



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

**“MEDICIÓN, MODELAMIENTO Y ANÁLISIS DE
DISPONIBILIDAD DE CANALES EN LA BANDA 800 MHZ, PARA
EL POSIBLE USO DE DISPOSITIVOS DE ACCESO ÓPTIMO AL
ESPECTRO DENTRO DE UN EDIFICIO UBICADO EN EL
SECTOR NORTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL”**

INFORME DE PROYECTO INTEGRADOR

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

MANUEL ISRAEL PAGUAY WONG

JUAN CARLOS ABAD JURADO

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2016

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, a mi familia y amigos por el apoyo incondicional que me dieron durante todo este tiempo de preparación, en especial a mi madre Rita Jurado Fierro, mi esposa Stefanía Andrade Jiménez y mi hija Emma Abad Andrade, quienes me mostraron que con mucha constancia, perseverancia, disciplina y responsabilidad todo se puede lograr.

Juan Carlos Abad Jurado

Primeramente le agradezco a Dios por tener a mis padres conmigo y ser testigos de este gran logro que he alcanzado, a la perseverancia y a la confianza de mi familia por ver mi sueño hecho realidad.

A mis amigos y profesores que me han dado la confianza y ayuda en los momentos difíciles.

Manuel Paguay Wong

DEDICATORIA

A la memoria de mi hermana Priscilla Abad Jurado, que desde el cielo me fue guiando en cada paso y decisión que tome en este viaje de estudio y progreso profesional. A mi hermosa familia, mi esposa Stefanía e hija Emma, mi madre Rita, por estar siempre ahí siendo un pilar fundamental en mi vida.

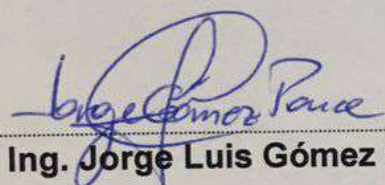
Juan Carlos Abad Jurado

Esta tesis se la dedico a mis queridos padres, que gracias a ellos he culminado mi carrera universitaria, ellos son los que han hecho posible que yo pueda obtener este título el cual se los dedico con todo el corazón, a mi papá que con esfuerzo y sacrificio siempre quiso que sea un profesional que es lo que tanto anhelaba.

A mis hermanos Mayra e Iván que me ayudaron en cada camino de mi vida y he sido un ejemplo, de igual manera a mi sobrino Jean Pierre que llego cuando nos faltaba alegría en el hogar, a mis abuelos que siempre me daban fuerzas para seguir y ser una mejor persona, y a mis tíos por confiar siempre en mí.


Manuel Paguay Wong

TRIBUNAL DE EVALUACIÓN



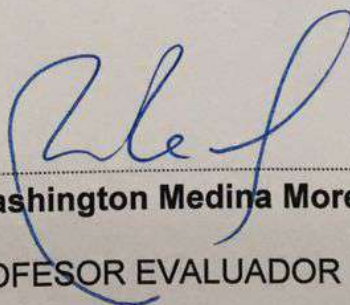
Ing. Jorge Luis Gómez Ponce

PROFESOR EVALUADOR



Ing. Carlos Valdivieso

PROFESOR EVALUADOR



Ing. Washington Medina Moreira

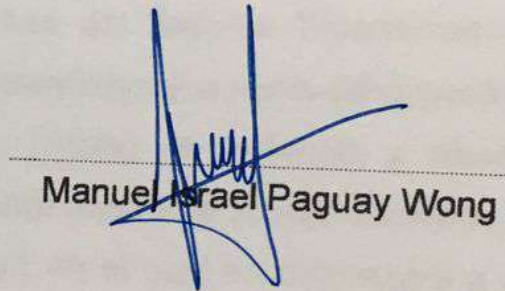
PROFESOR EVALUADOR

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Juan Carlos Abad Jurado



Manuel Israel Paguay Wong

RESUMEN

Los Sistemas Troncalizados presentan en la actualidad una gran demanda de uso en todo el país. En vista de que muestran una fácil comprensión presentada al usuario, creando confiabilidad en las comunicaciones, eficiencia y privacidad, por tal razón existen distintas compañías que trabajan con este servicio de comunicación terrestre, estas compañías ofrecen una diversidad de equipos para cada necesidad del usuario, lo cual ha generado un incremento del uso del espectro dentro de la banda 800MHz con el pasar de los años, creando la problemática de saturación en el ancho de banda asignado para Sistemas Troncalizados.

En el presente proyecto, se evalúa la cobertura del Sistema Troncalizado en la Banda 800MHz, realizando una medición, modelamiento y análisis del espectro para ver cómo está siendo usado, mediante sus niveles de potencia y niveles de disponibilidad por canal. Este proceso se lo realiza dentro de un edificio World Trade Center ubicado en el sector norte de Guayaquil, en el cual se comenzara a captar mediciones en tres diferentes escenarios (Planta Baja, Planta media y Planta alta) durante un periodo de 5 días seguidos las 24 horas por cada piso; mediante el equipo USRP conectado a una PC de escritorio. Adicionalmente se utiliza el programa LABVIEW, el cual nos permite almacenar los niveles de potencias de los canales en archivos de Excel, luego con esta información se crean matrices las cuales son simuladas mediante el programa MATLAB, donde se muestran graficas que nos ayudan a tener una mejor apreciación de la disponibilidad por cada canal, tomando como referencia el umbral estimado ($\lambda = -106 \text{ dBn}$). Este programa a su vez nos permite obtener modelamientos estadísticos los cuales permitieron llegar a la conclusión que en la planta baja existe mayor disponibilidad de canales con un uso 325KHz a diferencia de la planta alta 200KHz. Por último se muestra la distribución de probabilidad acumulada de las mediciones obtenidas de un canal con respecto a tres modelos estadísticos (Normal, Gamma y Beta), concluyendo que cada canal analizado permite mostrar una representación estadística de su comportamiento con solo variar los valores de (μ y varianza) o valores (a y b).

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN	iv
DECLARACIÓN EXPRESA	v
RESUMEN	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
CAPÍTULO 1	1
1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.	1
1.1 Antecedentes.	1
1.2 Problemas a resolver.	2
1.3 Justificación.	3
1.4 Objetivos.	4
1.4.1 Objetivos generales.....	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	4
1.5 Metodología.	4
1.6 Alcance.	5
CAPÍTULO 2.....	7
2. SISTEMAS DE TELECOMUNICACIÓN ASIGNADO.	7
2.1 Sistema troncalizado.....	7
2.1.1 Estructura	8
2.2 Características principales.	15
2.2.1 Parametrización de Tx y Rx.....	16
2.2.2 Compañías que utilizan sistema troncalizado en Gye.	18
2.2.3 Espectro radioeléctrico asignado al servicio	20
2.3 Estudios de disponibilidad.....	23
2.4 Condiciones para el uso del espectro.	26
2.5 Estudios relacionados de uso del espectro.....	26
2.5.1 Tetra	26

CAPÍTULO 3.....	30
3. ESCENARIO Y METODOLOGÍA.....	30
3.1 Descripción del escenario.....	30
3.2 Sistema de medición.....	32
3.3 Proceso de medición.....	34
3.4 Propiedades en transmisión de una señal.....	35
3.5 Disponibilidad del espectro.....	37
3.5.1 Modelamiento del sistema.....	39
3.5.2 Modelos de simulación de canales.....	40
3.5.3 Algoritmo de medición.....	40
3.5.4 Modelamiento estocásticos de datos.....	43
CAPÍTULO 4.....	45
4. RESULTADOS.....	45
4.1 Ubicación geográfica y toma de medición.....	45
4.2 Valores de configuración de equipos.....	48
4.3 Análisis de los datos.....	49
4.4 Modelamiento de datos.....	58
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	67
BIBLIOGRAFÍA.....	69
ANEXOS A.....	73

CAPÍTULO 1

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

1.1 Antecedentes.

Los Sistemas Troncalizados en la actualidad permiten compartir canales disponibles o frecuencias asignadas entre un gran número de usuarios, a fin de no depender de un canal específico y no sean capaces de transmitir su mensaje, al encontrarse ocupado [1]. Ésto se debe a, que la probabilidad de que todos los usuarios intenten acceder a los enlaces de comunicación al mismo tiempo, es muy pequeño, dando así un mayor control de seguridad en la comunicación y facilitando al usuario una mejor comprensión.

Los usuarios que manejan el Sistema Troncalizado no deben competir entre sí, ésto es, que el sistema asigna un canal libre en forma rápida y eficiente al realizar un PTT (Push To Talk). Debido a, que existen varios canales asignados en el Sistema Troncalizado, facilitando así, la comunicación de manera inmediata. Sin embargo, ésto se aplicó a los sistemas de radio, permitiendo de esta manera, la utilización eficiente de los canales de radio frecuencia (RF); y generando una mejor distribución del tráfico entre los canales disponibles. Lo cual, atrajo a un gran número de compañías, quienes comenzaron a utilizar y operar en Sistema Troncalizado dentro del país. [2]

El crecimiento y la proliferación de esta tecnología junto con los servicios de comunicaciones inalámbricos en las últimas décadas, han incrementado un consumo excesivo del conjunto de frecuencias para uso comercial del espectro electromagnético por parte de las compañías [3]. Además, la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL), realizó estudios que revelan un comportamiento distinto, una extensa parte del espectro radioeléctrico – electromagnético permanece subutilizado. [4]; Es decir, las compañías que solicitan el servicio del Sistema Troncalizado poseen canales de más sin utilizar; por tal motivo, se obtiene una mala distribución del espectro asignado que no está acorde a las necesidades de la empresa. En fin, a todas estas empresas o compañías se les debería reasignar la frecuencia, así podrán

disponer de manera más eficiente el espectro y se podrá prevenir congestiones futuras.

1.2 Problemas a resolver.

Los Sistemas de las radios móviles terrestres son equipos que no trabajan constantemente en zonas urbanas o rurales; éstos es, que no son utilizados de manera perenne, sino en diferentes lapsos de tiempo que pueden ser cortos o largos según la necesidad del usuario. Ésto se debe a, la probabilidad de que todos los usuarios intenten el acceso a los enlaces de comunicación al mismo tiempo son pequeños. En consecuencia, se genera un desperdicio o mal uso del espectro radioeléctrico en la frecuencia asignada, ocasionando una ocupación inapropiada en la banda 800MHz y malgastando espacio que pueden ser utilizados por otras empresas o instituciones o por la misma empresa de una forma más eficiente.

Por tal motivo, uno de los factores importantes se basa en la colocación de las antenas, lo cual puede limitar el espectro radioeléctrico, y consecuentemente generar pérdida total de comunicación en la cobertura asignada.

Sin embargo, otro de los aspectos fundamentales sobre los que se basa la gestión del espectro radioeléctrico, son las interferencias. Éstas, se definen como el efecto de una energía no deseada sobre la recepción de un método de comunicación; lo cual, causa una disminución en la calidad de señal, perdiendo información respecto a la que se podría obtener en ausencia de la misma.

Por ende, se presentarán casos donde el radio móvil terrestre experimente pérdidas en su señal al momento de transmitir el mensaje hacia su receptor, como es la Atenuación a Espacio Libre (AEL). Ésta potencia atenuada, sufre la señal, cuando no hay impedimentos entre la señal transmitida y la recibida; ocasionando pérdida del espectro radioeléctrico en el cual se está recibiendo y enviando la información. Ver Tabla 6

1.3 Justificación.

En los sistemas de radio terrestre, aparte de sus elementos y configuración de equipos, existe un factor muy importante, la disponibilidad de espectro radioeléctrico, esta debe cumplir con normativas actuales en el país.

Este recurso natural y finito es propiedad del Estado, por ende es regulado, administrado y usado de manera eficiente, para dar servicio a la comunidad y con el fin de cumplir con lo estipulado en la Constitución de la Republica. [5]

Por ende, se tomarán mediciones en un edificio de gran altura del casco comercial, ubicado en la zona norte de la ciudad de Guayaquil (EDIFICIO WORLD TRADE CENTER). Este edificio, está compuesto de dieciséis plantas por encima del nivel del suelo y 2 más subterráneas. La edificación está dividida en dos edificios próximos entre sí. Los niveles subterráneos albergan un parking, el cual tiene un número de obstáculos bajo, tales como paredes o mobiliario.

Por otra parte, una ventaja de Sistemas Troncalizados es que comparten de forma automática cierto número de canales o caminos de enlace entre varios usuarios, esta característica permite que estos servicios sean más seguros al momento de su uso; pese a que son sistemas de comunicación de banda estrecha, con un mayor grado de costo de ejecución y mantenimiento, esto es que en su mayor parte soportan voz y datos de mínima velocidad, con 25KHz de ancho de banda; Por consiguiente, el rango de frecuencias destinadas para este tipo de comunicaciones será entre 806 - 869MHz, las cuales en el país actualmente se encuentra saturada [6]; Éstas consideraciones, evidencian la necesidad de plantear nuevas redes que faciliten la interoperabilidad entre diversas marcas y modelos de equipos terminales, ampliando su alcance como por ejemplo emergencias de gran magnitud que requieren enlazar mensajes por un tiempo determinado que perdura el incidente y en un sitio específico. Una vez finalizado, aquellos podrán ser separados y reubicados; así se mejora y se presta mejor el servicio de estos Sistemas Troncalizados ya efectuados en la actualidad.

1.4 Objetivos.

1.4.1 Objetivos generales

- Determinar la disponibilidad de canales Radio Trunking banda 800MHz para el posible uso de dispositivos para el acceso óptimo al espectro en escenarios dentro del edificio WORLD TRADE CENTER.

1.4.2 Objetivos específicos

- Medir la disponibilidad de niveles de potencia de los canales Radio Trunking Banda 800MHz en diferentes pisos edificio WORLD TRADE CENTER.
- Calcular la disponibilidad de cada canal en diferentes escenarios dispuesto en este proyecto durante 3 semanas.
- Modelar los canales Radio Trunking banda 800MHz de los diferentes pisos.
- Analizar los modelos probabilísticos de la disponibilidad.

1.5 Metodología.

El método de investigación de este trabajo empieza en el desarrollo de un programa para la medición de canales en la banda de 800MHz (Radio Trunking). El equipo que va a realizar esta medición, será un USRP (UNIVERSAL SERIAL RADIO PERIPHERAL). Este equipo medirá y almacenará, el nivel de potencia y la frecuencia en la que se va a trabajar dentro del edificio y en diferentes pisos.

Para la medición, se tomarán en cuenta la planta baja, noveno piso y planta alta durante un lapso de 5 días; en donde el equipo receptorá datos suficientes de nivel de potencia para tener una mejor aproximación.

Se estima un promedio de 50.000 a 60.000 muestras de potencia sobre la banda 800MHz. Estas muestras serán tomadas con equipos de recepción de señales mediante el programa LABVIEW quien guardará toda la información capturada de las muestras tomadas por 24 horas en cada piso durante 5 días.

Luego de obtener las mediciones, se realizará la comprobación si la utilidad de esa frecuencia en la banda que está trabajando es la apropiada. Para realizar este proceso se usará una PC (computadora de escritorio) y el equipo de medición USRP.

Los datos que se obtienen serán en base a los canales que se encuentren en la banda de 800MHz. Para este caso, los niveles de potencias serán de 26 canales; los cuales se analizan y almacenarán en una base de datos de Excel compartidos por canales.

Después de haber recopilado toda la información necesaria, se procederá a determinar la disponibilidad de los canales dando a conocer que variaciones se producen durante el estudio.

Con estos análisis se procederá a buscar un modelo probabilístico el cual se ajuste a los datos obtenidos. Estos datos son cargados en el software MATLAB, el cual nos permitirá apreciar mediante graficas el comportamiento de disponibilidad de cada canal en sus diferentes escenarios descritos en el edificio.

1.6 Alcance.

El servicio de Sistema Troncalizado puede presentar fallas que son detectadas automáticamente, estos permiten evitar que uno de sus componentes quede fuera de servicio. Por eso, la detención de fallas se la realiza de forma computarizada; ya que dicho sistema incluye tanto hardware y software para su operación, administración y mantenimiento. [7]

Respecto a los canales radioeléctricos, este sistema ofrece una mayor eficiencia en los canales ya que son usados para transmitir y recibir

comunicaciones en tiempo real ya sea de voz o de datos entre equipos de usuarios que tengan radios móviles o portátiles. [8]

Muchos de sus suscriptores y usuarios podrán tener acceso y ser beneficiados tanto para la mejora de la calidad de voz de equipos Troncalizados, ya sea en la disminución de problemas en la interferencia o para la optimización de canales asignados, además brindar servicios de rastreo, ubicación y mensajes de texto.

También ofrece a las empresas brindar servicios de última tecnología para sus comunicaciones los cual permitirá un aumento en la capacidad y mejor claridad en el audio dentro de las áreas de cobertura. [9]

A su vez al realizar el estudio del modelamiento del espectro, podremos ver, cómo está siendo usado y ver los niveles de potencia dentro de un edificio, obteniendo cierta cantidad de mediciones que podrían permitir el desarrollo de sistemas con Acceso Dinámico al Espectro, Acceso Oportunista al Espectro o Radio Cognitiva.

