganan mayor cantidad de canales con menos frecuencias ocupadas, para ser exacto 200 canales adicionales en la

banda de Rx y 200 canales en la banda de Tx, ocupando solamente 20MHz, contra los 30MHz que se ocupan actualmente.

- Con la ganancia de estos 200 canales se podrá eliminar la posición dominante del mercado que existe actualmente alrededor de los 4 operadores comerciales estudiados, además los canales que no se están utilizando, podrían ser reasignados equitativamente entre los operadores trunking ya existentes o para dar cabida a nuevos operadores; siempre y cuando así lo decida CONATEL, después de realizar la evaluación pertinente para esto.
- Se puede ver que debido al diseño de la interfaz inter-sistema, instalar la misma en cada estación repetidora es mucho más económico que dotar a más de 5000 usuarios con radios terminales digitales.

La mayor de las ventajas mencionadas anteriormente es la liberación de los 30MHz del espectro en la banda de 800MHz, ya que la misma podría ser asignada para la prestación de servicios de banda ancha inalámbrica de tercera generación bajo la disposición de frecuencias A3 (dividendo digital europeo) de la Recomendación UIT-R. 1036-4. Dicha disposición de asignación de frecuencias se presenta en la Figura 19.

**Paired frequency arrangements in the band 698-960 MHz**

Frequency arrangements	Paired arrangements				Un-paired arrangements (e.g. for TDD) (MHz)
	Mobile station transmitter (MHz)	Centre gap (MHz)	Base station transmitter (MHz)	Duplex separation (MHz)	
A1	824-849	20	869-894	45	None
A2	880-915	10	925-960	45	None
A3	832-862	11	791-821	41	None
A4	698-716 776-793	12 13	728-746 746-763	30 30	716-728
A5	703-748	10	758-803	55	None
A6	None	None	None		698-806

**Figura 19. Paired frequency arrangements in the band 698-960MHz.**

*Fuente: UIT-R (2012)*

Dichas bandas han sido otorgadas mediante licitaciones de alta valoración económica en varios países de Europa, predominando en la mayoría de los casos asignaciones de bloques de 20 MHz (2x10 MHz). Por lo tanto 20 de esos 30MHz podrían ser asignados a dicho servicio, contando este espectro con el calificativo de alta valoración económica, ya que es un espectro que a diferencia de las bandas altas como 1800 -1900 MHz pueden cubrir grandes área de cobertura con una sola radio base.

Con respecto a su valoración económica, considerando que el precio actual del espectro en las bandas altas para los procedimientos de oferta pública es de *Ochocientos tres mil ciento sesenta bolívares con setenta céntimos (Bs. 803.160,70)*, por MHz por años de concesión, pudiera establecerse un costo inmediato entre 2 y 3 veces más elevado al antes indicado, sin embargo, para determinar con mayor exactitud su valor, resultaría necesario realizar una nueva revisión a las metodologías utilizadas para establecer el precio de este bloque de frecuencia.

No obstante, si se calcula el valor de los 30MHz que se liberarían en la banda de 800MHz, por un año de concesión, a este precio, habría un ingreso para el Estado de *veinticuatro millones noventa y cuatro mil 821 bolívares con cero céntimos (Bs. 24.094.821, 00)*. Este monto aumentaría significativamente al aumentar los años de concesión del espectro, y si además se lograr doblar o triplicar el precio el ingreso sería bastante elevado, así por ejemplo, si se dieran en concesión estos 30MHz, todos durante 5 años consecutivos se generaría un ingreso de *ciento veinte millones cuatrocientos setenta y cuatro mil ciento cinco bolívares con cero céntimos (Bs.120.474.105)*.

Por lo que se puede evidenciar que el presente proyecto no solo presenta una solución para el Estado, debido a la liberación de 30MHz en la banda de 800MHz, sino que también incentivaría la evolución tecnológica en el país, ya que los operadores podrían brindar una mayor cantidad de servicios y los disfrutarían los usuarios.

## V.2 Recomendaciones

Se recomienda:

- Elaborar el plan de migración a partir de esta propuesta, extendiendo la misma a todo el territorio nacional, a través de mediciones de campo realizadas en el resto de los estados.
- Extender las mediciones a 4 horas consecutivas en las horas pico del servicio, al menos a 3 veces por semana, por un mes.
- Reunir a los prestadores del servicio con el ente regulador, para que este último les explique la importancia de la migración a digital y cuánto tiempo tienen para hacerlo.
- Realizar un diseño propio de interfaz inter-sistema por operador (en cuanto a componentes para su construcción se refiere), debido a que existen diversos modos de diseñar los circuitos que la conforman, por esto las herramientas usadas para construir los adaptadores de impedancia y los elementos de estado sólido quedarían a juicio del operador. Para su elaboración podrían usarse transistores, microprocesadores o relés.
- Realizar un plan de migración propio por operador, tomando como guía el que se desprenda de esta propuesta, ya que cada uno tiene características propias como lo son la arquitectura de red, el presupuesto disponible, el número de equipos instalados y operativos en analógico, funcionalidades que quieran agregar y urgencia de las mismas.
- Estipular un tiempo y fases de migración apropiados que le convenga a ambas partes (operador y ente regulador).

En cuanto a los tiempos de las fases de migración, un tiempo de migración muy largo, no aplicaría, ya que se busca liberar la banda de 800MHz del espectro radioeléctrico a la mayor brevedad posible, siempre y cuando los factores técnicos y económicos lo permitan.

Un tiempo muy corto, sería contraproducente, ya que se busca una migración gradual, y de ser así, se desperdiciarían todos los equipos instalados en analógico, además generaría un impacto fuerte tanto para los usuarios como para el

operador, sin embargo se liberaría rápidamente un mayor porcentaje del espectro radioeléctrico.

Este tiempo puede estar determinado por el resto de la vida útil de equipos terminales y repetidores del sistema analógico. Otra alternativa para la progresiva desincorporación de los radios, es la mudanza de los sitios de repetición de la zona metropolitana hacia la zona rural, donde puede alcanzar grandes distancias, por la propagación en tierra plana, igualmente, mientras transcurre el resto de la vida útil de los equipos (terminales y repetidores) y se da el paso completo a la tecnología digital.

Por esto se recomienda, elaborar un plano temporal con fases estructurales bien definidas para así obtener un equilibrio entre las ventajas y desventajas del período elegido, con el fin que ambas partes se vean beneficiadas.

## Bibliografía

- Análisis DOFA*. (2011). Recuperado el 24 de Noviembre de 2011, de DeGerencia:  
[http://www.degerencia.com/tema/analisis\\_dofa](http://www.degerencia.com/tema/analisis_dofa)
- Ley Orgánica de Telecomunicaciones, 36.970 (Gaceta Oficial 12 de Junio de 2011).
- Americatel Servicios de Comunicación. (2011). *La Empresa*. Recuperado el Octubre de 2011, de Americatel:  
[http://www.americatel.com.ve/la\\_empresa.php](http://www.americatel.com.ve/la_empresa.php)
- Asociación Cultural Radio Club Gaviota. (27 de Julio de 2008). *Sistemas Trunking*. Recuperado el 25 de diciembre de 2011, de  
<http://usuarios.multimania.es/rodmarsan/descarga/trunking.htm>
- Comisión Nacional de Telecomunicaciones. (Julio de 1992). Contrato de Concesión: Sistemas de Concentración de Enlaces. Caracas, Venezuela.
- Daniels Electronics LTD. (2009). *P25 Radio System Guide*. Recuperado el 26 de diciembre de 2011, de Daniels Electronics LTD:  
[http://www.danelec.com/pdfs/Daniels\\_P25\\_Radio\\_Systems\\_Guide\\_sp.pdf](http://www.danelec.com/pdfs/Daniels_P25_Radio_Systems_Guide_sp.pdf)
- Duque, L. (2011). *Sistemas de Radiocomunicaciones Convencionales y Troncalizados*. Caracas: Elaboración Luis Duque.
- Huidobro, J. (2006). *Redes y Servicios de Telecomunicaciones*. España: Thomson.
- Maldonado, P. (2010). *Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias (CUNABAF)*. Recuperado el septiembre de 2011, de  
[http://www.conatel.gob.ve/files/consulta/PA\\_CUBANAF\\_CP.pdf](http://www.conatel.gob.ve/files/consulta/PA_CUBANAF_CP.pdf)
- Martin, J. (2010). *Infraestructuras comunes de telecomunicación en viviendas y edificios*. Editex.
- Martínez, S. (Octubre de 2011). P25 vs TETRA vs DMR. Tait Communications, XXV Jornadas Técnicas de Telecomunicaciones CANAEMTE, Venezuela.

Meltom Technologies. (2001-2011). *Análisis DOFA*. Recuperado el 24 de Noviembre de 2011, de De Gerencia: [http://www.degerencia.com/tema/analisis\\_dofa](http://www.degerencia.com/tema/analisis_dofa)

Montserrat, J. (s.f.). *Sistemas de Telecomunicación Privados*. Recuperado el 5 de enero de 2012, de Escuela Politécnica Superior de Gandía: [https://poliformat.upv.es/access/content/group/OCW\\_6511\\_2010/Unidad%20Did%C3%A1ctica%201.%20Telefon%C3%ADa%20M%C3%B3vil%20Privada/1.1.Private%20Mobile%20Radio\\_Sesi%C3%B3n%202.pdf](https://poliformat.upv.es/access/content/group/OCW_6511_2010/Unidad%20Did%C3%A1ctica%201.%20Telefon%C3%ADa%20M%C3%B3vil%20Privada/1.1.Private%20Mobile%20Radio_Sesi%C3%B3n%202.pdf)

MPT1327 *Una solución Global*. (s.f.). Recuperado el 5 de enero de 2012, de Syscom: [www.syscom.com.mx/PPT/MPT1327withKenwood.ppt](http://www.syscom.com.mx/PPT/MPT1327withKenwood.ppt)

Opossum Services Group, L.L.C. (2000-2011). *A Description of LTR Trunking Technology*. Recuperado el 26 de diciembre de 2011, de Weaver Communications: <http://www.weavercomm.com/ltr.html>

Serrano, A., & Fernández, D. (2008). *Manual de Helitransporte Sanitario*. Barcelona: Elsevier Masson.

Tomasi, W. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas* (Cuarta ed.). Mexico: Prentice Hall.

UIT-R. (2012). Frequency arrangements for implementation of the terrestrial component of International Mobile Telecommunications (IMT) in the bands identified for IMT in the Radio Regulations (RR). (*ITU-R M.1036-4*). Ginebra, Suiza.

Veeneman, D. (Mayo de 2000). *Logic Trunked System*. Recuperado el 26 de diciembre de 2011, de Monitoring Times: <http://www.signalharbor.com/ttt/00may/index.html>

Vera, F., Valdés, G., & Plasencia, J. (2002). Los Sistemas Trunking. *Ingeniería Electrónica Automática y Comunicaciones, XXIII(2)*.

## Anexos

### *Anexo 1. Informe resumen de mediciones*

Núm. de la Tarea:	1563	Almacenar cada:	15 segs
ID del Operador:	UM1_WS_CARACAS	Umbral de Rango de Ruido:	10 dB
Hora de Inicio:	12/03/2012 11:06:11 AM	Duración Fija:	2 horas
Hora de Conclusión:	12/03/2012 01:06:12 PM	Resolución de RG:	1 deg
Ubicación Estación:	N 10 25' 41.7"	Rango de Acimut:	0 ---
	360		
	O 66 53' 58.4"		

Todas las Bandas Individ.