CAPÍTULO 2

2. SISTEMAS DE TELECOMUNICACIÓN ASIGNADO.

Dado los objetivos planteados en el problema, es necesario conocer cómo funciona el sistema de comunicación que se encuentra en la banda que vamos a medir. Por lo tanto, en el presente capítulo se va a colocar la fundamentación teórica respecto a los Sistemas de Trunking que están en la frecuencia 806 – 824 MHz y 851 – 869 MHz. Adicionalmente se hará un pequeño resumen de algunas campañas de medición y modelamiento estadístico, con el objetivo de observar la metodología que ellos usaron dentro de su medición.

2.1 Sistema troncalizado.

Los sistemas troncalizados de Radiocomunicación, son aquellos en los cuales los canales disponibles (frecuencias asignadas), estarán compartidas por diferentes usuarios y a su vez estarán dispuestos a no depender de un canal específico y puedan transmitir su mensaje. Este sistema se basa en asignarle un canal determinado a cada grupo de usuarios. Esto facilita la interacción de comunicación entre usuarios. [10]

Por lo tanto, en el sistema troncalizado se crean cuadrillas de usuarios independientes a estos canales o frecuencias con que se disponga. Con el objetivo de que el sistema automáticamente asigne un canal libre al usuario, cuando él debe transmitir un mensaje, bien sea de voz o datos. Caso contrario, este queda en cola de espera por un tiempo determinado.

No obstante, se sabe que se presentan por medio de señales de radio y señales hertzianas las Radiocomunicaciones, que son caracterizadas por el movimiento de los campos eléctrico [11]. Estas son ejecutadas por medio del espectro radioeléctrico que poseen propiedades y son diversas dependiendo de las bandas de frecuencia. Las cuales son diferentes y depende de cada una de ellas el comportamiento de las ondas [12]

2.1.1 Estructura

La Figura 2.1, muestra la estructura de un sistema troncalizado donde se aprecia normalmente los siguientes elementos:

- Un centro de operaciones, que a través del centro de control comunica mensajes informativos, los cuales son destinados a todo el personal.
- Los usuarios, se establecen comunicación entre usuarios a través del centro de operaciones, o a su vez con el resto del personal a través del centro de control.

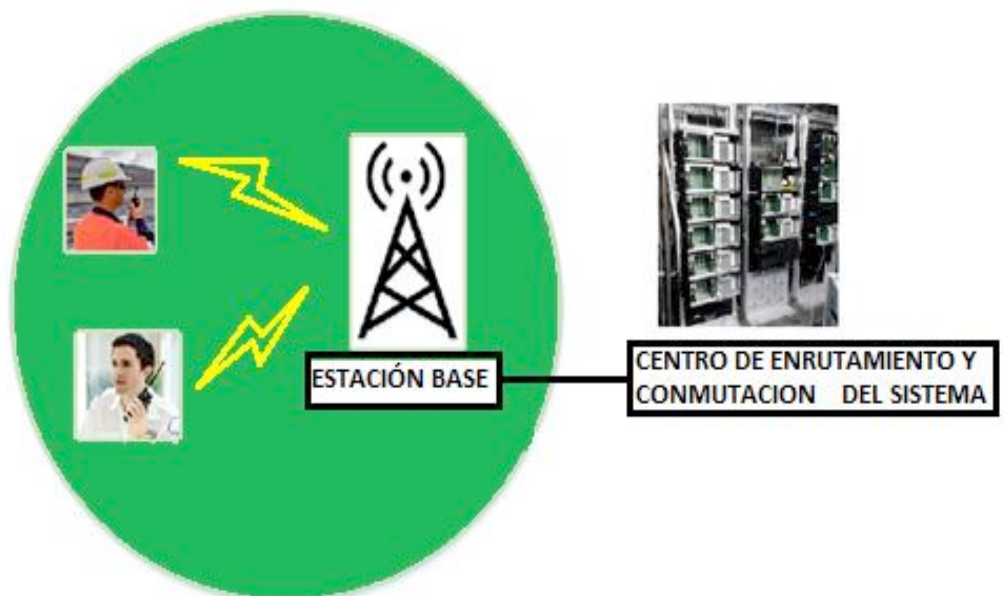


Figura 2.1: Estructura de sistema troncalizado

Centro de enrutamiento y conmutación del sistema (MSC) [13]

Es conocido como Central de Control, donde el Sistema de enrutamiento y conmutación de voz y datos, son controladas automáticamente por estas estaciones seguras, a su vez se responsabiliza del funcionamiento de las estaciones base. Está estructurado de la siguiente manera: Controlador Lógico del Sistema, Sección de Distribución de Audio y la Sección de Gestión de Red (NMS). Ver Figura 2.2



Figura 2.2: Diagrama del MSC

- **Controlador lógico del sistema:** Es la cabeza del MSC, es el que recibe todo tipo de llamadas de las peticiones generadas y envía mensajes hacia la Estación Base (BS), por medio del Canal de Supervisión del Sistema, con la información de identificación (ID) que para algunos usuarios o grupos de usuarios tendrán que hacer uso de la comunicación. Interactúa de forma constante con la Unidad de Distribución de Audio y Unidad de Gestión de Red.

- **Sección de distribución de audio:** Distribuye de manera apropiada las rutas para cada llamada ya sean individuales o grupales ya que requieren que los usuarios estén dentro del sistema.
- **Sección de Gestión de la Red:** Controla en la Gestión de Red todas las funciones: contabilidad, fallas, seguridad de los terminales, seguridad de los equipos, entre otros.

Estación Base (BS)

Son estaciones fijas o estáticas que a través de una unidad de control, permiten el acceso al sistema a un usuario, en las diferentes áreas o regiones, permitiendo la comunicación entre usuarios. [13]

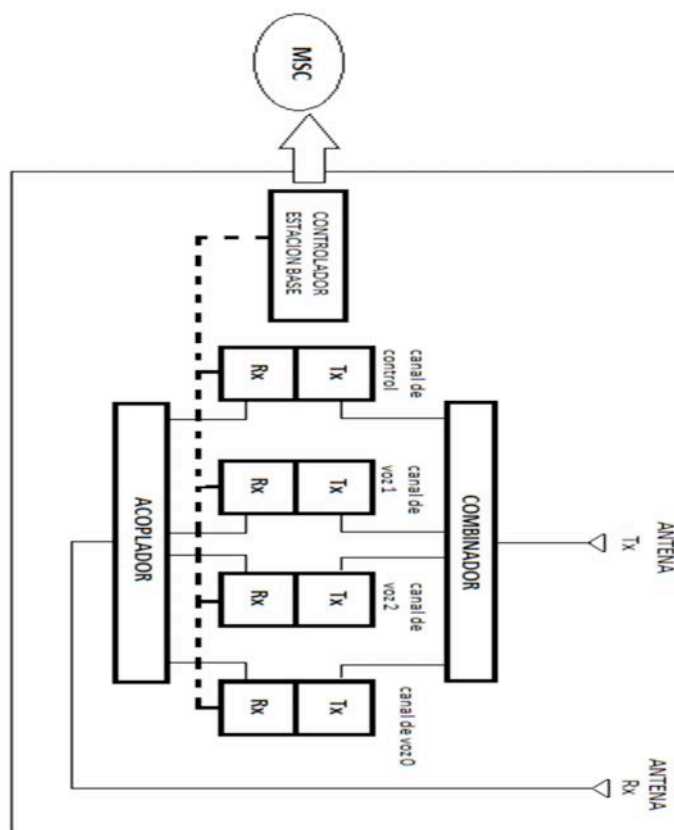


Figura 2.3: Esquema de Estación Base

La Estación Base está compuesta de bloques repetidores para varios canales de voz y solo una para el canal de control como se muestra en la Figura 2.3, al combinador de señal se ven conectado todos los transmisores el cual pueda enviar, ya sea en una señal, toda la información a los transmisores hacia la antena transmisora. En cambio, la señal que llega hacia la antena de recepción puede entrar en un multiacoplador para que distribuya la señal hacia el repetidor que corresponda. Pero al final las repetidoras son conectadas a un Controlador Central el cual administra la distribución de dichos canales para que se puedan inter conectar a la estación base y a la MSC, o con diferente red pública (PSTN) o con centrales privadas telefónicas (PABX). [13]

Tipos de canales

Existen dos tipos de canales de radio en las troncales: canales de reconocimiento (datos) y canales del transporte (voz) [13]. Los canales de control se deben señalar en cada lugar, mientras que los canales de tráfico son todos los canales sobrantes.

Canales del Reconocimiento: son utilizados para destinar la información digital entre las cantidades de radio y la comunicación que vigila la operación del sistema.

Canales de Transporte: son utilizados para ejecutar comunicaciones reales (datos o voz) entre los radios.

Canal de Vigilancia: son canales que interconectan de manera directa al controlador maestro y sus lugares de repartición. Este envía

información bidireccional sobre el uso de los canales, advertencias, verificación, pedidos de canal y otros parámetros internos del sistema.

2.1.2 Topología de un sistema de radio troncalizado [13]

Para los Sistemas de Radio Troncalizado existen diferentes tipos de configuraciones. Entre las más conocidas tenemos las siguientes:

Red Local

Estas redes pueden ser de tamaño pequeño o mediano el cual está conformado por un Centro de Enrutamiento y Conmutación del Sistema (MSC) que gestiona y administra todas las Estaciones Base (BS) en un sistema, a través de un canal de supervisión y n canales de voz.

Por ende, son utilizadas en pequeñas empresas con sectores de áreas limitadas de una capacidad mínima de empleados.

También se conoce que hay varios tipos de topologías como: Estrella, malla o de bus.

Como se muestra a continuación en la Figura 2.4.

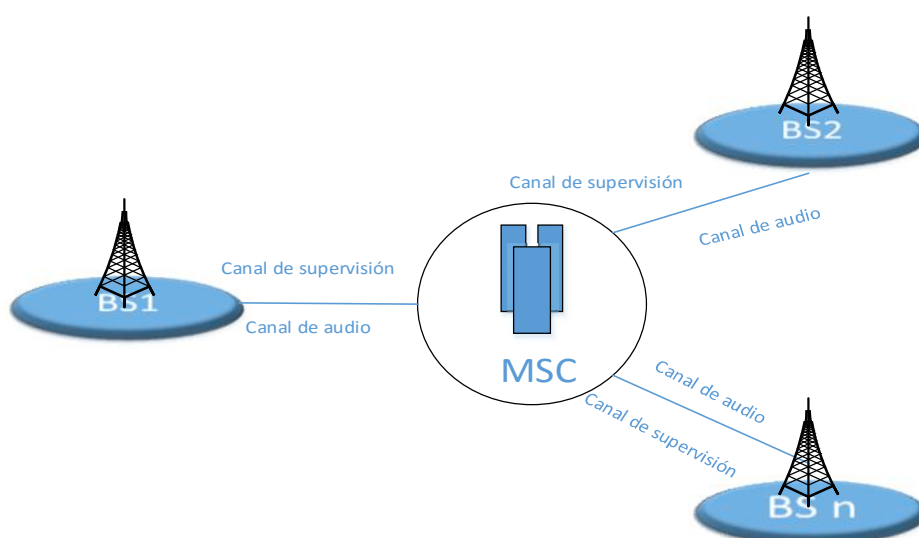


Figura 2.4: Topología Red Local

Red Regional

Normalmente las redes de este tipo de configuración, son caracterizadas por estar constituidas por 2 o más redes locales, esto dependerá del tamaño de la compañía, por ende, va estar compuesta por varias MSC para lograr una mejor distribución y requerirá de dos tipos de canales para lograr la interconexión de la red total como se muestra en la Figura 2.5.

Para cada MSC interconectada existe un canal llamado Canal de Control, que permitirá la realización de la conexión de una llamada que compromete lugares en casi todas las áreas locales.

Por otra parte, es necesario encaminar el audio que se está transmitiendo del área requerida a diferentes individuos de un grupo de conversación; esto se realiza por medio del canal de control de audio.

Adicionalmente, son necesarios diferentes módulos de Hardware y Software, que facilitan la intercomunicación entre áreas locales. Este tipo de configuración permite crear un sistema de operación de red homogéneo sobre áreas geográficas extensas.

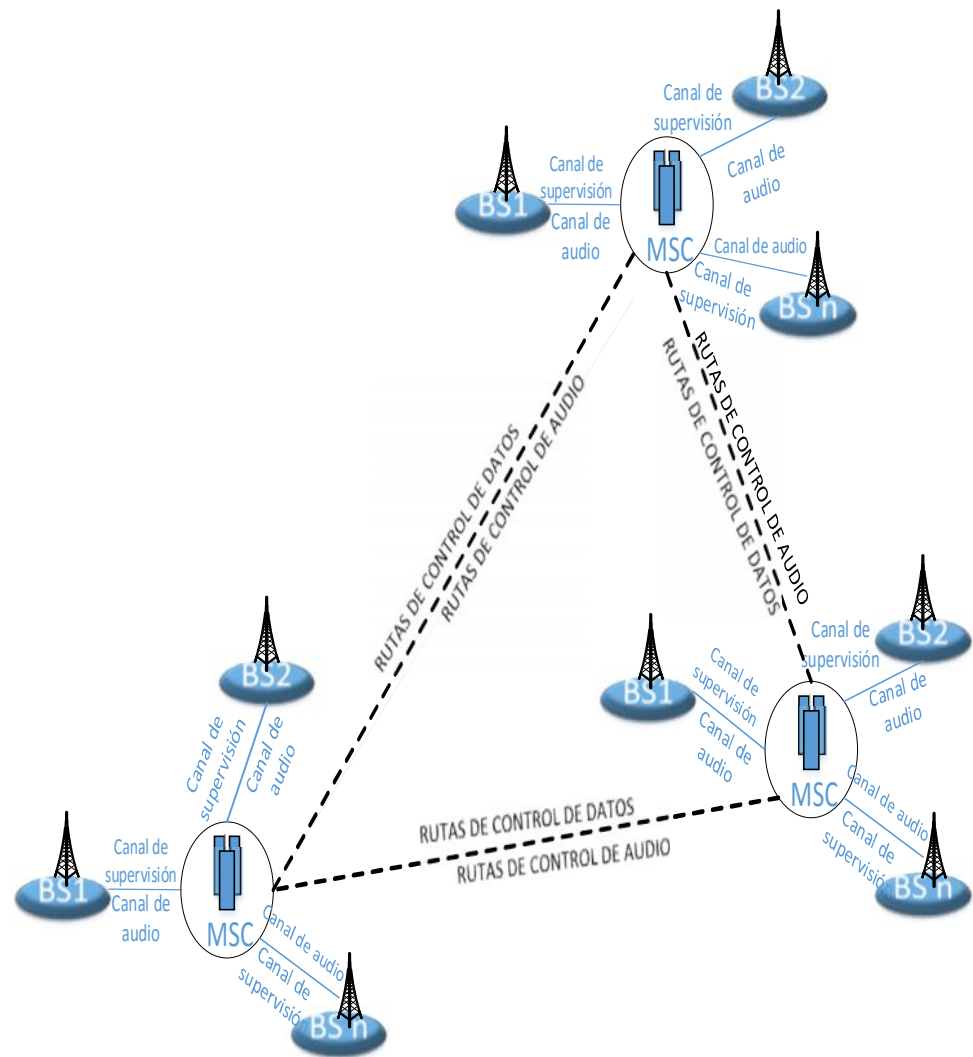


Figura 2.5: Topología Red Regional

Por otro lado, sabemos que existe un proceso básico de comunicación del Sistema de Radio Troncalizado, conocido como funcionamiento **Push to Talk (PTT)**. Se presiona el botón para hablar y el radio móvil funciona con un sólo canal para todos los usuarios del mismo grupo, éste transmite por el canal de control un aviso de que quiere transmitir y la red responde con el número de canal a usar. El móvil se sintoniza en ese canal y emite un tono para que el usuario se ponga a hablar siempre

que haya un canal disponible. Al soltar el botón PTT, se libera el canal y otro usuario lo puede usar.

2.2 Características principales.

El Sistema Troncalizado implementa elementos de control que ayudan a la detección rápida de fallas, lo cual permite evitar que el sistema quede sin servicio. Por tal motivo estos sistemas cuentan con parámetros de operación programables de acuerdo a las necesidades de los usuarios. Por lo tanto, este sistema debe incluir todo el hardware y el software necesariamente para su funcionamiento, mantenimiento y administración; ya que cada institución crea su propia tecnología. Para esto tenemos que tener en cuenta el instante de definir el pliego de condiciones, puesto que cada fabricante tiene las licencias del software con la que hace funcionar al sistema. [10]

Los Sistemas Radio Trunking son sistemas de radiocomunicaciones móviles para aplicaciones privadas, formando grupos y subgrupos de usuarios, con las siguientes características principales:

- La estructura de una red celular (independientemente a las redes públicas de telefonía móvil).
- Los usuarios que comparten las propiedades del sistema dando condiciones automáticas u organizadas.
- Cuando se requiere, por el tipo de servicio, es posible dar lugar a los canales de emergencia que predominarían sobre el resto de comunicaciones del grupo.

Estos sistemas han sido estandarizados en diferentes interfaces desde su introducción en el año 1997. En la actualidad se han estado implementando procesos estándares en los sistemas digitales.