Núm. de Desviación Canal Normal	Frecuencia (MHz)	Núm. de Muestras Total	Muestras en el Resumen	Acimut (Grados)	Intens. de Campo (dBuV/m)	
1	851.000000	1797	1703	5.7	23	
2.61						
2	851.025000	2	2	339.5	23	
1.41						
3	851.050000	9291	9232	10.7	46	
2.86						
4	851.075000	6213	6141	11.5	46	
2.89						
5	851.100000	66823	64196	10.1	51	
1.37						
6	851.125000	229	225	344.7	29	
1.34						
7	851.150000	26	14	7.4	23	
4.02						
8	851.175000	0	--	--	--	--
9	851.200000	0	--	--	--	--
10	851.225000	46	45	358.3	19	
2.83						
11	851.250000	0	--	--	--	--
12	851.275000	0	--	--	--	--
13	851.300000	94395	94394	11.0	50	
1.21						
14	851.325000	75280	75279	10.9	50	
1.18						
15	851.350000	0	--	--	--	--
16	851.375000	7057	5077	87.6	25	
2.17						
17	851.400000	99019	98994	19.0	59	
1.26						
18	851.425000	99834	99834	19.1	62	
1.24						
19	851.450000	6701	6701	253.5	50	
0.48						
20	851.475000	3787	3354	253.6	42	
0.77						

Propuesta de un Plan de Migración para los Sistemas de Radiocomunicaciones Móviles  
Terrestres Troncalizados en la banda 800 MHz a Sistemas Digitales

---

21	851.500000	25642	25424	256.0	62	
0.82						
22	851.525000	48484	42193	255.8	62	
0.88						
23	851.550000	95188	84169	13.9	54	
1.13						
24	851.575000	91750	91750	13.9	53	
0.95						
25	851.600000	0	--	--	--	--
26	851.625000	73707	73706	25.8	58	
1.16						
27	851.650000	64047	64042	25.6	56	
1.30						
28	851.675000	0	--	--	--	-
29	851.700000	0	--	--	--	--
30	851.725000	0	--	--	--	--
31	851.750000	33608	33520	95.1	42	
1.82						
32	851.775000	30602	30321	94.4	43	
2.47						
33	851.800000	71066	71049	14.2	52	
0.80						
34	851.825000	71938	71921	14.0	53	
0.85						
35	851.850000	0	--	--	--	--
36	851.875000	0	--	--	--	--
37	851.900000	1682	1676	37.6	24	
2.40						
38	851.925000	0	--	--	--	--
39	851.950000	0	--	--	--	--
40	851.975000	219	177	76.6	26	
3.30						
41	852.000000	830	749	4.5	21	
3.18						
42	852.025000	0	--	--	--	--
43	852.050000	793	643	48.1	21	
3.96						
44	852.075000	0	--	--	--	--
45	852.100000	0	--	--	--	--
46	852.125000	0	--	--	--	--
47	852.150000	91	90	350.7	24	
4.11						
48	852.175000	20	20	350.0	19	
3.83						
49	852.200000	13356	13347	14.9	44	
1.74						
50	852.225000	14807	14793	14.8	46	
1.65						
51	852.250000	0	--	--	--	--
52	852.275000	0	--	--	--	--
53	852.300000	49335	49334	16.0	50	
1.43						
54	852.325000	41602	41601	16.0	49	
1.42						
55	852.350000	0	--	--	--	--

Propuesta de un Plan de Migración para los Sistemas de Radiocomunicaciones Móviles  
Terrestres Troncalizados en la banda 800 MHz a Sistemas Digitales

---

56	852.375000	3706	2315	74.6	27	
2.04						
57	852.400000	43170	43169	17.7	60	
0.91						
58	852.425000	41999	41999	17.7	58	
0.92						
59	852.450000	203	201	66.6	18	
3.17						
60	852.475000	19	16	49.4	21	
3.71						
61	852.500000	91655	91646	255.6	61	
0.60						
62	852.525000	87932	80327	255.7	63	
0.78						
63	852.550000	91086	79140	13.7	56	
1.26						
64	852.575000	83994	83989	13.9	55	
1.18						
65	852.600000	0	--	--	--	--
66	852.625000	108992	108990	23.7	53	
0.68						
67	852.650000	80102	80102	23.8	48	
0.81						
68	852.675000	0	--	--	--	--
69	852.700000	20542	20531	15.0	43	
2.52						
70	852.725000	17885	17883	15.8	43	
2.24						
71	852.750000	10080	10004	92.8	42	
2.53						
72	852.775000	11337	11293	92.4	42	
2.53						
73	852.800000	4934	4934	13.0	51	
1.19						
74	852.825000	4763	4763	13.0	48	
1.19						
75	852.850000	0	--	--	--	--
76	852.875000	0	--	--	--	--
77	852.900000	0	--	--	--	--
78	852.925000	0	--	--	--	--
79	852.950000	0	--	--	--	--
80	852.975000	2	2	84.0	24	
0.71						
81	853.000000	4949	3081	60.6	25	
4.67						
82	853.025000	0	--	--	--	--
83	853.050000	0	--	--	--	--
84	853.075000	0	--	--	--	--
85	853.100000	0	--	--	--	--
86	853.125000	0	--	--	--	--
87	853.150000	0	--	--	--	--
88	853.175000	0	--	--	--	--
89	853.200000	0	--	--	--	--
90	853.225000	0	--	--	--	--
91	853.250000	21768	21768	88.6	35	
1.13						

Propuesta de un Plan de Migración para los Sistemas de Radiocomunicaciones Móviles  
Terrestres Troncalizados en la banda 800 MHz a Sistemas Digitales

---

92	853.275000	22197	22197	88.5	33	
0.90						
93	853.300000	41596	41542	14.5	47	
1.05						
94	853.325000	27941	27940	14.3	49	
1.08						
95	853.350000	0	--	--	--	--
96	853.375000	0	--	--	--	--
97	853.400000	61449	61449	17.5	59	
1.00						
98	853.425000	61121	61120	17.5	59	
1.02						
99	853.450000	0	--	--	--	--
100	853.475000	2	2	257.5	15	
4.24						
101	853.500000	64351	64348	255.4	62	
0.91						
102	853.525000	63854	59131	255.4	61	
0.95						
103	853.550000	94614	90139	12.9	52	
1.00						
104	853.575000	89829	89829	12.9	54	
0.91						
105	853.600000	0	--	--	--	--
106	853.625000	66899	66899	26.9	59	
0.75						
107	853.650000	56853	56853	27.4	55	
0.74						
108	853.675000	0	--	--	--	--
109	853.700000	0	--	--	--	--
110	853.725000	0	--	--	--	--
111	853.750000	42069	40692	94.0	37	
2.20						
112	853.775000	69629	67426	94.9	39	
2.18						
113	853.800000	79069	79068	12.5	47	
0.86						
114	853.825000	56878	56878	12.6	47	
0.85						
115	853.850000	0	--	--	--	--
116	853.875000	0	--	--	--	--
117	853.900000	0	--	--	--	--
118	853.925000	1609	1581	233.6	26	
1.73						
119	853.950000	53922	53922	359.3	44	
0.77						
120	853.975000	67607	67461	359.1	46	
0.76						
121	854.000000	244	202	55.2	21	
4.13						
122	854.025000	132	102	62.0	23	
2.51						
123	854.050000	0	--	--	--	--
124	854.075000	0	--	--	--	--
125	854.100000	0	--	--	--	--
126	854.125000	0	--	--	--	--

Propuesta de un Plan de Migración para los Sistemas de Radiocomunicaciones Móviles  
Terrestres Troncalizados en la banda 800 MHz a Sistemas Digitales

---

127	854.150000	0	--	--	--	--
128	854.175000	0	--	--	--	--
129	854.200000	9310	9310	15.2	42	
2.15						
130	854.225000	7446	7445	15.4	41	
2.11						
131	854.250000	17724	17724	88.2	32	
1.12						
132	854.275000	17681	17677	88.5	32	
1.28						
133	854.300000	87447	87446	14.8	52	
1.06						
134	854.325000	81937	81935	14.8	47	
1.06						
135	854.350000	0	--	--	--	--
136	854.375000	0	--	--	--	--
137	854.400000	29070	29070	18.2	53	
1.57						
138	854.425000	18808	18808	18.2	47	
1.63						
139	854.450000	58209	58209	358.9	43	
0.77						
140	854.475000	44458	44444	359.0	41	
0.83						
141	854.500000	43458	43408	256.4	62	
0.70						
142	854.525000	49913	49349	256.4	61	
0.70						
143	854.550000	2436	1756	94.1	44	
1.23						
144	854.575000	0	--	--	--	--
145	854.600000	0	--	--	--	--
146	854.625000	65861	65861	25.6	55	
0.75						
147	854.650000	24334	24334	25.4	38	
0.86						
148	854.675000	0	--	--	--	--
149	854.700000	2685	2684	11.5	41	
1.99						
150	854.725000	1503	1503	12.5	40	
2.05						
151	854.750000	52523	52245	95.0	39	
2.10						
152	854.775000	73524	73145	93.2	39	
2.06						
153	854.800000	6275	5916	12.6	38	
3.11						
154	854.825000	4381	4381	14.0	46	
1.07						
155	854.850000	0	--	--	--	--
156	854.875000	0	--	--	--	--
157	854.900000	0	--	--	--	--
158	854.925000	999	997	233.9	24	
1.98						
159	854.950000	48472	48472	359.1	40	
0.69						

Propuesta de un Plan de Migración para los Sistemas de Radiocomunicaciones Móviles  
Terrestres Troncalizados en la banda 800 MHz a Sistemas Digitales

---

160	854.975000	45423	45407	359.2	40	
0.76						
161	855.000000	1	1	74.5	24	
1.00						
162	855.025000	0	--	--	--	--
163	855.050000	0	--	--	--	--
164	855.075000	0	--	--	--	--
165	855.100000	0	--	--	--	--
166	855.125000	0	--	--	--	--
167	855.150000	0	--	--	--	--
168	855.175000	0	--	--	--	--
169	855.200000	0	--	--	--	--
170	855.225000	0	--	--	--	--
171	855.250000	19842	19842	87.5	33	
0.84						
172	855.275000	20866	20866	87.8	33	
0.89						
173	855.300000	9	8	2.0	24	
1.69						
174	855.325000	163	151	225.0	23	
1.46						
175	855.350000	184	159	224.9	74	
1.24						
176	855.375000	169	146	225.0	23	
1.51						
177	855.400000	9	7	1.5	24	
2.16						
178	855.425000	0	--	--	--	--
179	855.450000	0	--	--	--	--
180	855.475000	0	--	--	--	--
181	855.500000	91277	91273	256.3	61	
0.49						
182	855.525000	75294	39370	92.5	55	
1.36						
183	855.550000	104587	58502	92.6	49	
1.35						
184	855.575000	79242	79234	15.0	54	
1.21						
185	855.600000	0	--	--	--	--
186	855.625000	39256	39252	25.5	58	
0.71						
187	855.650000	32148	32147	24.9	53	
0.91						
188	855.675000	0	--	--	--	--
189	855.700000	0	--	--	--	--
190	855.725000	0	--	--	--	--
191	855.750000	15392	10162	92.7	42	
1.31						
192	855.775000	24902	15899	92.8	42	
1.34						
193	855.800000	76032	76028	12.9	52	
0.98						
194	855.825000	65289	65278	13.0	52	
1.00						
195	855.850000	0	--	--	--	--
196	855.875000	0	--	--	--	--

Propuesta de un Plan de Migración para los Sistemas de Radiocomunicaciones Móviles  
Terrestres Troncalizados en la banda 800 MHz a Sistemas Digitales