Ventajas y facilidades de los sistemas troncalizados

- Llamadas de grupo e individuales

- Llamadas de Emergencia
- Capacidad de Datos
- Integración con otras redes (Red Telefónica, otras redes de radio, sistemas de grabación, etc)

2.2.1 Parametrización de Tx y Rx

La parametrización de la transmisión del mensaje y la recepción del mismo se da en la Tabla 6 (VER ANEXO A), la cual contiene información sobre la comprobación, verificación de las frecuencias de operación y los parámetros técnicos de ancho de banda y canalización.

La Radiobase Troncalizada, ubicada en Cerro Azul, se encuentran programadas, operativas, en uso 26 pares frecuencias concesionadas para esta Radiobase, las mismas que operan conforme a los parámetros autorizados de ancho de banda, canalización y potencia.

Los equipos tanto de recepción como de transmisión en la Radiobase Cerro Azul, están constituidos por repetidores Marca Uniden modelo MRS-804, y Marca EF Johnson, con antenas omnidireccionales, conforme a lo autorizado en el contrato de concesión. [4]

Normas y reglamentos Técnicos para los sistemas troncalizados en Ecuador

En base al reglamento de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL), estable que el servicio de telefonía automática, donde es incluido los Sistemas Troncalizados, estos podrán ser utilizados dentro del país rigiéndose por disposiciones puestas por la ley, así como los reglamentos establecidos¹.

La resolución No. ST-94-028 del 14 de abril de 1994, se remite el Reglamento para la Explotación de los Sistemas Troncalizados. [14]

Se tiene la resolución No. ST-94-029 del 14 de abril de 1994, se remite la Norma Técnica y Plan de Distribución de Frecuencias para los Sistemas Troncalizados [14]. Esto está sujeto a nuevas disposiciones legales y técnicas para satisfacer las diferentes necesidades presentadas en nuestro país.

Dicho de otro modo, todo plan establecido de frecuencias para los Sistemas Troncalizados, canalización y distribución de frecuencias, están definidos por un perímetro donde la intensidad del campo eléctrico aparente utilizable sea 38,5 dB uV/m dando en si el área de cobertura.

Por lo tanto, las antenas direccionales de las estaciones fijas siempre deben estar dirigidas hacia la estación repetidora. Ésto es, para obtener una radiación mínima que nos permitirá la cobertura necesaria con la antena a utilizar, creando un enlace apropiado y a su vez limitara la radiación en otras direcciones.

Adicionalmente, existen condiciones para los Sistemas Troncalizados establecidas por ARCOTEL, las cuales son regidas mediante parámetros técnicos:

- La Secretaria Nacional de Telecomunicaciones (SNT), es la encargada de autorizar la transmisión y potencia radiada, verificando que se encuentre dentro de los valores asignados de intensidad de campo no mayor a 38,5 dB uV/m.
- A través de la SNT en sectores fronterizos el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), indica que potencia radiada aparente se establecerá, así como sus condiciones de directividad y lugar de colocación de la antena, esto es para evitar interferencias con otros sistemas de radiocomunicaciones de los países cercanos.
- La norma regida indica que la referencia de distancia mínima entre estaciones cocanal es de 120 Km.

- Si existiera un nuevo Sistema Troncalizado y este causara alguna interferencia con otras estaciones ya autorizadas, este sistema nuevo tendría que dejar de funcionar hasta que no se solucione las contrariedades técnicas encontradas.
- Si existen más de 2 equipos de transmisión que operen en el mismo sistema que este conformado por más de una antena, es necesario instalar multiacopladores y filtros, esto ayudara a mejorar la intermodulación radiada con relación al producto para que sea mejor de (-75 dB) en relación a la portadora de menor nivel.
- Por último los responsables de los Sistemas Troncalizados, deberán brindar toda información necesaria, además de sus registros cuando sean solicitados por la SNT y por la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPTTEL).

Aquellos trámites que han sido presentados con anterioridad se rigen mediante la aprobación reglamentaria y procedimiento técnico que serán explicados de manera más detallada en la referencia. [14]

2.2.2 Compañías que utilizan sistema troncalizado en Gye.

Según La Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL) existen las siguientes compañías que utilizan Sistema Troncalizado en el Ecuador la cual se verifica en la Tabla 1, todas ellas poseen ciertos canales asignados en la banda 800 MHz. [15]

Compañías	Cobertura
Brunacci Cía. Ltda.	Quito, Santo Domingo de los Tsáchilas, Guayaquil, Machala, Quevedo, Manta, Ambato, Tulcán
Comovec S.A.	Quito, Guayaquil, Cuenca, Quevedo, Manta
Marconi	Guayaquil, Quevedo, Quito, Santo Domingo de los Tsáchilas, Ambato, Portoviejo, Cuenca, Machala, Imbabura
Montcashire S.A.	Quito, Guayaquil
Multicom	Quito, Guayaquil, Babahoyo, Machala, Manta, Portoviejo,
Multicom	Riobamba, Ambato, Santo Domingo de los Tsáchilas, Cuenca, Cotacachi
Racomdes	Quito, Guayaquil

Tabla 1: Compañías que usan el servicio y su alcance

La Figura 2.6 muestra a todas las empresas, indicando cual es la que pose mayor participación en los medios realmente, como lo es MULTICOM con un 30,48%. [15]

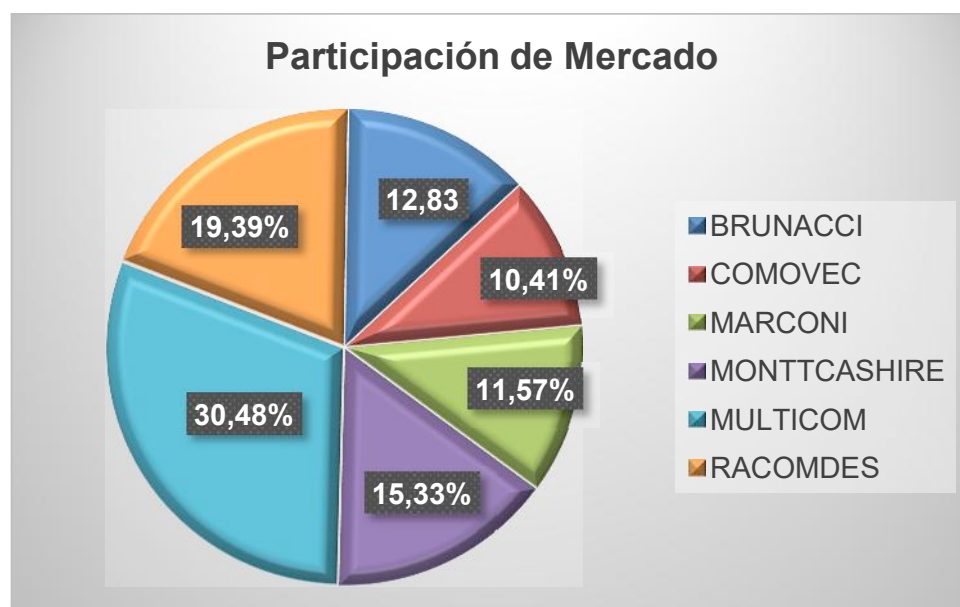


Figura 2.6: Porcentaje de participación del mercado por empresa

2.2.3 Espectro radioeléctrico asignado al servicio

La UNION INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (UIT), es la encargada de regularizar y organizar la utilización de diferentes frecuencias radioeléctricas. Las cuales están sujetas a normativas que evitan posibles conflictos en su uso y servicio en un mismo intervalo de frecuencia. Estas normativas de orden técnico, vienen dados desde el tipo de emisión hasta los niveles de exposición. [16]

En diferentes países se encuentran políticas para la reglamentación, control de uso y utilización del espectro. En Ecuador, ARCOTEL, es la encargada de elaborar y ordenar tanto la información y la utilización en carácter técnico del espectro en diferentes bandas de frecuencia en el país.

Para el Sistema Troncalizado actualmente se encuentran designadas tres bandas:

- 800 MHz que tiene 36 bloques numerados de: 1 a 36
- 900 MHz que tiene 8 bloques numerados de: 37 a 44
- 400 MHz que tiene 10 bloques numerados de: 45 a 54

En la banda de 800 MHz, los canales se agrupan en bloques, estando separado cada canal de los restantes de su bloque mediante un número fijo de canales con una separación nominal (generalmente 25 kHz). En consecuencia, cada bloque de canales sucesivos queda desplazado en un canal. Las separaciones mínimas entre los canales asignados dentro de un Sistema Troncalizado son de 250 kHz y 100 kHz en las bandas de 800 MHz y 400 MHz, respectivamente. [17]

De los 36 bloques de la banda de 800 MHz, los 10 primeros bloques se encuentran a canal seguido, y los restantes bloques se encuentran a canal separado.

A las operadoras de este servicio no se les puede asignar canales contiguos, ya que éstas no cuentan con filtros de alta calidad. Por lo que se les asigna canales separados para que no exista interferencia.

A continuación, ver Tabla 2, donde se muestra rangos de banda de transmisión y recepción establecidos por CONATEL.

ch/separa	Banda de transmisión	Banda de recepción	Tec/wb
200/45 MHz	806-811 MHz TX	851 - 856 MHz RX	DIG-25
500/45 MHz	811-824 MHz TX	856 - 869 MHz RX	ANL-25
80/39 MHz	896-898 MHz TX	935 - 937 MHz RX	DIG-25
80/30 MHz	902-904 MHz TX	932 - 934 MHz RX	DIG-25

Tabla 2: Bandas de Sistemas Troncalizados [14]

A su vez, CONATEL podrá reducir la canalización de estas bandas a 12,5 kHz, en caso que a tecnología lo permita.

Explicando la Tabla 2 en base a la Canalización de las Bandas, tendríamos lo siguiente:

- Las bandas de frecuencias de 806 - 811 MHz son usadas para transmitir y además se tiene las bandas de frecuencias 851 - 856 MHz estas son usadas para recepción de la estación terminal o de la estación suscrita. Tanto para la transmisión (Tx) y recepción (Rx) son divididos en 200 canales cada uno, los cuales tienen una separación entre ellos de 45 MHz.
- Las bandas de frecuencias de 811 - 824 MHz son usadas para transmisión y por otra parte se tiene las bandas de frecuencias 856 - 869 MHz estas son usadas para recepción de la estación terminal o de la estación suscrita. Tanto para la transmisión (Tx) y recepción (Rx) son divididos en 500 canales cada uno, los cuales tienen una separación entre ellos de 45 MHz.
- Las bandas de frecuencias de 896 - 898 MHz son usadas para transmisión y por otra parte se tiene las bandas de frecuencias

935 - 937 MHz que son usadas para recepción de la estación terminal o de la estación suscrita. Tanto para la transmisión (Tx) y recepción (Rx) son divididos en 80 canales cada uno, los cuales tienen una separación entre ellos de 39 MHz.

- Las bandas de frecuencias de 902 - 904 MHz son usadas para transmisión y por otra parte se tiene las bandas de frecuencias 932 - 934 MHz que son usadas para recepción de la estación terminal o de la estación suscrita. Tanto para la transmisión (Tx) y recepción (Rx) son divididos en 80 canales cada uno, los cuales tienen una separación entre ellos de 30 MHz.

Plan de distribución de frecuencias

Las frecuencias para operar Sistemas Troncalizados están conformadas por bloques, cada uno de los cuales posee cuatro (4) grupos, cada grupo tiene cinco (5) canales radioeléctricos y cada canal se forma con dos frecuencias.

Las bandas de frecuencia 800 MHz y 900 MHz

Presentan una distribución de 44 bloques. Para los Sistemas Troncalizados Digitales, los canales de un mismo grupo están separados en 25 kHz y 125 kHz entre grupos, se destinan bloques desde el primero al décimo y desde el 37 al 44 con sus pares de frecuencias desde # 1 al # 200 y desde # 721 al # 880, que corresponden a las bandas de: 806 - 811 MHz y 851 - 856 MHz; 896 - 898 MHz y 935 - 937 MHz; y, 902 - 904 MHz y 932 - 934 MHz.

Para los Sistemas Troncalizados Analógicos, el ancho de banda que separan los canales en un mismo grupo es de 1 MHz y 250 KHz entre grupos, se destinan los bloques desde 11 al 36 con los pares de frecuencias del # 201 al # 720 que corresponden a la banda 811 - 824 MHz y 856 - 869 MHz.

Asignación y uso de frecuencias

La asignación de frecuencias se hará por grupos. El cual están distribuidos y asignados en 880 canales radioeléctricos a nivel nacional. Las Fuentes de la presente edición con respecto a Sistemas Troncalizados ya sea para sus normas técnicas y reglamentos podrán ser analizados de mejor manera en la referencia. [14]

2.3 Estudios de disponibilidad.

White Space

Los espacios en blanco se los puede aplicar en rangos diferentes de frecuencia tales como los asignados en la emisión de tv., cuyo espectro en la actualidad no se lo utiliza en la tv. Digital terrestre se hará efectiva la transición cuando el espectro sea recuperado.

En los últimos 20 años se experimentó un crecimiento en la demanda del uso del espectro para servicios de telecomunicaciones. Al respecto de los servicios de datos, están consumiendo más ancho de banda que el de la voz y el crecimiento excesivo del uso de video.

El espectro del espacio en blanco libre oscila entre los 5MHz a 698MHz y las características de propagación son muy buenas. El radio de los espacios en blanco llegaría más lejos que el actual 3G y 4G, los radios de WiFi alcanzarían bandas superiores a los Gigahertz y tener de este espectro una alta cobertura de ancho de banda a menor costo. En la actualidad, la IEEE está trabajando en la creación de extensiones y estándares para espacios en blanco en WiFi, móviles utilizando extensiones fijas similares a la WIMAX y la LTE.

Sistemas de Acceso Dinámico al Espectro (DSA)

El Acceso Dinámico al Espectro (DSA, Dynamic Spectrum Access) surge en los últimos años como una alternativa que permitirán resolver problemas de

ineficiencia y escasez del espectro radioeléctrico, dadas las actuales políticas de administración y asignación de este recurso. [18]

Para esto se compara las alternativas tecnológicas para la implementación de nuevas ideas en la Asignación Dinámica de Espectro y Selección Dinámica de Frecuencia en redes inalámbricas modernas [19]. De tal manera para que 2 redes compartan información es necesario acceder a ellos de manera dinámica y en el mismo momento, pero hay que tener en consideración las demandas de tráfico y lo que requiere el usuario, es orientar dicha dificultad con el DSA (Dynamic Spectrum Allocation) o el DFS (Dynamic Frequency Selection).

Como consecuencia, la banda de frecuencia que se va a utilizar se divide en canales ya que algunos sistemas sin autorización y no licenciados pueden operar en algunos de ellos, en los cuales no interfieren los sistemas inalámbricos con licencia. Los sistemas inalámbricos no licenciados podrían dinámicamente seleccionar el canal que este en uso para así evitar la interferencia de algún sistema inalámbrico licenciado DFS.

En el Acceso Dinámico al Espectro desarrollaron nuevas alternativas, las cuales generaron 3 tipos de modelos. Estas se pueden apreciar en la Figura 2.7 a continuación.



Figura 2.7: Distribución del Acceso Dinámico al Espectro [20]

OSA

El Acceso Oportunista al Espectro no es otra cosa que un sistema que trata de resolver y buscar diversas alternativas para poder minimizar los problemas de ineficiencia y escasez en el uso del fenómeno radioeléctrico que pueden ocasionar los procesos actuales de administración y asignación de tal recurso. [20]

Siguiendo un orden jerárquico, en las condiciones de OSA para usuarios no licenciados o secundarios para poder acceder y explotar pequeñas partes de señales espectrales que no son utilizadas por algunos usuarios primarios (usuarios licenciados) en algún instante de tiempo o en algún lugar geográfico. Los usuarios primarios tienen los derechos de propiedad para el uso exclusivo de porciones espectrales. Cuando estas bandas no son usadas se las conocen como huecos u oportunidades espectrales, que en conjunto dan lugar a la disponibilidad inmediata de los recursos radioeléctrico para los usuarios secundarios. [20]

Radio Cognitiva

Es un sistema inteligente de comunicación inalámbrica que es consciente de todo su entorno operacional, capaz de aprender y adaptarse a diferentes cambios de determinados parámetros de funcionamiento tales como son: frecuencia de portadora, potencia de transmisión y modulación [21]. Los Sistemas de Radio Cognitiva deben poseer la capacidad de examinar el fenómeno radioeléctrico en un rango más amplio de frecuencias con el objetivo de detectar esos canales sin utilizar llamados vacíos espectrales. Basándose en que la información adicional y la disponibilidad de canales que nos proporción el medio, algunos usuarios hacen uso de un canal que cumpla con los requisitos necesarios para efectuar su comunicación.

2.4 Condiciones para el uso del espectro.

En lo referente a Servicios Troncalizados, la principal ventaja es que comparten de forma automática ciertas vías de comunicación o números de canales con un mayor número de usuarios, esta característica permite que dichos servicios sean posible para este espectro, ya que por otro lado, son sistemas de comunicación que tienen una banda estrecha, pero en la implementación y mantenimiento tienen un alto costo, que en su mayoría soportan telefonía y datos a muy baja velocidad cuando se trabaja con un ancho de banda de 25 KHz; adicionalmente, la banda de frecuencia 806 – 869 MHz que actualmente está destinada para nuestro país se encuentra saturada. [20]

Estas consideraciones evidenciarían la necesidad de dar a conocer nuevas redes complementarias y alternativas que permitan la operatividad entre diversas marcas y modelos de equipos terminales, ampliar su cobertura y así contar con un rápido traslado en casos eventuales como por ejemplo cuando se presente una catástrofe de gran magnitud se tendrá que hacer uso de estas comunicaciones solo por el tiempo que va a transcurrir el incidente en un lugar determinado, una vez finalizado éstos podrán ser retirados y reutilizados; de tal manera que se optimiza para aprovechar de mejor manera los Sistemas Troncalizados.

2.5 Estudios relacionados de uso del espectro.

2.5.1 Tetra

Este estándar TETRA (Terrestrial Trunked Radio) comenzó a desarrollarse a inicios de los años noventa por la ETSI (European Telecommunications Standard Institute), un estándar que dio cabida a una nueva evolución tecnológica y a una gran capacidad de crecimiento. Esta tecnología intento solventar las nuevas necesidades que aparecieron con el uso de sistemas PMR (Private Mobile Radio) analógicos, como una mayor eficiencia en el uso del espectro, los

diferentes niveles en las llamadas, sean estas llamadas en grupo y llamadas de prioridad.

Estas características benefician a los usuarios en la existencia de múltiples proveedores, ya que genera una mayor competencia en el mercado y precios más ajustados. Las principales mejoras de este estándar fue la utilización de la modulación digital TDMA (Time Division Multiple Access), lo que multiplico cuatro veces el número de canales disponibles por portadora. Además la encriptación de las comunicaciones, hizo que la mayoría de proveedores fueran empresas encargadas de la seguridad para tener un alto grado de confiabilidad y confidencialidad en sus llamadas. [23]

El objetivo del estándar TETRA es la definición entre las interfaces de aire y otras interfaces entre TETRA y diferentes redes de comunicación como: ISDN, PSTN, entre otras. Ya que es un estándar abierto, esta representa una evolución en la tecnología digital, pudiendo obtener una alta eficiencia en el uso del espectro radioeléctrico con una relación en los actuales sistemas analógicos.

El uso de servicios ofrecidos hace que el sistema adopte algunas aplicaciones como por ejemplo:

- La información en el tráfico de los vehículos.
- Servicios de Fax.
- Localización de terminales remotas.
- La comunicación de voz simultáneas y de datos de manera segura.
- El uso y transferencias de ficheros y el acceso a bases de datos.
- La aplicación de sistemas de seguridad en las áreas públicas y privadas.

Este estándar también utiliza las últimas tecnologías de comprensión de voz que permiten comprimir toda la información manteniendo una claridad en el audio y reconocimiento de voz. Este sistema utiliza

técnicas de modulación que permite una alta tasa de bits en un canal con un mínimo ancho de banda.

TETRA brinda los servicios que pueden ser aproximados a tres niveles, como el servicio portador, tele-servicio y servicios suplementarios [24].

Adicional están otros estándares principales que proporcionan las condiciones y prestaciones más convenientes para la red a diseñar. Estos son: PCO 25 (norma americana) y MPT 1327 (norma europea) mostrados en la Tabla 3. Es importante evaluar los parámetros fuertes y débiles que presentan estas tecnologías pero enfocándose principalmente a las condiciones geográficas, climáticas, económicas y también jurídicas que poseen los lugares de nuestro país en los cuales se desea implementar el Sistema Troncalizado para poder escoger la mejor opción costo – beneficio que hay en el mercado.

	MPT 1327	TETRA	APCO 25
NORMA	Europea	Europea	Americana
Tipo de Acceso	FDMA	TDMA	FDMA
Potencia de Trabajo [W]	25-50-100	10-25	50-100
Velocidad de Datos [Kbps]	1.2 / 2.4 / 19.8	28.8 / 7.2	9.6
Precio	Bajo	Alto	Alto
Sensibilidad a pérdida de tramas	Baja	Alta	Baja
Tamaño de Radio Terminales	Medio	Pequeño	Grande

Tabla 3: Normas de distintos sistemas troncalizados [25]

En la Figura 2.8, se observa cómo se forma la red de nodos de conmutación MSC (Mobile Services Center), las cuales se enlazan unas a otras por medio de interfaces ISI. Estos nodos, comienzan a enlazarse

con las BTS (Base Transceiver Station), realizando una comunicación entre las MS (Mobile Station) mediante la interfaz de aire.

La conmutación de nodos también se enlaza con elementos funcionales como el centro de gestión de red NMC (Network Management Center). Por ende, las MSC se pueden conectar todo tipo de terminales y centrales privadas PABX (Private Automatic Branch Exchange).

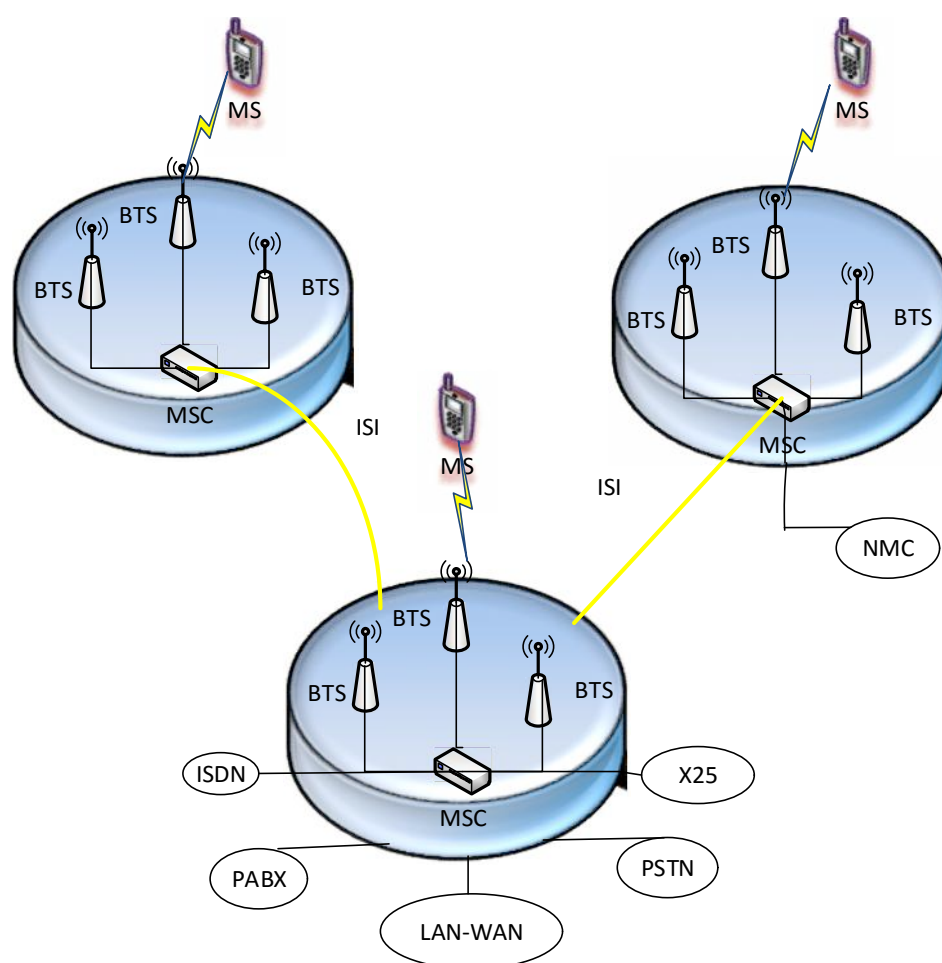


Figura 2.8: Principios de una red TETRA

CAPÍTULO 3

3. ESCENARIO Y METODOLOGÍA.

En este capítulo se detallaran todos los procesos de medición, modelado e implementación del mecanismo de la asignación del canal a ser descrito en el Capítulo 2. Además de incluir algunas expresiones matemáticas para la realización de cálculos.

3.1 Descripción del escenario.

Se tomarán mediciones en un edificio de gran altura del Casco Comercial, ubicado en la zona norte de la ciudad de Guayaquil, donde hay una alta concentración de oficinas como se muestra en la Figura 3.1.



Figura 3.1: Región urbana con alta manifestación de edificios

El edificio a trabajar es WORLD TRADE CENTER, el cual está compuesto de una edificación de quince plantas por encima del nivel del suelo y 2 más

subterráneas. La edificación está dividida en dos edificios próximos entre sí. Los niveles subterráneos albergan un parking, el cual tiene un número de obstáculos bajos, tales como paredes o mobiliario. Las dependencias de las plantas superiores están construidas en gran parte por materiales del tipo “pladur”, lo que beneficia a la propagación de la señal al introducir pocas pérdidas. La estructura exterior posee paredes de cemento y vidrio, esto beneficia la penetración de las señales espectrales externas en el interior del edificio como se muestra en la Figura 3.2.



Figura 3.2: Vista satelital del WTC

Para este estudio los equipos se encuentran ubicados en cada piso donde se van a realizar las mediciones generalmente dentro de una oficina, ya que no existe línea de vista del transmisor y las condiciones del medio pueden cambiar drásticamente en periodos cortos de tiempo y de distancia.

La principal característica de la propagación en coberturas de interiores es el desvanecimiento de las señales, puesto que en estos lugares las ondas se propagan en un ambiente reducido debido a la presencia de paredes, muros, equipos de oficina, etc. [26]

Cuando una señal es reflejada o transmitida, su longitud de onda de la señal en la que viaja es más pequeña en referencia a los objetos en los que se impactan.

Dicha señal se atenúa tanto en la reflexión como en la transmisión, por factores que dependen de la frecuencia, también puede influir el ángulo de incidencia y la naturales de los objetos en que la señal impacta. [27]

Estos mecanismos predominan cuando la propagación de señales de radio son realizados en ambientes interiores. [27]

Mientras tanto, la dispersión ocurre cuando las señales chocan con paredes de superficies ásperas u otro material como vidrio o yeso, también ocurren en vehículos y vegetación espesa.

Cuando la señal incide en los filos de edificios y otros objetos de gran tamaño estos son considerados como energizadores, porque actúan de una u otra manera como una fuente de envío de señal. [28]

3.2 Sistema de medición.

Se estimará un promedio de 50.000 a 60.000 muestras de potencia sobre la banda 800MHz. Estas muestras serán tomadas con equipos de recepción de señales del USRP mediante el programa LABVIEW quien guardará toda la información capturada de las muestras tomadas por 24 horas en cada piso durante 5 días. Por tal motivo, se debe tener cuidado con los equipos de que no se queden colgados para tener un muestreo correcto.

Luego de obtener las mediciones, se comprobará si la utilidad de esa frecuencia en la banda que está trabajando es la apropiada. Para que esto se haga posible contaremos con una PC (computadora de escritorio) y el equipo de medición USRP, como lo muestra Figura 3.3.

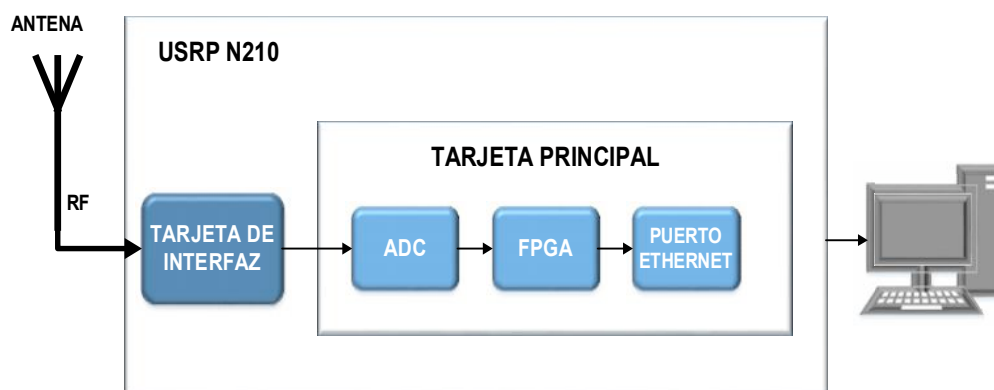


Figura 3.3: Sistema de captación de señal espectral a medir

Los datos obtenidos en estas mediciones, se los ordenará de tal forma donde todos los canales estén agrupados en columnas, para ello utilizaremos una hoja de cálculo en Excel para una mejor comprensión, así podemos darnos cuenta cuantos canales usaremos y cuantos datos han sido contabilizados según el nivel de potencia en que trabaja la banda de 800 MHz.

Después de haber recopilado toda la información necesaria, se procederá a determinar la disponibilidad de los canales dando a conocer que variaciones se producen durante el estudio. Luego con estos análisis se procederá a buscar un modelo probabilístico el cual cumpla con parámetros necesarios para que se acoplen a nuestro modelo a elegir, para ello solo es necesario obtener a través del método más apropiado dichos parámetros. Para realizar el modelamiento final se comprobará si los datos obtenidos fueron realizados de manera empírica a través de las medidas de los canales de Radio Trunking de la banda 800 MHz.

Utilizaremos herramientas disponibles en software que nos permitirán obtener un análisis de algunos modelos y con ayuda de diagramas, gráficos estadísticos y expresiones matemáticas poder tener una idea de cómo representar de una manera formal las características de un enlace de radio dentro de un ambiente específico.

Una vez descrito el método de modelado, este se valida en los diferentes escenarios descritos en el edificio y se lo simula usando un software de MATLAB. Para probar si nuestro modelos estadístico escogido fue el correcto.

3.3 Proceso de medición.

Este proceso, consiste en la recopilación de todos los datos y análisis de potencia en la banda de 800 MHz, de cada uno de los pisos. Esto permitirá obtener así un modelo estadístico que represente a nuestras mediciones, para ello utilizaremos herramientas disponibles en software que nos facilitarán adquirir un resultado más preciso, mediante diagramas, gráficos estadísticos y expresiones matemáticas. Por ende, podemos tener una idea de cómo representar de una manera formal las características que permitirán determinar la disponibilidad de los canales, en base a los resultados obtenidos por la banda en el sitio de medición.

Una vez descrito el método de modelado, este se valida en los diferentes escenarios descritos en el edificio y se lo simula usando un software de MATLAB. Para probar si nuestro modelos estadístico escogido fue el correcto.

Como se mencionó en el subcapítulo anterior, nuestro sistema cuenta con tres procesos de los cuales hará posible la correcta manipulación de datos referente a nuestras potencias asignadas en la banda a trabajar, los cual se mencionan a continuación. Ver Figura 3.4



Figura 3.4: Proceso de medición

En el proceso de recepción de datos, utilizamos los equipos apropiados como son el USRP y la antena SIRIO, además de un cable de baja pérdida, el cual nos permite la captación de señales en una banda específica, el siguiente proceso es el método de captura de información. De acuerdo con las características de nuestro equipo, este puede trabajar con múltiples bandas de frecuencias, además posee una tarjeta que nos permite medir un rango de frecuencia entre (50 – 2200) MHz y un ancho de banda de 40 MHz máximo, y por último tenemos el sistema de control, dado que nuestro equipo solo funciona con programación, hemos implementado un programa de LABVIEW, el cual nos permite el correcto censado de los datos y los cuales son almacenados en una hoja de cálculo en EXCEL con un determinado número de muestra elegido por el usuario.

3.4 Propiedades en transmisión de una señal.

Existen muchos factores que influyen en la transmisión de una señal inalámbrica a larga distancia como se aprecia en la Figura 3.5, considerando los más importantes y necesarios para nuestro estudio tales como:

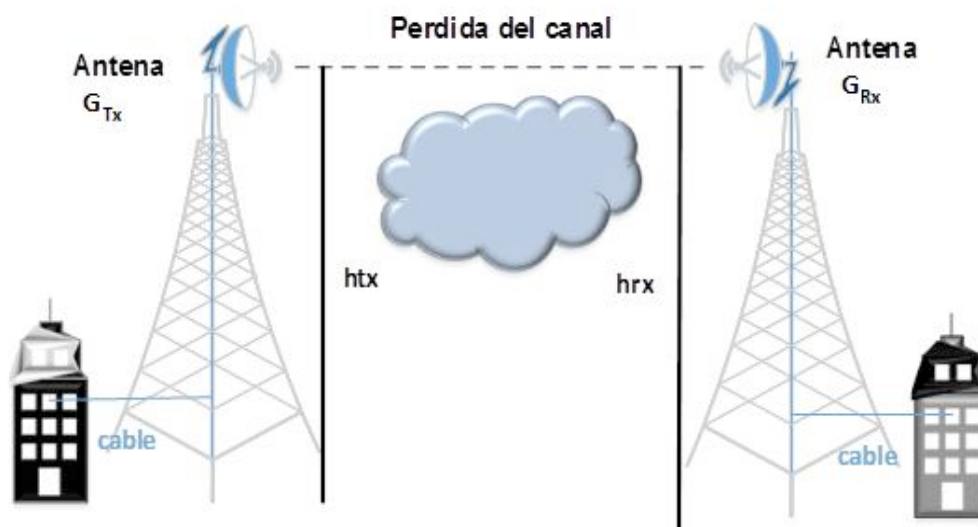


Figura 3.5: Ambiente de transmisión de una señal

PÉRDIDAS DE POTENCIA (L): Estas pérdidas ocurren cuando hay radiación, también cuando hay calentamiento o por acoplamiento de las líneas, todo esto depende de la frecuencia de operación, la corriente y la resistencia del cable; por lo tanto si queremos tener un baja perdida debemos de aumentar la sección del conductor y además disminuimos el calor. [29]

GANANCIA DE UNA ANTENA (G): Actúa como una interface de ondas guiadas a una o distintas direcciones propagándose así como una onda electromagnética; las ganancias de una antena ya sea como receptora o transmisora viene dado por la relación entre la densidad de potencia que irradia en una determinada dirección y la densidad de potencia que irradia en un mismo punto una antena de referencia. [30]

SENSIBILIDAD DEL RECEPTOR: esta propiedad representa el menor nivel en que puede trabajar una señal de radio en una determinada frecuencia recibida. Sus unidades vienen dado en [-dBm], por lo tanto existe un mínimo nivel de señal llamado BIT RATE, que no es otra cosa que una menor velocidad de comunicación. [31]

UMBRAL MÍNIMO DE RECEPCIÓN $[\lambda]$: El umbral de un determinado dispositivo viene dado en función de las especificaciones técnicas del fabricante que indican el nivel de sensibilidad de recepción.