---

197	855.900000	0	--	--	--	--
198	855.925000	6093	6018	233.3	24	--
1.46						
199	855.950000	2652	2558	232.1	24	
2.26						
200	855.975000	134	128	71.7	27	
3.04						
201	856.000000	10815	10798	18.9	52	
1.37						
202	856.025000	15744	15744	19.3	57	
1.46						
203	856.050000	4836	4835	19.8	53	
1.49						
204	856.075000	8619	8616	21.9	44	
1.66						
205	856.100000	2314	2313	21.8	41	
1.73						
206	856.125000	2009	2009	18.5	46	
0.91						
207	856.150000	1370	1370	18.6	47	
1.13						
208	856.175000	32723	32723	17.4	50	
0.92						
209	856.200000	118272	110887	26.4	52	
2.60						
210	856.225000	54206	54203	26.6	44	
1.11						
211	856.250000	15503	15503	18.1	54	
1.13						
212	856.275000	30745	30745	19.2	51	
1.12						
213	856.300000	75349	75349	17.4	48	
1.73						
214	856.325000	79499	79497	18.4	48	
2.09						
215	856.350000	37616	37616	19.6	44	
1.12						
216	856.375000	77122	77029	19.8	45	
1.34						
217	856.400000	54178	54125	19.9	45	
1.30						
218	856.425000	0	--	--	--	--
219	856.450000	0	--	--	--	--
220	856.475000	0	--	--	--	--
221	856.500000	38758	38758	18.5	57	
1.14						
222	856.525000	46216	46216	19.0	55	
1.20						
223	856.550000	11591	11588	19.7	54	
1.15						
224	856.575000	0	--	--	--	--
225	856.600000	0	--	--	--	--
226	856.625000	64248	64245	18.3	43	
1.91						
227	856.650000	51838	51838	18.2	42	
1.90						

Propuesta de un Plan de Migración para los Sistemas de Radiocomunicaciones Móviles  
Terrestres Troncalizados en la banda 800 MHz a Sistemas Digitales

---

228	856.675000	0	--	--	--	--
229	856.700000	0	--	--	--	--
230	856.725000	0	--	--	--	--
231	856.750000	59897	59895	19.4	46	
1.08						
232	856.775000	31306	31304	19.3	44	
1.17						
233	856.800000	47816	47815	17.9	51	
1.08						
234	856.825000	48995	48994	18.4	46	
1.49						
235	856.850000	20148	18606	18.6	42	
2.65						
236	856.875000	56873	56812	17.9	38	
1.94						
237	856.900000	68850	68826	19.0	45	
1.59						
238	856.925000	34743	30836	21.8	44	
1.62						
239	856.950000	973	859	256.3	31	
1.67						
240	856.975000	0	--	--	--	--
241	857.000000	51950	51950	19.8	56	
0.89						
242	857.025000	41248	41246	19.4	54	
1.02						
243	857.050000	7068	7067	18.4	54	
1.07						
244	857.075000	23029	23029	19.0	49	
1.03						
245	857.100000	26373	26320	19.0	49	
1.08						
246	857.125000	45312	45307	16.5	43	
1.38						
247	857.150000	41391	41391	16.5	43	
1.36						
248	857.175000	3972	3972	18.1	28	
1.06						
249	857.200000	2421	2421	17.7	28	
1.11						
250	857.225000	0	--	--	--	--
251	857.250000	9432	9432	17.7	54	
0.94						
252	857.275000	26927	26925	18.4	57	
1.22						
253	857.300000	21483	21483	18.7	52	
1.47						
254	857.325000	28534	28534	19.2	46	
1.22						
255	857.350000	3970	3970	19.0	38	
0.91						
256	857.375000	71299	71295	18.0	37	
1.12						
257	857.400000	47227	47225	17.8	33	
1.08						
258	857.425000	0	--	--	--	--

Propuesta de un Plan de Migración para los Sistemas de Radiocomunicaciones Móviles  
Terrestres Troncalizados en la banda 800 MHz a Sistemas Digitales

---

259	857.450000	0	--	--	--	--
260	857.475000	0	--	--	--	--
261	857.500000	11362	11362	18.6	55	
1.30						
262	857.525000	17055	17055	18.7	55	
1.26						
263	857.550000	6562	6327	18.8	41	
1.46						
264	857.575000	25047	24971	20.4	47	
1.04						
265	857.600000	11744	11743	20.4	47	
1.03						
266	857.625000	69338	69335	19.4	40	
0.97						
267	857.650000	43082	43079	19.3	40	
0.96						
268	857.675000	0	--	--	--	--
269	857.700000	0	--	--	--	--
270	857.725000	0	--	--	--	--
271	857.750000	30610	30605	18.8	54	
1.11						
272	857.775000	21489	21108	18.8	49	
1.24						
273	857.800000	5821	5797	19.2	58	
1.22						
274	857.825000	30172	30171	18.2	50	
1.06						
275	857.850000	15026	14988	18.1	42	
1.23						
276	857.875000	72	69	23.4	32	
2.00						
277	857.900000	0	--	--	--	--
278	857.925000	1249	1089	256.7	31	
1.18						
279	857.950000	8	8	256.6	28	
0.99						
280	857.975000	0	--	--	--	--
281	858.000000	38420	38420	17.3	56	
1.27						
282	858.025000	61033	61032	19.1	52	
2.05						
283	858.050000	28498	28497	20.5	50	
1.35						
284	858.075000	0	--	--	--	--
285	858.100000	1361	1351	32.5	25	
3.10						
286	858.125000	43300	43134	17.8	37	
1.50						
287	858.150000	38215	38210	18.0	37	
1.32						
288	858.175000	32864	32864	18.4	52	
1.04						
289	858.200000	102582	101970	25.7	52	
2.99						
290	858.225000	37167	36970	27.8	45	
1.76						
291	858.250000	86740	86740	21.7	53	

Propuesta de un Plan de Migración para los Sistemas de Radiocomunicaciones Móviles  
Terrestres Troncalizados en la banda 800 MHz a Sistemas Digitales