Esta expresión muestra los parámetros antes mencionados para los cálculos de la potencia

$$P_{R_{ant}} = P_R + G_R - G_{ant} - L_{Cab} - L_{Con} \quad (3.1)$$

Dónde:

$P_{R_{ant}}$ = potencia entregada por el transmisor.

P_R = potencia entregada por el receptor.

G_R = ganancia de la antena de recepción USRP.

G_{ant} = ganancia de la antena de transmisión.

L_{Cab} = pérdida en la línea de transmisión o cable.

L_{Con} = pérdida en los conectores.

El equipo de medición USRP nos ayuda con un amplificador integrado el cual compensa los efectos de pérdidas ya sean de los cables como el de los conectores, llegando a que

$$P_R \cong P_{R_{ant}} \quad (3.2)$$

3.5 Disponibilidad del espectro.

Como describimos anteriormente, nuestra banda de 800 MHz opera para servicios de seguridad pública, frecuencias que se muestran en Tabla 4.

BANDA	RANGO	
	Frecuencia Tx	Frecuencia Rx
800MHz	806 - 824 MHz	851- 869 MHz

Tabla 4: Banda 800 MHz [14]

Dichas bandas presentan diferentes comportamientos en el momento de su transmisión, ya sean cuando transmiten en bajas frecuencias Rx o cuando transmiten en altas frecuencias Tx; en baja frecuencia, el receptor posee un rango de cobertura mejor pero su ancho de banda es limitado, por lo tanto tiene una menor tasa de datos, mientras tanto el transmisor, para altas frecuencias su rango de cobertura disminuye ya que están expuestas a pérdidas e interferencias causadas durante todo el recorrido hasta llegar al receptor.

Para la banda de 800 se han establecido 70 canales pero 26 canales están en uso de operación, dado que los demás no están disponibles debido a las políticas reguladoras de ARCOTEL para Sistemas Troncalizados en la asignación de frecuencias. Ver anexos.

Para los Canales adyacentes antes descritos, presentan superposición, causando interferencia en los dispositivos, para ello se logró minimizar las condiciones de interferencia, dando una separación de 25 KHz para su operación simultánea en cada canal.

Sin embargo, cuando vemos nuestro escenario de forma lateral, observamos que pueden existir usuarios secundarios situados en diferentes pisos del edificio. Ver Figura 3.6.

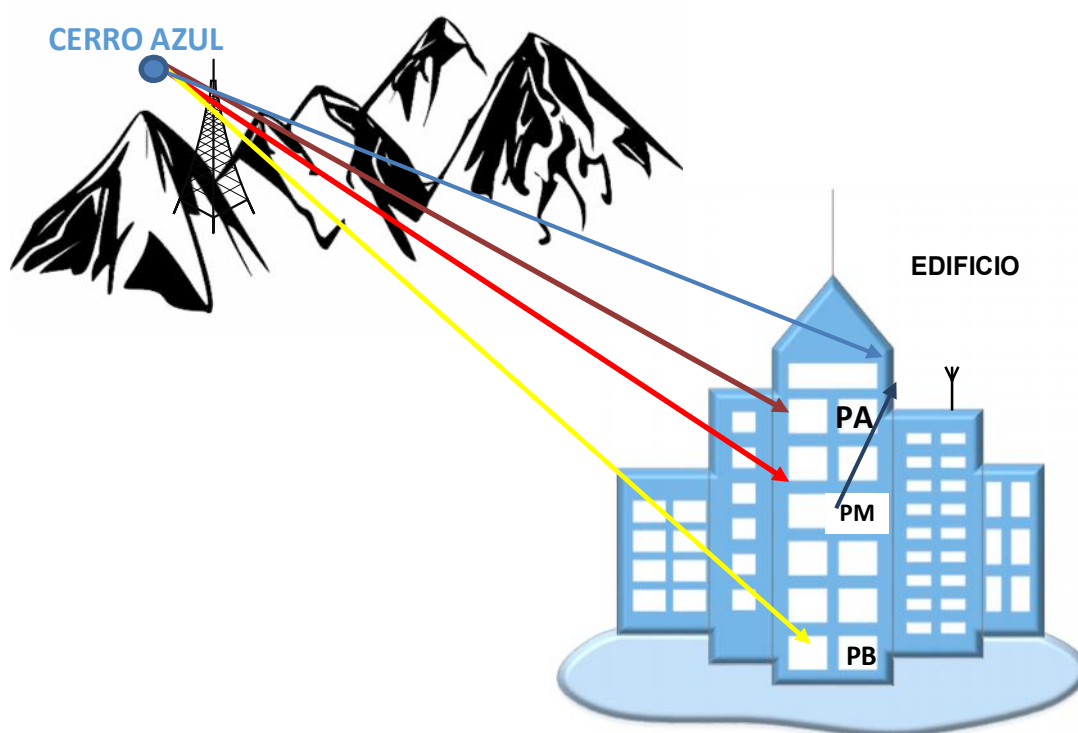


Figura 3.6: Vista lateral del escenario

En el momento que se haya terminado de recopilar todos los datos recibidos por los equipos, procederemos a determinar el nivel de disponibilidad de cada uno de los pisos, luego por medio de un pequeño código en MATLAB determinar cuántos canales están disponibles y cuántos de estos canales no están en uso, basándonos en condiciones de 1 (unos) y de 0 (ceros) según el caso de interferencia. Ver la ecuación (3.3)

Para saber si un canal está o no disponible, es necesario medir la potencia de la señal recibida desde la estación base a la del usuario, así como la interferencia que se genera cuando la transmisión se produce entre distintos usuarios.

$$\Omega_n = \begin{cases} 0 & ; P > \lambda \\ 1 & ; P \leq \lambda \end{cases} \quad (3.3)$$

Conociendo cada uno de los parámetros antes mencionados, estos son comparados con un nivel de umbral establecido λ , de esta manera podemos determinar el estado del canal, estos datos nos facilitaran con las mediciones receptadas por el USRP-LABVIEW.

3.5.1 Modelamiento del sistema

En esta parte del capítulo se presentan las diferentes características a cerca del modelado del escenario para la correcta implementación de parámetros utilizados en la asignación de canales propuesto en el Capítulo 2.

Este sistema realizara un barrido de frecuencias en 26 canales de la banda de interés: 806 - 824 MHz y 826 - 869 MHz. Transmisor y receptor

que se encuentran en un ambiente sincronizado dentro de un escenario común.

3.5.2 Modelos de simulación de canales

Las pérdidas de potencia que sufren las señales recibidas cuando estas son atravesadas por canales móviles en frecuencia se pueden modelar casi en todos los casos como procesos estocásticos.

Para el modelamiento de canales, su principal característica es el entorno donde ocurren las mediciones, para eso influyen causas como la cantidad y los tipos de señales existentes en todo el edificio, tales como las señales de radio, señales de Tv, señales inalámbricas, etc. Además hay que tener en cuenta la frecuencia con la que se va a trabajar y el número de canales de comunicación con la que cuenta el Servicio Troncalizado, la distancia que hay entre el transmisor y el receptor. [32]

El objetivo de este estudio es encontrar un modelo de propagación apropiado que se asemejen en nuestra implementación y limitaciones para poder obtener resultados que estén acorde a nuestras mediciones.

3.5.3 Algoritmo de medición

Antes de la recepción de datos, se configuro el equipo con la creación de un algoritmo que abarca los diferentes parámetros para una buena captura de información y así monitorear correctamente los datos recibidos por la antena y el equipo USRP N210.

Tanto las frecuencias ya sean estas iniciales y finales, como el tiempo, la dirección IP del equipo, la velocidad de muestreo, son parámetros importantes para la realización de este algoritmo, ya que el programa en LABVIEW requiere de estas variables para su correcto funcionamiento, por lo que este sistema va monitoreando automáticamente hasta obtener las muestras necesarias.

A través de un diagrama de flujo, el cual nos va explicando paso a paso el sistema por medio del cual se fueron capturando los datos y así dar a conocer nuestro algoritmo de medición. Una vez definidos los parámetros procedemos a dar inicio al programa.

Además, tenemos que hacer uso de contadores al que llamaremos CONT; ya sea de canales y otro como para reiniciar el proceso una vez que termine el ciclo de medición o hasta que el número de canales sea igual al escogido, en este caso 26 canales cuya variable es CANAL.

Una vez capturados los datos, éstos se procederán a ser guardados en diferentes hojas de cálculo en Excel con diferentes valores de potencia representados con el nombre CANAL, hasta que el contador llegue a su valor máximo (27 canales) ya que solo guardaría hasta el canal 26 el cual será nuestro último canal escogido, y siga su repetición nuevamente con otro canal.

Una vez terminado el ciclo de repetición, este programa esperará hasta que el usuario presione STOP y dar por terminado este proceso, caso contrario seguirá generándose un lazo infinito.

El siguiente diagrama de flujo muestra claramente el proceso de medición el cual se utilizó para la correcta captura de potencias. Ver Figura 3.7

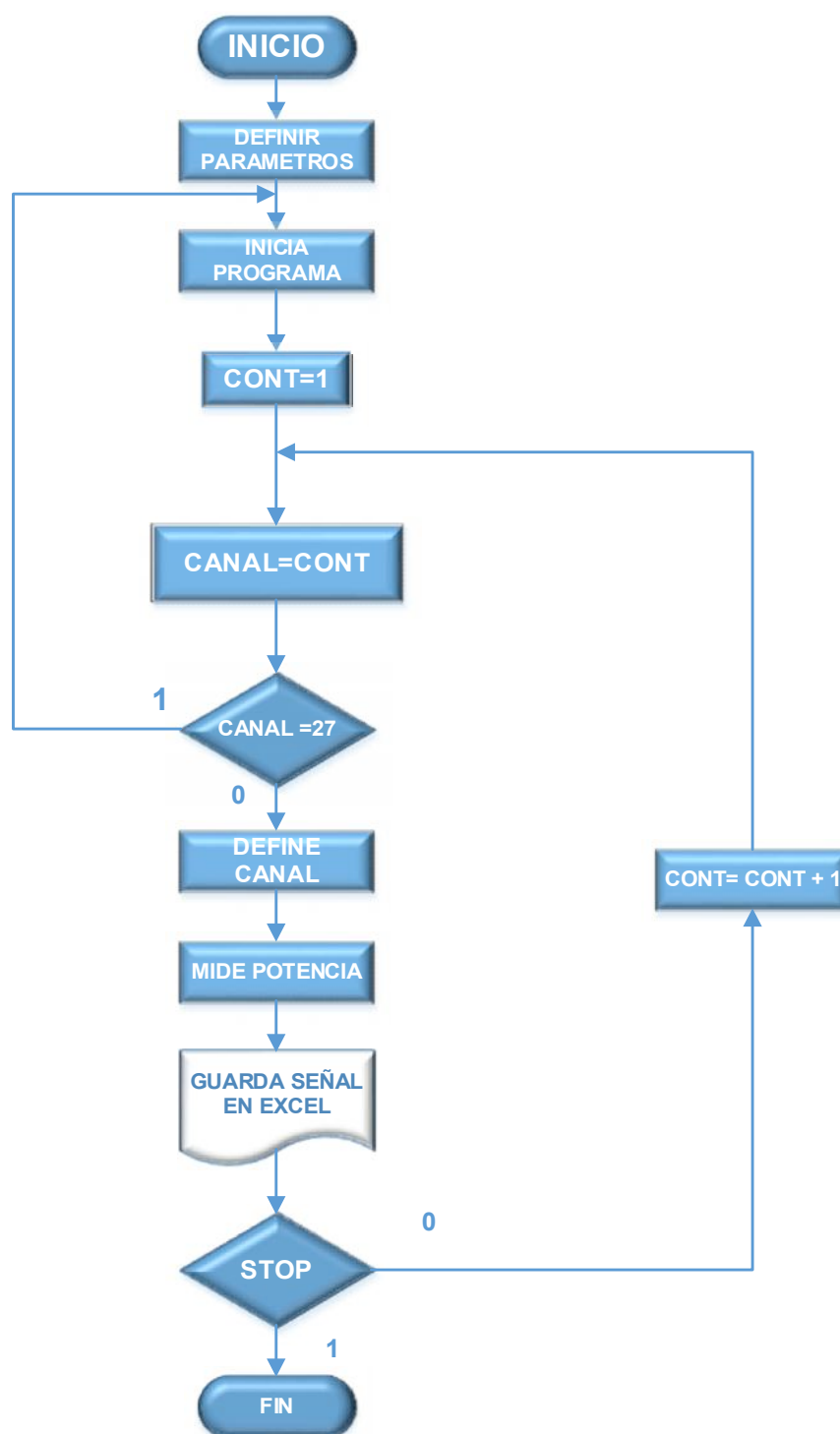


Figura 3.7: Diagrama de flujo de algoritmo utilizado de medición

3.5.4 Modelamiento estocásticos de datos

Para este modelamiento se realizaron múltiples mediciones (P_n), los que llamaremos como el resultado de las señales enviadas por la estación base (eb), también intervienen otro factor como es el ruido (noise) y la interferencia del medio (I), ya que todas presentan condiciones de no ser dependientes entre sí.

$$P(P_1, P_2, P_3, \dots, P_n) = X + \text{noise} + I \quad (3.4)$$

Además, hay que tener en cuenta que para determinar el estado de un canal se realizara lo siguiente:

$$\emptyset_n = \begin{cases} 1 & ; P \leq \lambda \\ 0 & ; P \geq \lambda \end{cases} \quad (3.5)$$

Donde, \emptyset_n es la variable que nos va a representar si un canal está o no ocupado, respecto a un nivel de umbral al que nosotros llamaremos λ (-106dBm), el cual fue obtenido de un promedio de equipos que trabajan con Sistemas Troncalizados (Ver Figura A.12, A13 y A14), en un instante de tiempo que viene dado en días n.

Por lo tanto, si nuestros datos caen en este intervalo $P \leq \lambda$; $\emptyset_n = 1$ entonces nuestro canal está disponible, caso contrario si $P \geq \lambda$; $\emptyset_n = 0$ nuestro canal está ocupado y se realizara el análisis correspondiente para ambos casos.

El programa mencionado, para la realización del algoritmo de medición. Se basó, en el análisis de modelamiento y se emplearon diversos

parámetros como: el ancho de banda, número de canales, ganancia de la antena y las frecuencias disponibles en nuestra banda de 800 MHz entre otras; la cual muestra una correcta recopilación de datos tanto del USRP, además de la grabación en hojas de cálculo en Excel, dándonos un total de 26 hojas por cada piso que después se las ordenó en una sola hoja de EXCEL para su correcto y ordenado análisis, representada en una matriz.

Dicha matriz servirá para la realización de gráficos que más adelante se hará un estudio más profundo de cómo se comporta la señal en cada piso.

Dando uso del programa MATLAB, se logró realizar varias matrices que nos ayudarán a la realización de distintos gráficos, entre las principales características tenemos que tener en cuenta el modelo estadístico a utilizar y definir un modelo que se asemejen a nuestro estudio, un modelo basado en una distribución estadística conocida.

Estos modelos requieren un amplio número de parámetros y los principales como la media μ y la varianza σ^2 .

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS.

Este capítulo presenta una explicación clara del lugar donde se realiza la toma de medición, tal como los equipos utilizados, la conexión entre ellos y qué valores fueron empleados para su configuración.

Para finalizar con la obtención de todos los datos de medición realizados, se procedió a efectuar un análisis minucioso en los canales, con el fin de comprobar la distribución de uso.

4.1 Ubicación geográfica y toma de medición.

En base a lo mencionado en el Capítulo 3, el sitio aprobado para realizar la toma de mediciones se da en un edificio de gran altura del casco comercial, donde hay una alta concentración de oficinas de carácter empresarial y poblacional. El edificio elegido es World Trade Center “WTC” ubicado en la zona norte de la ciudad de Guayaquil, el cual posee una altura aproximada de 16 pisos permitiéndonos realizar nuestras mediciones de manera apropiada.