---

1.17						
292	858.275000	75387	75370	21.3	53	
1.57						
293	858.300000	27662	27657	20.1	49	
1.57						
294	858.325000	32128	29746	19.3	49	
2.15						
295	858.350000	24656	20219	17.2	48	
1.44						
296	858.375000	76282	72794	18.4	52	
1.37						
297	858.400000	112544	111579	18.7	54	
1.43						
298	858.425000	66990	66965	18.9	54	
1.53						
299	858.450000	0	--	--	--	--
300	858.475000	38577	38573	106.2	46	
0.94						
301	858.500000	41458	28775	18.4	58	
1.43						
302	858.525000	83284	83233	19.0	50	
1.50						
303	858.550000	54889	54865	19.2	46	
1.53						
304	858.575000	17055	17047	16.3	47	
1.78						
305	858.600000	26647	26619	16.3	47	
1.82						
306	858.625000	57429	57425	19.9	42	
1.21						
307	858.650000	41079	41079	19.8	40	
1.27						
308	858.675000	0	--	--	--	--
309	858.700000	0	--	--	--	--
310	858.725000	0	--	--	--	--
311	858.750000	34895	34895	21.6	56	
1.19						
312	858.775000	30643	30643	21.4	52	
1.20						
313	858.800000	38847	38847	18.1	56	
1.14						
314	858.825000	51550	51441	18.8	48	
1.82						
315	858.850000	5859	5367	18.9	44	
3.11						
316	858.875000	51467	51314	17.7	43	
1.37						
317	858.900000	45737	45737	17.7	44	
1.10						
318	858.925000	1505	1285	258.1	40	
1.18						
319	858.950000	878	675	258.5	38	
1.65						
320	858.975000	0	--	--	--	--
321	859.000000	56887	56887	20.5	52	
1.10						

Propuesta de un Plan de Migración para los Sistemas de Radiocomunicaciones Móviles  
Terrestres Troncalizados en la banda 800 MHz a Sistemas Digitales

---

322	859.025000	44028	44026	20.6	51	
1.28						
323	859.050000	3514	3514	20.0	50	
1.72						
324	859.075000	133	133	71.8	23	
1.64						
325	859.100000	207	138	35.5	27	
3.19						
326	859.125000	59710	59486	18.1	44	
1.20						
327	859.150000	36670	36650	18.2	39	
1.25						
328	859.175000	21784	21784	18.8	45	
1.21						
329	859.200000	108326	107712	25.6	53	
2.95						
330	859.225000	74186	74176	27.7	52	
1.93						
331	859.250000	31152	31151	17.8	54	
1.13						
332	859.275000	19298	19298	17.6	49	
1.15						
333	859.300000	5065	5065	18.2	51	
1.12						
334	859.325000	6683	4729	18.0	48	
1.17						
335	859.350000	4469	4469	106.1	71	
0.65						
336	859.375000	61738	58276	18.5	46	
1.25						
337	859.400000	47738	46667	18.4	36	
1.27						
338	859.425000	0	--	--	--	--
339	859.450000	0	--	--	--	--
340	859.475000	0	--	--	--	--
341	859.500000	14559	14559	18.7	51	
1.16						
342	859.525000	15203	15203	19.1	52	
1.32						
343	859.550000	5258	5258	19.6	49	
1.24						
344	859.575000	26922	26922	18.6	46	
1.44						
345	859.600000	9722	9722	18.7	46	
1.44						
346	859.625000	70923	70923	18.2	43	
1.88						
347	859.650000	38607	38596	18.2	41	
1.84						
348	859.675000	0	--	--	--	--
349	859.700000	0	--	--	--	--
350	859.725000	0	--	--	--	--
351	859.750000	15417	15417	19.3	53	
1.58						
352	859.775000	12420	12420	19.2	51	
1.58						

Propuesta de un Plan de Migración para los Sistemas de Radiocomunicaciones Móviles  
Terrestres Troncalizados en la banda 800 MHz a Sistemas Digitales

---

353	859.800000	29407	29405	18.7	46	
1.23						
354	859.825000	13868	13868	18.7	46	
1.30						
355	859.850000	873	843	355.9	42	
3.32						
356	859.875000	46016	45077	14.7	44	
1.79						
357	859.900000	91352	91176	16.5	55	
2.30						
358	859.925000	69015	67844	17.4	55	
1.90						
359	859.950000	622	333	259.9	34	
1.76						
360	859.975000	0	--	--	--	--
361	860.000000	10404	10404	17.6	55	
1.89						
362	860.025000	16545	16545	16.5	52	
1.88						
363	860.050000	9139	9139	15.8	48	
1.46						
364	860.075000	28925	28925	14.7	52	
1.59						
365	860.100000	26631	26559	14.7	48	
1.66						
366	860.125000	4042	3886	46.3	24	
2.53						
367	860.150000	0	--	--	--	--
368	860.175000	68407	68395	16.7	48	
1.75						
369	860.200000	123888	106677	24.7	52	
3.74						
370	860.225000	77442	77442	27.9	50	
0.85						
371	860.250000	35762	35729	15.5	53	
2.46						
372	860.275000	37710	37209	16.1	49	
2.15						
373	860.300000	17385	16668	16.9	44	
1.94						
374	860.325000	134162	129668	106.6	27	
1.50						
375	860.350000	223923	223923	106.6	74	
0.63						
376	860.375000	179068	169174	106.5	75	
1.28						
377	860.400000	126759	78786	106.6	26	
1.54						
378	860.425000	187	185	107.1	17	
2.82						
379	860.450000	0	--	--	--	--
380	860.475000	0	--	--	--	--
381	860.500000	76367	76367	17.3	52	
1.64						
382	860.525000	56787	56787	16.7	49	
1.75						

Propuesta de un Plan de Migración para los Sistemas de Radiocomunicaciones Móviles  
Terrestres Troncalizados en la banda 800 MHz a Sistemas Digitales