El desarrollo se realizó con la toma de mediciones en tres sectores del edificio que se menciona a continuación:

- PLANTA BAJA (1er Piso)
- PLANTA MEDIA (9no Piso)
- PLANTA ALTA (16vo Piso)

Ante todo, es importante indicar que la toma de mediciones a realizar por cada piso se lo hizo por un periodo de 5 días seguidos durante 24 horas.

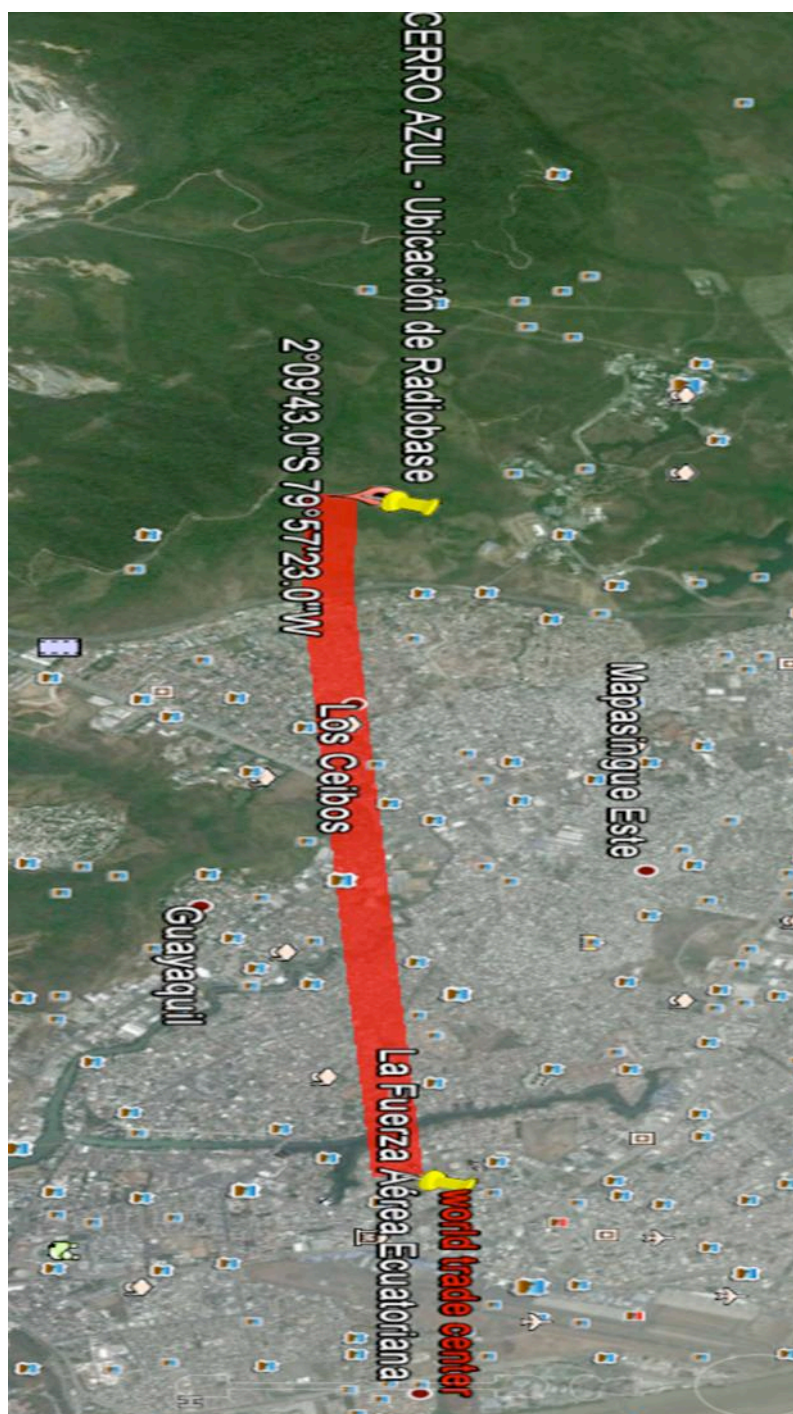


Figura 4.1: Vista satelital de coordenadas de WTC a Cerro Azul

La Figura 4.1, muestra de forma Satelital a través de GOOGLE EARTH, la ubicación del edificio WTC, la cual está en las coordenadas (02° 9' 47.83" S Latitud y 79° 53' 52.44" O Longitud) con relación a una distancia de 6.52 Kilómetros de ubicación de la estación base CERRO AZUL, la cual está en las coordenadas (02° 09' 43" S Latitud y 79° 57' 23" W Longitud).



Figura 4.2: Vista compartida del sistema troncalizado del Ecuador, en Cerro Azul

La Figura 4.2, muestra una distribución de antenas en Cerro Azul. Estas son utilizadas para diferentes medios de comunicación. Entre las cuales se puede apreciar una vista de la caseta compartida entre las empresas Brunacci Cía. Ltda., Comovec S.A., y Monttcashire S.A., del Grupo Radio Trunking del Ecuador, donde se encuentran instalados repetidores Troncalizados que anteriormente fueron utilizados para el Sistema Troncalizado de Brunacci Cía. Ltda.

4.2 Valores de configuración de equipos.

El fin del proyecto se basa en realizar un análisis del modelamiento del espectro en la banda 800 MHz y poder ver cómo está siendo usado dentro del país, lo cual fue aclarado en el Capítulo 2, mencionando los rangos de las bandas asignadas desde 806 - 824 MHz de transmisión y 826 – 869 MHz de recepción para los Sistemas Troncalizados.

Descripción de datos	Valores
Ancho de Banda 800MHz, BW	806 - 824MHz Tx , 826 - 869MHz Rx
Ancho de banda del canal, Δf	25 KHz
Frecuencia inicial, f_i	806 MHz
Frecuencia Final, f_f	869 MHz
Canal Inicial, Ch_i	13
Canal Final, Ch_f	38
Número de canales, N	26
Numero de muestras (Disponibilidad), N_m	25
Tiempo de muestreo por canal, T_m	8,95 s
Tiempo de captura por canal, T_{cap}	0.229 s
Potencia umbral, λ	-106 dBm

Tabla 5: Valores de configuración del equipo

La Tabla 5, muestra los valores asignados para configurar nuestro equipo USRP. Indicando entre que rangos de frecuencias se tomaran las muestras de cada canal (N_m) para calcular su disponibilidad.

Por otro lado se calculan tiempos de captura tanto para cada canal (T_m) como para banda (T_{cap}) los cuales permiten obtener la granularidad cambiante de su disponibilidad.

4.3 Análisis de los datos.

Se demuestra de manera general los valores obtenidos de potencia en la planta baja (P1), planta media (P9) y planta alta (P16). Así como también se procederá con su disponibilidad.

Viendo las gráficas de las Figuras 4.3, 4.4 y 4.5 se observa los niveles de potencia obtenidos donde se comprueba variaciones, los cuales son simbolizados por medio de una gama de colores. Estos se representan de la siguiente manera, los de mayor nivel de potencia son de color rojo mientras que los de menor nivel de potencia son de color azul.

En los casos de la planta baja (P1) y planta media (P9) se comprueba en casi todos los canales la predominancia del color azul, confirmándonos que existe una alta tasa de disponibilidad en esa zona mientras que en la planta alta se verifica alta variedad de colores indicando que existe muy poca disponibilidad de canales en diferentes momentos del día.

En las Figuras 4.3 y 4.4, se puede observar de los datos obtenidos en los 5 días de medición, algunos canales como el 5, 14, 20 y 26 demuestran niveles muy bajos $Pr \leq -109dBm$, en el cual no hay mucha diferencia entre ellos, lo que permite su disponibilidad. Pero en canales como el 1 y 8 demuestran niveles elevados ($Pr \cong -80dBm$ a $-87dBm$), indicando que su disponibilidad es pequeña. Se aprecia también de la Figura 4.4 ciertos canales como el 10, 11, 18 y 21 demuestran estar siempre disponibles sus 5 días con respecto a la Figura 4.5 donde se estima una pequeña intermitencia de su no disponibilidad en ciertos días. Todo esto al ser comparado con nuestro umbral ($\lambda =$

-106 dBn) verificamos que la mayor parte de canales se encuentran disponibles en estos dos pisos.

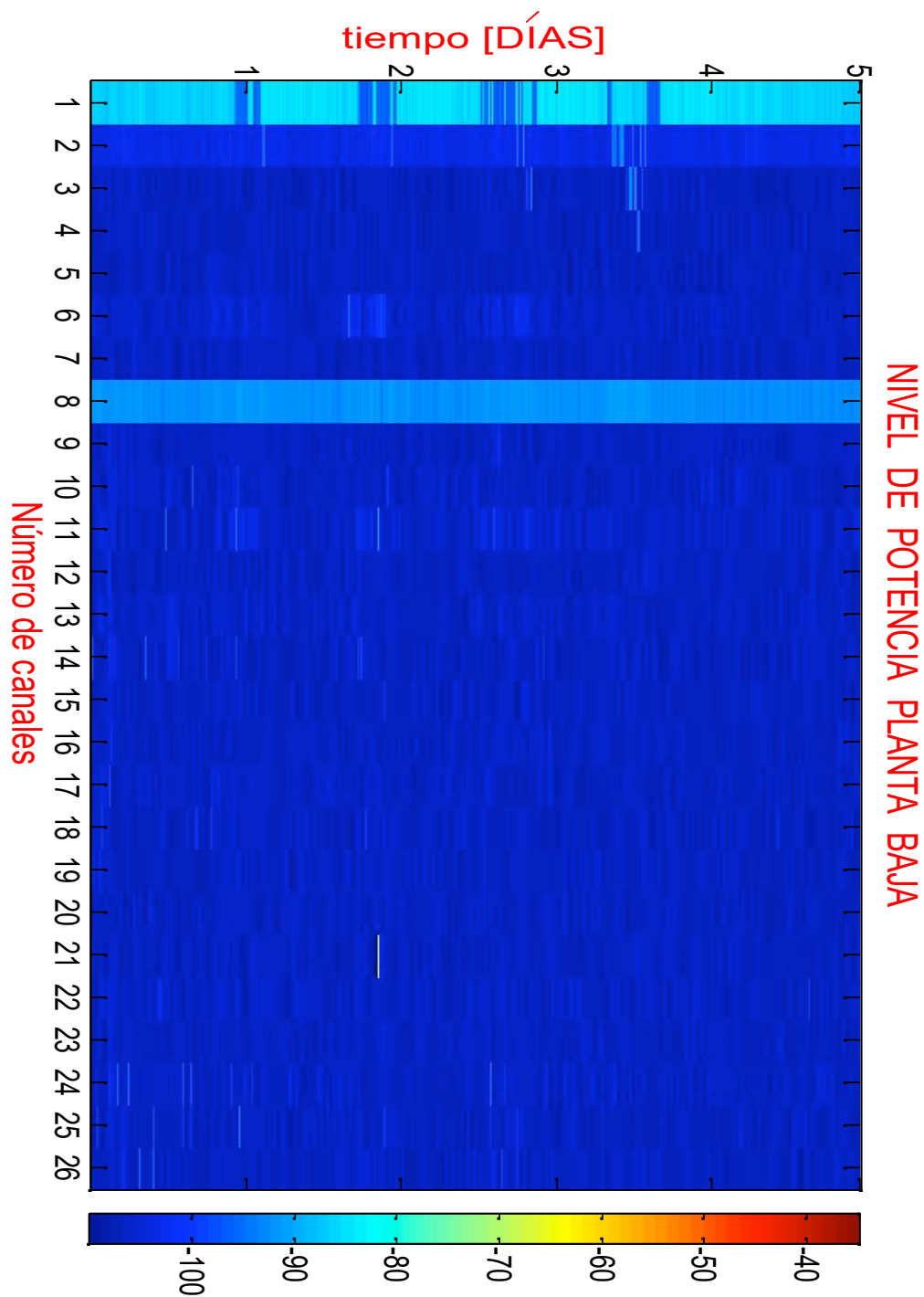


Figura 4.3: Niveles de potencia en la banda 800 MHz (Planta Baja)

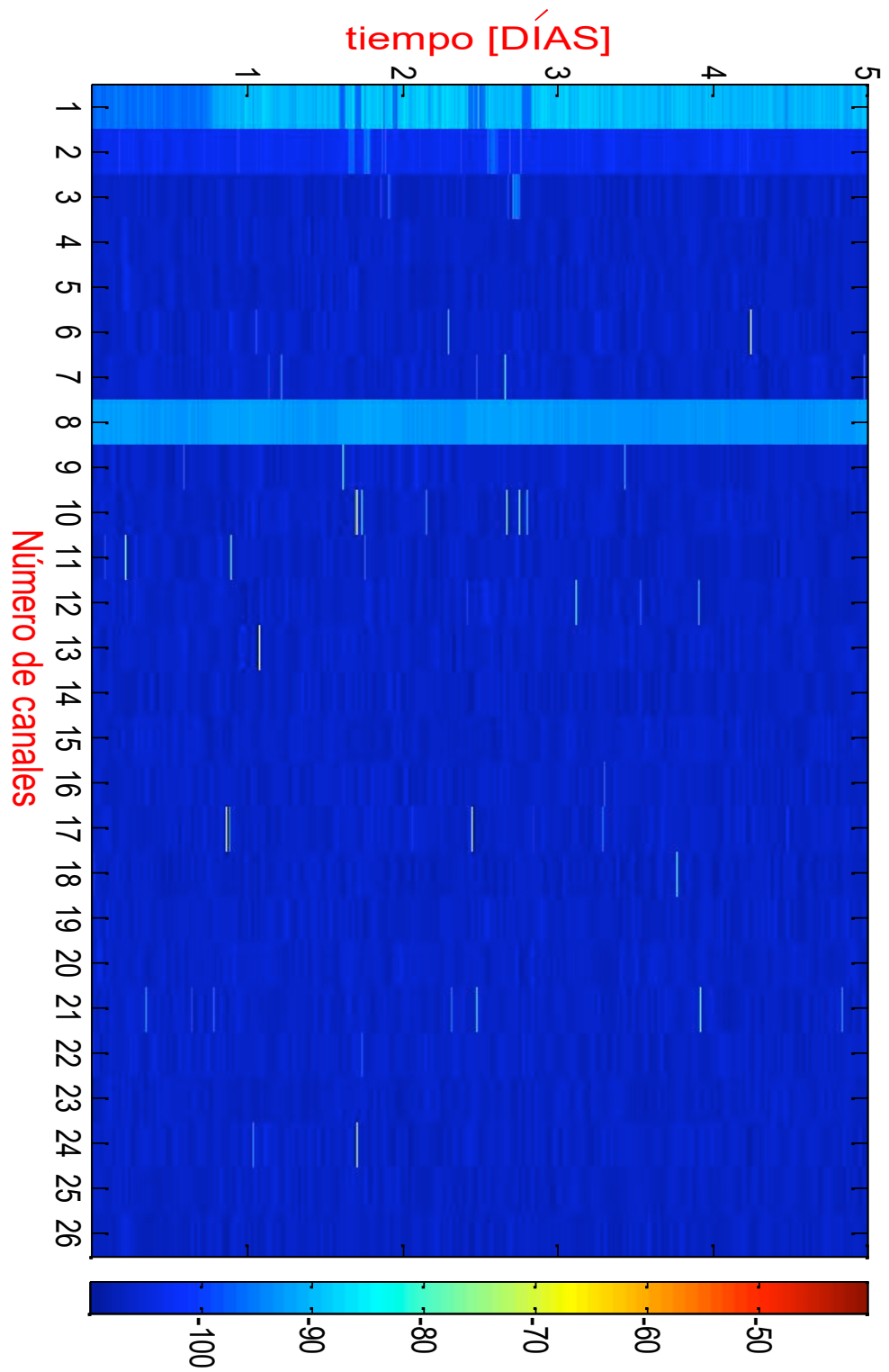


Figura 4.4: Niveles de potencia en la banda 800 MHz (Piso 9)

En la Figura 4.5, se procedió a realizar el mismo análisis que hicimos en la planta baja y planta media, comprobando que las mediciones fueron diferentes. Los canales 3, 4, 5, 16 y 24 demuestran niveles muy bajos $Pr \leq -110dBm$, en el cual no hay mucha diferencia, pudiendo deducir que son canales con mayor disponibilidad. Esto se debe a su bajo nivel de potencia, mientras hay canales como el 6, 11 y 21 que muestran niveles elevados ($-50dBm \leq Pr \leq -70dBm$), mostrando que el resto de tiempo estos canales pasan ocupados (no disponibles para su uso). Los cuales son representados en la gráfica por los colores rojo, naranja, amarillo dependiendo del nivel de señal de cada canal. A su vez existen canales como el 1, 8 y 25 presentados por una tonalidad celeste muy cercana a la azul, esto nos indica que existirá ciertos momentos en el cual los canales se encuentren disponibles y otros no.