---

383	860.550000	6723	6723	15.5	46	
1.41						
384	860.575000	0	--	--	--	--
385	860.600000	0	--	--	--	--
386	860.625000	30826	30825	14.2	46	
1.62						
387	860.650000	25612	25612	14.3	43	
1.71						
388	860.675000	0	--	--	--	--
389	860.700000	829	827	53.6	21	
1.69						
390	860.725000	0	--	--	--	--
391	860.750000	44308	44238	15.2	50	
2.41						
392	860.775000	19184	19145	15.4	47	
2.49						
393	860.800000	42317	42317	16.0	52	
2.25						
394	860.825000	16893	16893	16.3	47	
2.32						
395	860.850000	7990	7185	12.1	41	
1.77						
396	860.875000	65042	64575	13.4	41	
2.36						
397	860.900000	53929	53921	14.2	41	
2.27						
398	860.925000	5484	5484	15.6	48	
1.61						
399	860.950000	0	--	--	--	--
400	860.975000	0	--	--	--	--
401	861.000000	0	--	--	--	--
402	861.025000	0	--	--	--	--
403	861.050000	1151	965	76.4	23	
2.20						
404	861.075000	114	114	75.8	21	
1.91						
405	861.100000	3601	1682	224.4	35	
1.91						
406	861.125000	7391	4376	223.0	35	
1.95						
407	861.150000	29687	29669	15.5	46	
1.53						
408	861.175000	17433	17429	15.1	44	
1.56						
409	861.200000	1357	783	66.0	29	
1.86						
410	861.225000	1538	792	16.3	36	
2.23						
411	861.250000	109752	108951	255.7	61	
0.51						
412	861.275000	109748	109747	255.7	60	
0.51						
413	861.300000	0	--	--	--	--
414	861.325000	0	--	--	--	--
415	861.350000	23979	23979	287.8	56	
0.65						

Propuesta de un Plan de Migración para los Sistemas de Radiocomunicaciones Móviles  
Terrestres Troncalizados en la banda 800 MHz a Sistemas Digitales

---

416	861.375000	29317	29317	287.8	51	
0.54						
417	861.400000	0	--	--	--	--
418	861.425000	0	--	--	--	--
419	861.450000	25759	25757	16.7	45	
1.52						
420	861.475000	7350	7350	16.8	46	
1.48						
421	861.500000	0	--	--	--	--
422	861.525000	16976	16976	17.1	47	
1.42						
423	861.550000	26758	16518	16.7	48	
1.79						
424	861.575000	13502	9983	359.2	46	
1.13						
425	861.600000	0	--	--	--	--
426	861.625000	0	--	--	--	--
427	861.650000	0	--	--	--	--
428	861.675000	16918	15685	87.3	34	
3.04						
429	861.700000	16417	15536	87.1	34	
2.69						
430	861.725000	2949	2938	24.4	42	
1.69						
431	861.750000	2105	2097	24.2	40	
1.68						
432	861.775000	0	--	--	--	--
433	861.800000	0	--	--	--	--
434	861.825000	0	--	--	--	--
435	861.850000	26365	26365	288.3	54	
0.67						
436	861.875000	29140	29140	288.3	58	
0.61						
437	861.900000	0	--	--	--	--
438	861.925000	0	--	--	--	--
439	861.950000	0	--	--	--	--
440	861.975000	6585	6570	20.2	36	
1.75						
441	862.000000	14882	14878	20.4	38	
1.79						
442	862.025000	0	--	--	--	--
443	862.050000	19336	19323	79.1	25	
1.39						
444	862.075000	6	6	79.2	21	
2.16						
445	862.100000	2633	1280	224.4	33	
2.39						
446	862.125000	8072	4723	292.7	30	
3.46						
447	862.150000	5975	5939	16.2	52	
1.27						
448	862.175000	4567	4567	16.0	48	
1.23						
449	862.200000	0	--	--	--	--
450	862.225000	0	--	--	--	--
451	862.250000	108691	108689	255.6	61	

Propuesta de un Plan de Migración para los Sistemas de Radiocomunicaciones Móviles  
Terrestres Troncalizados en la banda 800 MHz a Sistemas Digitales

---

0.52						
452	862.275000	109164	108761	255.6	61	
0.56						
453	862.300000	3804	3804	288.0	55	
0.59						
454	862.325000	0	--	--	--	--
455	862.350000	3775	3775	287.7	55	
0.64						
456	862.375000	3771	3771	287.7	55	
0.63						
457	862.400000	0	--	--	--	--
458	862.425000	0	--	--	--	--
459	862.450000	14908	14898	16.6	48	
1.31						
460	862.475000	35599	35528	16.0	45	
2.03						
461	862.500000	1614	1606	12.7	36	
1.34						
462	862.525000	13973	13967	17.3	49	
1.81						
463	862.550000	66805	54567	359.8	47	
2.37						
464	862.575000	50631	49741	358.9	44	
0.80						
465	862.600000	0	--	--	--	--
466	862.625000	0	--	--	--	--
467	862.650000	0	--	--	--	--
468	862.675000	1195	1185	86.5	31	
1.48						
469	862.700000	2167	2165	86.7	30	
1.37						
470	862.725000	2194	2117	22.5	36	
2.47						
471	862.750000	838	789	22.3	35	
2.67						
472	862.775000	0	--	--	--	--
473	862.800000	0	--	--	--	--
474	862.825000	0	--	--	--	--
475	862.850000	29665	29665	288.2	44	
0.51						
476	862.875000	27913	27913	288.2	52	
0.55						
477	862.900000	0	--	--	--	--
478	862.925000	0	--	--	--	--
479	862.950000	0	--	--	--	--
480	862.975000	3	3	33.8	18	
2.08						
481	863.000000	0	--	--	--	--
482	863.025000	0	--	--	--	--
483	863.050000	1136	1049	74.8	20	
2.55						
484	863.075000	0	--	--	--	--
485	863.100000	3121	1803	303.5	31	
3.61						
486	863.125000	5312	3998	298.9	33	
3.69						

Propuesta de un Plan de Migración para los Sistemas de Radiocomunicaciones Móviles  
Terrestres Troncalizados en la banda 800 MHz a Sistemas Digitales

---

487	863.150000	5027	5026	16.3	54	
1.32						
488	863.175000	2427	2425	16.4	47	
1.35						
489	863.200000	0	--	--	--	--
490	863.225000	1407	1341	18.2	36	
1.20						
491	863.250000	17417	13624	255.5	62	
0.61						
492	863.275000	15456	15456	255.5	61	
0.58						
493	863.300000	0	--	--	--	--
494	863.325000	0	--	--	--	--
495	863.350000	45924	45924	288.5	53	
0.44						
496	863.375000	18599	18598	288.5	49	
0.57						
497	863.400000	0	--	--	--	--
498	863.425000	0	--	--	--	--
499	863.450000	10657	10656	15.6	48	
1.60						
500	863.475000	7769	7487	15.7	46	
1.72						
501	863.500000	0	--	--	--	--
502	863.525000	13394	13383	16.6	40	
1.70						
503	863.550000	16871	12186	16.9	45	
1.93						
504	863.575000	7880	4927	358.9	45	
0.72						
505	863.600000	0	--	--	--	--
506	863.625000	0	--	--	--	--
507	863.650000	0	--	--	--	--
508	863.675000	267	235	86.7	32	
0.95						
509	863.700000	1249	1242	87.7	29	
1.47						
510	863.725000	2822	2653	12.7	40	
1.77						
511	863.750000	2685	2527	12.3	40	
1.92						
512	863.775000	0	--	--	--	--
513	863.800000	0	--	--	--	--
514	863.825000	0	--	--	--	--
515	863.850000	28424	28424	288.2	54	
0.57						
516	863.875000	28358	28358	288.2	55	
0.57						
517	863.900000	0	--	--	--	--
518	863.925000	0	--	--	--	--
519	863.950000	0	--	--	--	--
520	863.975000	0	--	--	--	--
521	864.000000	0	--	--	--	--
522	864.025000	0	--	--	--	--
523	864.050000	2	1	82.5	15	
1.00						

Propuesta de un Plan de Migración para los Sistemas de Radiocomunicaciones Móviles  
Terrestres Troncalizados en la banda 800 MHz a Sistemas Digitales

---

524	864.075000	0	--	--	--	--
525	864.100000	24417	24243	221.4	37	
2.11						
526	864.125000	25211	24469	224.1	34	
2.19						
527	864.150000	202	99	91.5	25	
2.19						
528	864.175000	39	23	44.9	22	
2.04						
529	864.200000	0	--	--	--	--
530	864.225000	0	--	--	--	--
531	864.250000	8306	8306	255.7	60	
0.52						
532	864.275000	8316	8316	255.7	61	
0.53						
533	864.300000	0	--	--	--	--
534	864.325000	0	--	--	--	--
535	864.350000	62818	62818	289.6	56	
0.67						
536	864.375000	57999	57999	289.5	55	
0.72						
537	864.400000	0	--	--	--	--
538	864.425000	0	--	--	--	--
539	864.450000	26425	26424	15.9	52	
2.11						
540	864.475000	13251	13072	15.8	48	
2.15						
541	864.500000	0	--	--	--	--
542	864.525000	10670	10641	18.5	49	
1.86						
543	864.550000	8568	8288	18.2	48	
2.27						
544	864.575000	708	402	358.4	31	
1.66						
545	864.600000	0	--	--	--	--
546	864.625000	123	123	256.5	36	
0.99						
547	864.650000	740	740	256.7	38	
1.00						
548	864.675000	1526	1369	86.8	30	
1.78						
549	864.700000	1752	1294	86.7	29	
1.74						
550	864.725000	577	426	1.8	36	
3.55						
551	864.750000	622	482	1.0	36	
3.56						
552	864.775000	151	151	359.2	26	
1.07						
553	864.800000	0	--	--	--	--
554	864.825000	0	--	--	--	--
555	864.850000	28556	28556	287.9	55	
0.66						
556	864.875000	29280	29280	287.8	56	
0.63						
557	864.900000	0	--	--	--	--

Propuesta de un Plan de Migración para los Sistemas de Radiocomunicaciones Móviles  
Terrestres Troncalizados en la banda 800 MHz a Sistemas Digitales

---

558	864.925000	0	--	--	--	--
559	864.950000	0	--	--	--	--
560	864.975000	0	--	--	--	--
561	865.000000	0	--	--	--	--
562	865.025000	0	--	--	--	--
563	865.050000	10793	10639	75.5	22	
2.72						
564	865.075000	20	20	76.9	21	
2.35						
565	865.100000	0	--	--	--	--
566	865.125000	149	139	255.5	39	
1.30						
567	865.150000	18417	18326	14.6	54	
1.49						
568	865.175000	14789	14789	14.8	50	
1.57						
569	865.200000	0	--	--	--	--
570	865.225000	1853	917	336.1	39	
1.70						
571	865.250000	184650	184394	255.5	63	
0.65						
572	865.275000	188214	188211	255.5	63	
0.61						
573	865.300000	1	1	260.5	14	
1.00						
574	865.325000	0	--	--	--	--
575	865.350000	28031	28030	289.0	54	
0.70						
576	865.375000	29072	29072	289.0	55	
0.69						
577	865.400000	0	--	--	--	--
578	865.425000	0	--	--	--	--
579	865.450000	0	--	--	--	--
580	865.475000	78	78	101.9	16	
2.03						
581	865.500000	53	52	102.5	15	
2.61						
582	865.525000	20057	20056	14.0	50	
1.89						
583	865.550000	55761	40157	357.7	45	
1.89						
584	865.575000	48327	48320	356.9	39	
1.08						
585	865.600000	0	--	--	--	--
586	865.625000	490	487	255.5	40	
1.46						
587	865.650000	1025	1011	255.2	39	
1.79						
588	865.675000	20818	14905	87.2	28	
3.58						
589	865.700000	44900	42973	86.0	31	
2.36						
590	865.725000	91	91	101.7	16	
2.64						
591	865.750000	0	--	--	--	--
592	865.775000	0	--	--	--	--

Propuesta de un Plan de Migración para los Sistemas de Radiocomunicaciones Móviles  
Terrestres Troncalizados en la banda 800 MHz a Sistemas Digitales

---

593	865.800000	0	--	--	--	--
594	865.825000	0	--	--	--	--
595	865.850000	42482	42482	288.5	36	
0.55						
596	865.875000	40959	40958	288.5	48	
0.58						
597	865.900000	469	469	318.8	22	
2.16						
598	865.925000	0	--	--	--	--
599	865.950000	20	20	49.9	16	
3.42						
600	865.975000	3	3	36.2	16	
0.58						
601	866.000000	1	1	36.5	17	
1.00						