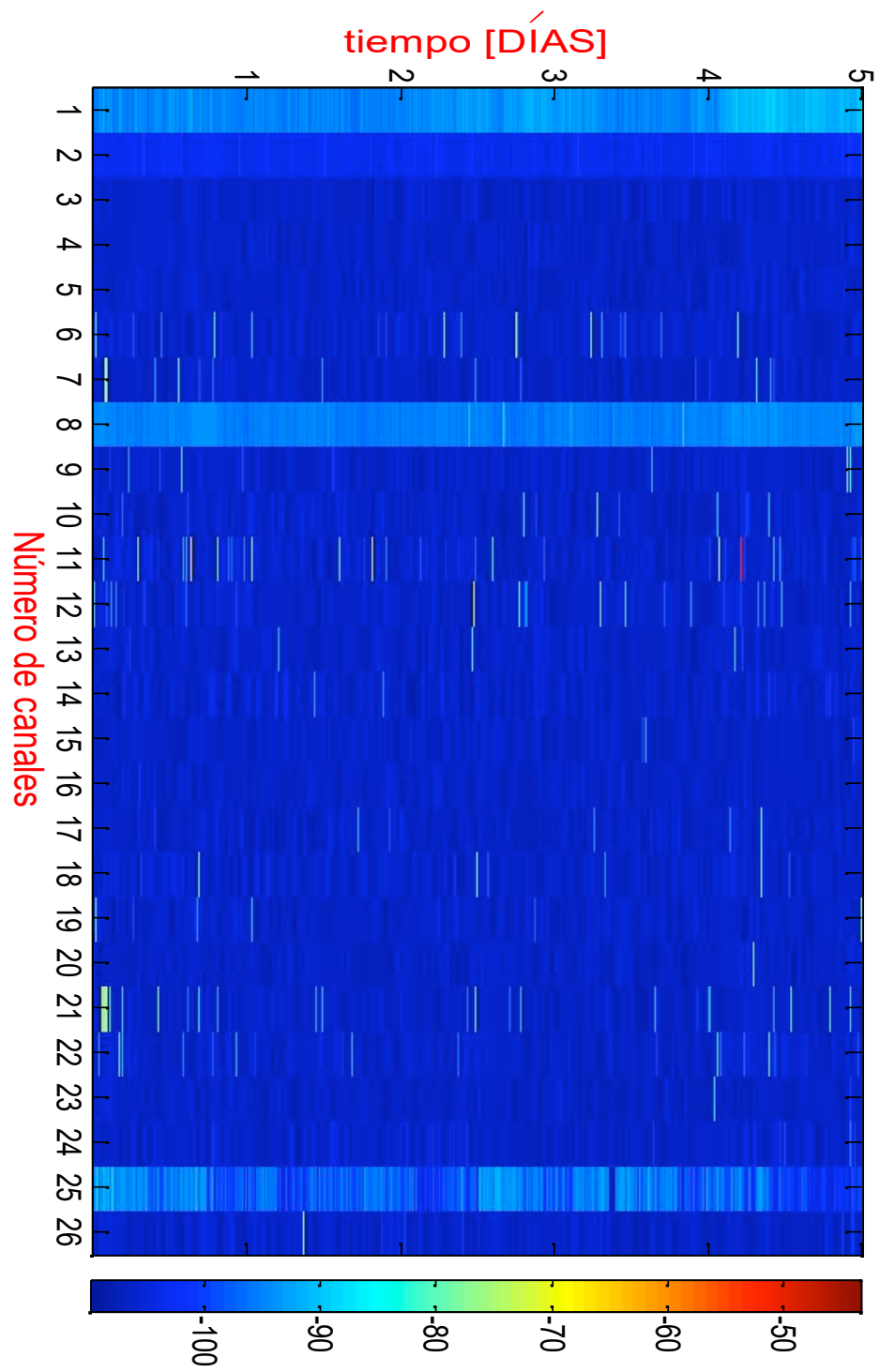


Figura 4.5: Niveles de potencia en la banda 800 MHz (Piso 16)

A continuación, se muestra la disponibilidad de canales en las Figuras 4.6, 4.7 y 4.8 donde se analizara cada uno correspondiente al piso estudiado.

En la Figura 4.6, se aprecia una coloración azul perenne en canales como el 1, 2 y 8 lo cual nos indica que su disponibilidad es nula, siendo su nivel de potencia muy elevado. Sin embargo, hay canales como el 4, 5, 15 y 23 donde muestran una intermitencia en su disponibilidad por determinado espacio de tiempo, aun así revelan estar casi siempre disponibles. Pero, existen canales como el 6 y 11 que muestran una disponibilidad mínima por ciertos momentos de tiempo, reflejados por una coloración azulada.

Debido al análisis realizado en la planta baja, se puede mencionar de la Figura 4.7, que es prácticamente lo mismo a excepción de los canales 6 y 11 los cuales muestran cierto nivel de intermitencia en su disponibilidad. El canal 6 presenta disponibilidad mínima en distintos momentos de tiempo mientras el canal 11 presenta mayor disponibilidad.

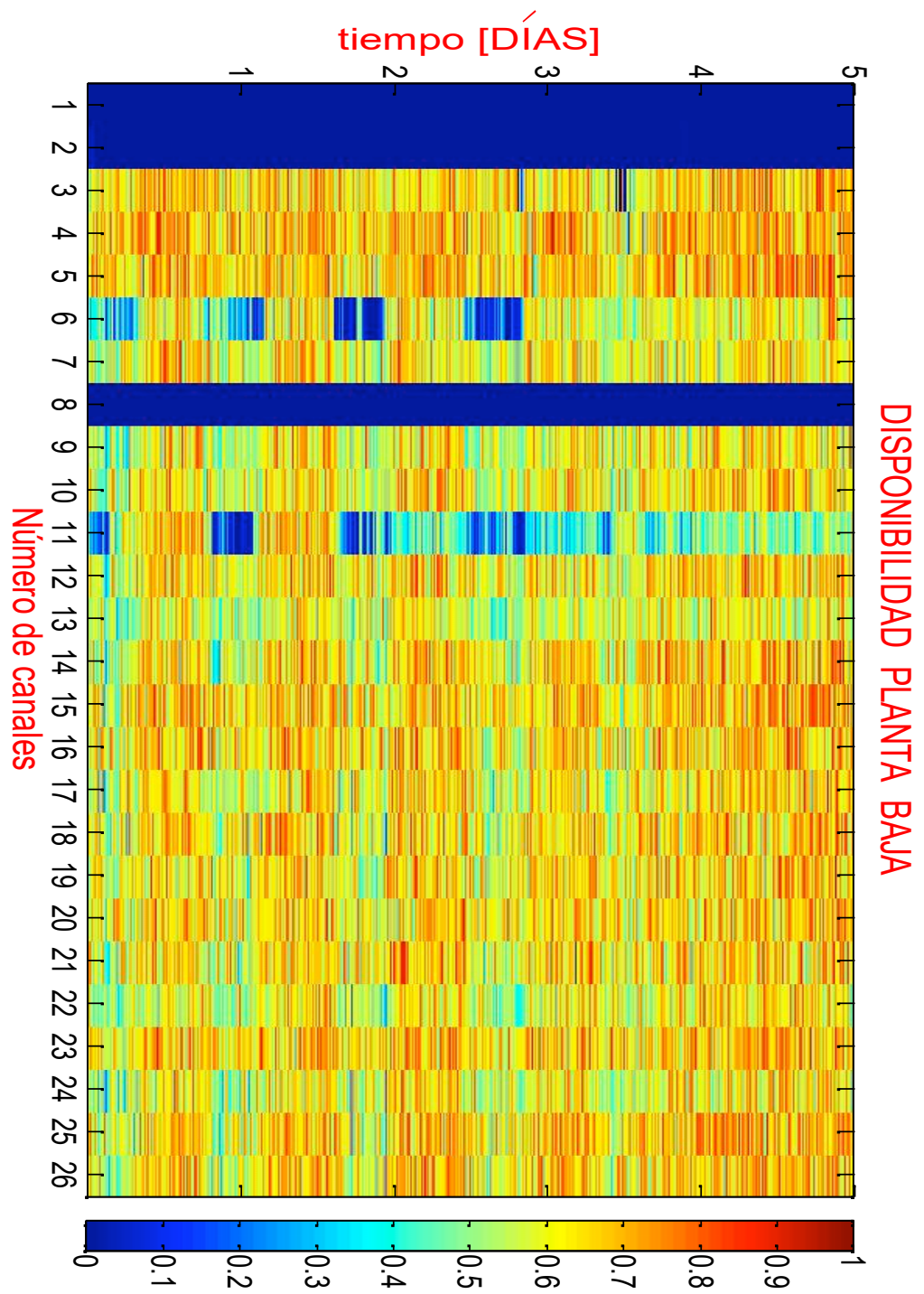


Figura 4.6: Disponibilidad de canales en la banda 800 MHz (Planta Baja)

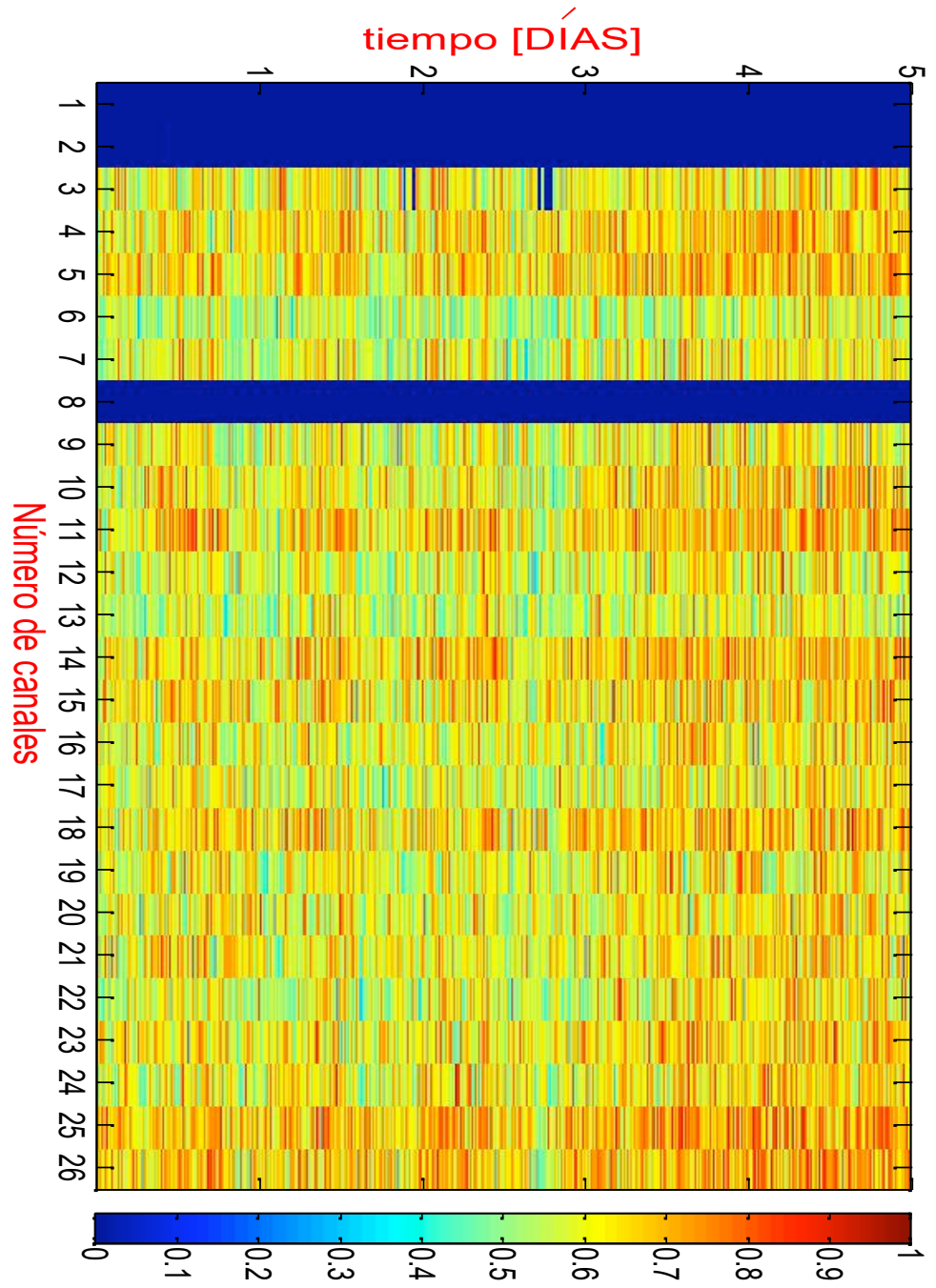


Figura 4.7: Disponibilidad de canales en la banda 800 MHz (Planta Media)

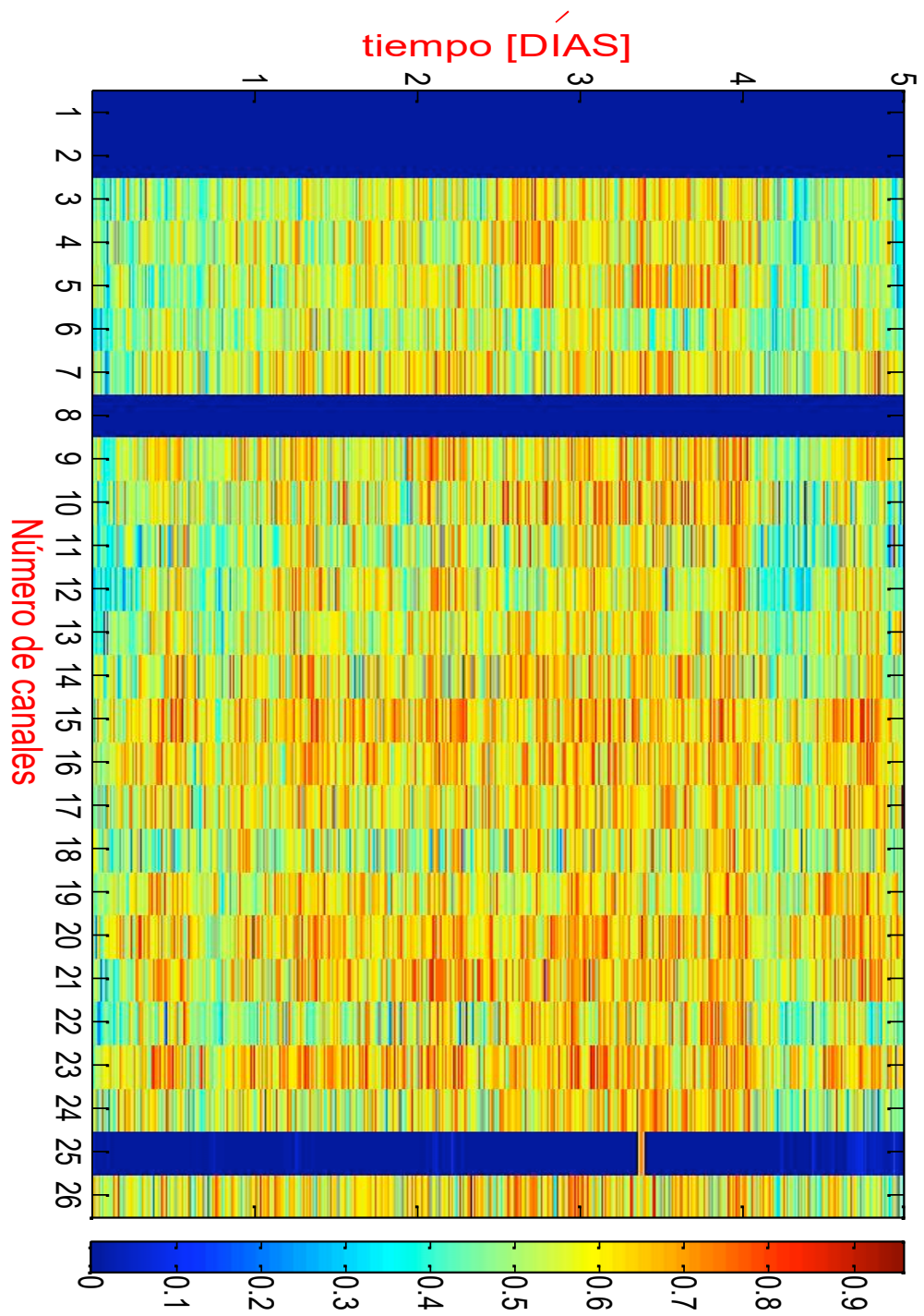


Figura 4.8: Disponibilidad de canales en la banda 800 MHz (Planta Alta)

La Figura 4.8, presenta un análisis muy similar a los 2 casos anteriores en el cual sabemos los canales que poseen una disponibilidad nula serian el canal 1, 2 y 8 pero existe el canal 25 donde se muestra disponibilidad mínima o nula en ciertos momentos de tiempo. Pero hay canales que presentan intermitencia en su disponibilidad por cierto intervalo de tiempo como los canales 15, 16, 20 y 23 que muestran disponibilidad casi siempre. También, existen canales como el 3, 4, 5, 10, 11, 12 y 22 que muestran una pequeña disponibilidad por ciertos lapsos de tiempo, reflejados por una coloración azulada. Con toda esta información obtenida se puede concluir, la planta alta en relacion a las plantas anteriores presenta menor disponibilidad de canales por la alta intermitencia presentada en los 5 días de toma de mediciones.

4.4 Modelamiento de datos.

Luego de obtener toda la información de la medición realizada por cada piso, se procede a ejecutar un análisis completo del Sistema Troncalizado en la banda 800MHz.

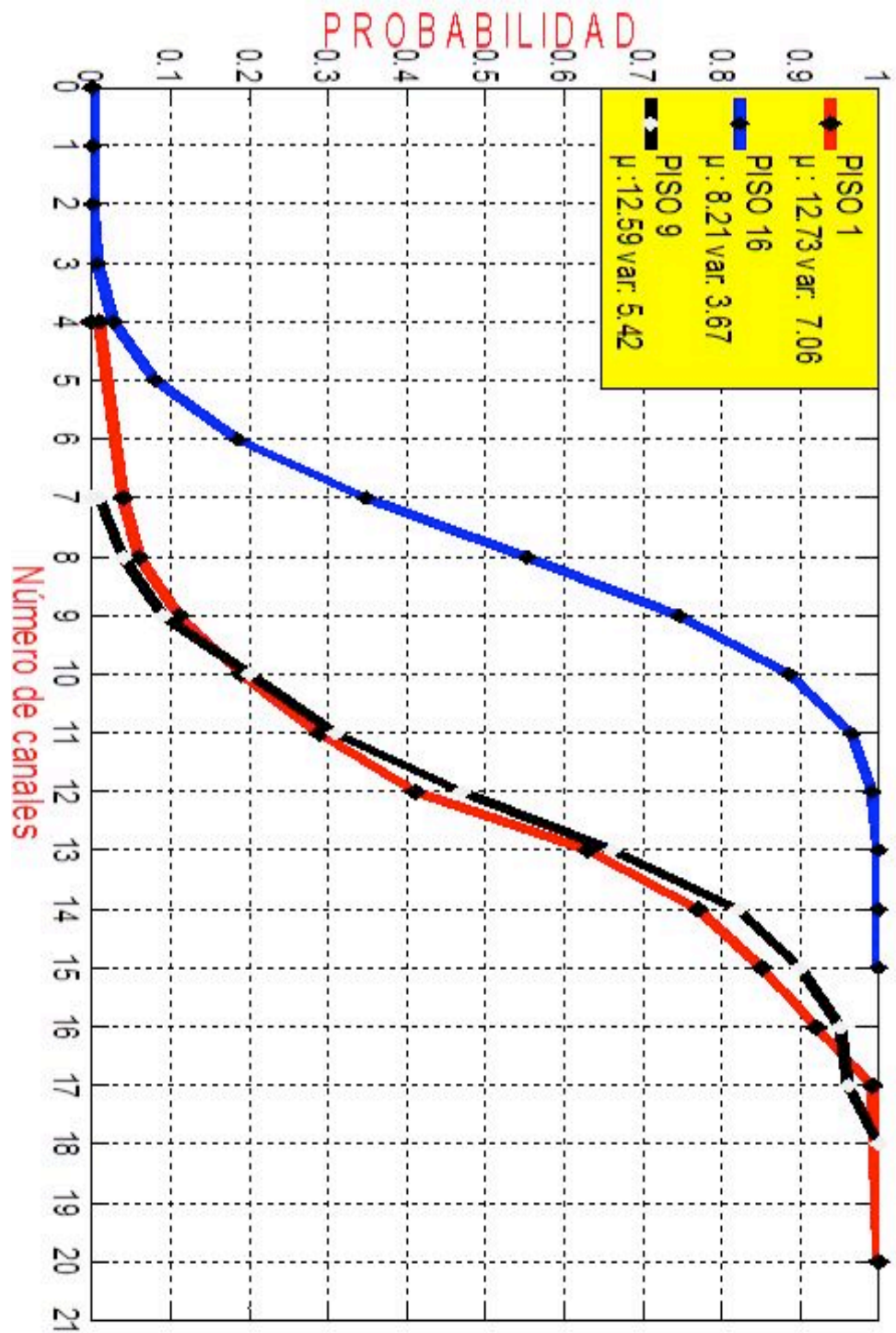


Figura 4.9: Distribución instantánea por cada piso

En la presente Figura 4.9, se observa la distribución instantánea de canales por cada piso en un intervalo de tiempo. En la cual la gráfica de color rojo muestra las mediciones obtenidas en la Planta baja (P1), la gráfica de color negro muestra las de la Planta Media (P9) y la gráfica de color azul muestra las de la Planta alta (P16).

Por lo tanto, se puede apreciar la mayor disponibilidad la tendrá la Planta baja representada por el color rojo, presentando una media de canales disponibles de 13 canales con uso de 325KHz dando un 64% probabilidad ocasión. Con respecto a la Planta media observamos que posee un valor similar de media de canales disponibles la cual darán el mismo resultado obtenido anteriormente.

Para la Planta alta, se comprueba que la disponibilidad en relación a la Planta baja y Planta media si varia, esto es que presenta una disponibilidad baja con media de 8 canales disponibles representados por el color azul con un uso 200KHz dando un 55% probabilidad ocasión.

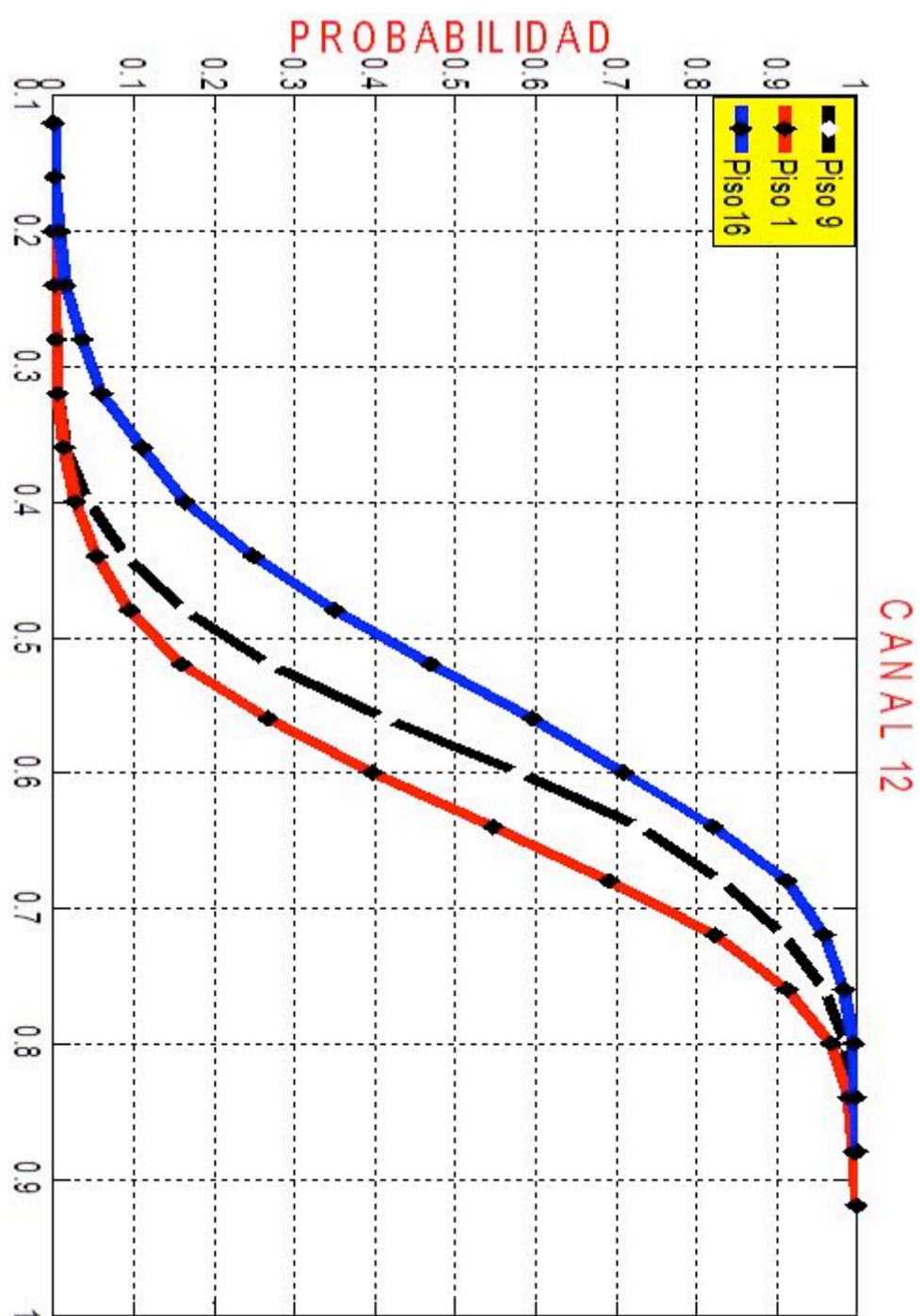


Figura 4.10: Acumuladas del comportamiento del canal 12 por diferente piso

En la Figura 4.10, se observa el comportamiento de un canal (canal 12) en los diferentes escenarios que se tomaron mediciones, representadas planta baja color rojo, planta media color negro y planta alta color azul. El cual nos muestra que el de mayor disponibilidad de canales lo representa la planta baja mientras que la de menor disponibilidad es representada por la planta alta. Ésto sucede por la ubicación de la estación base y la altura de donde se encuentre.

A continuación, se muestra la distribución de probabilidad acumulada de los mediciones obtenidas del canal 3 en planta baja en la Figura 4.11 respecto a tres modelos propuestos (Gamma, Beta y Normal), donde se observa un gran parentesco entre ellas, permitiéndonos concluir que el canal estudiado presenta un modelo que permite representar su comportamiento estadístico.

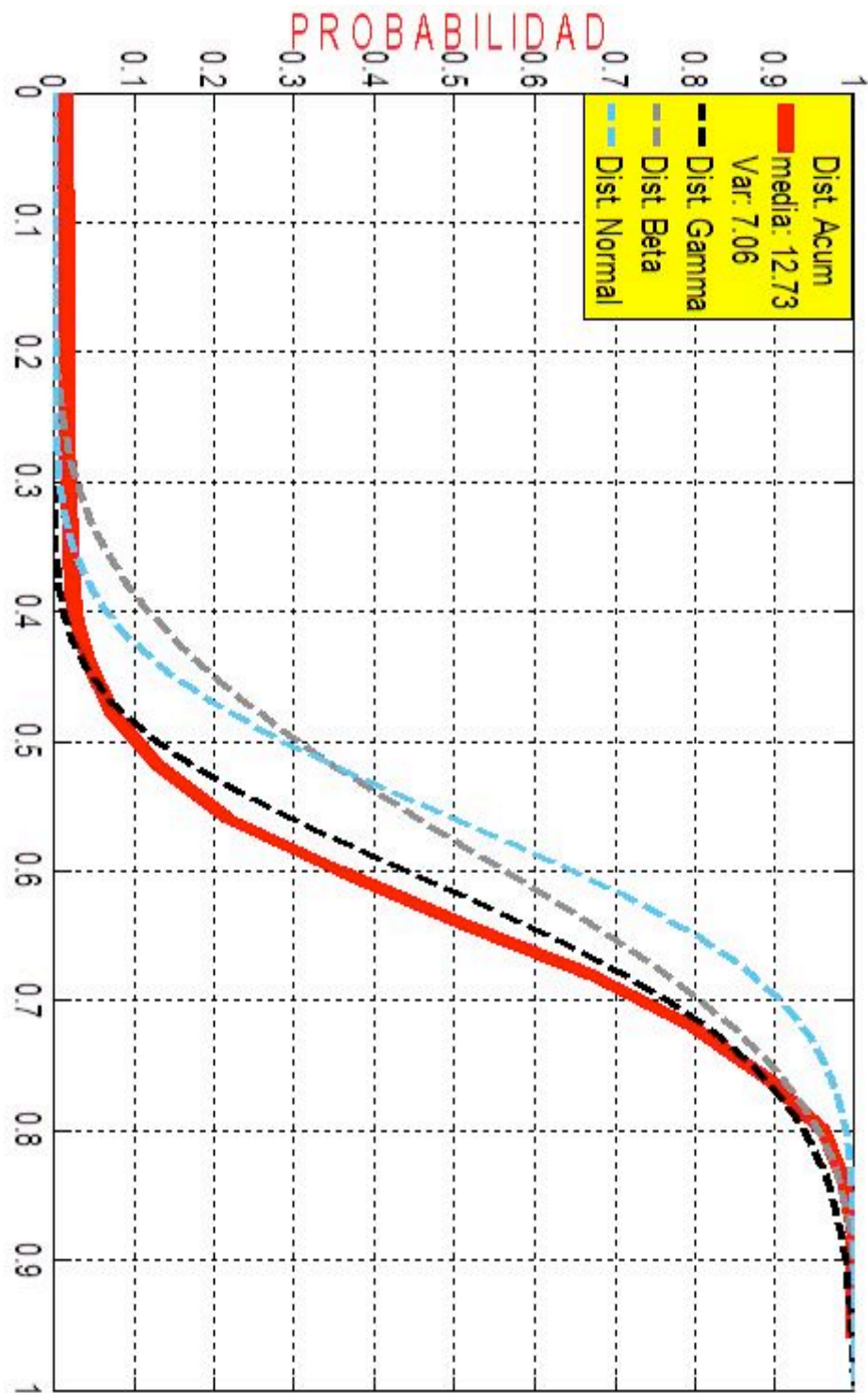


Figura 4.11: Modelamiento estadístico de la disponibilidad del canal 3 (PB)

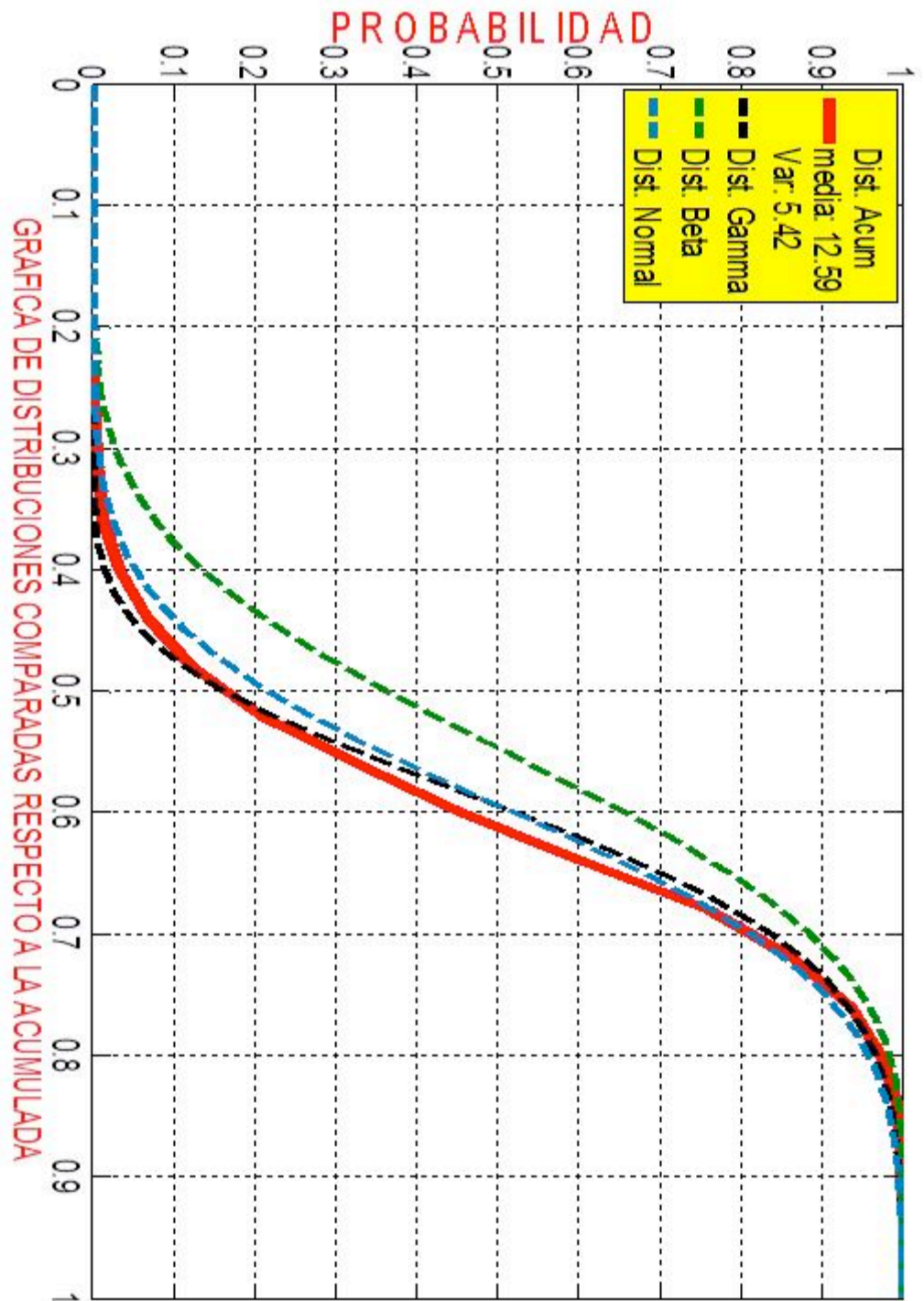


Figura 4.12: Modelamiento estadístico de la disponibilidad del canal 10
 (P9)

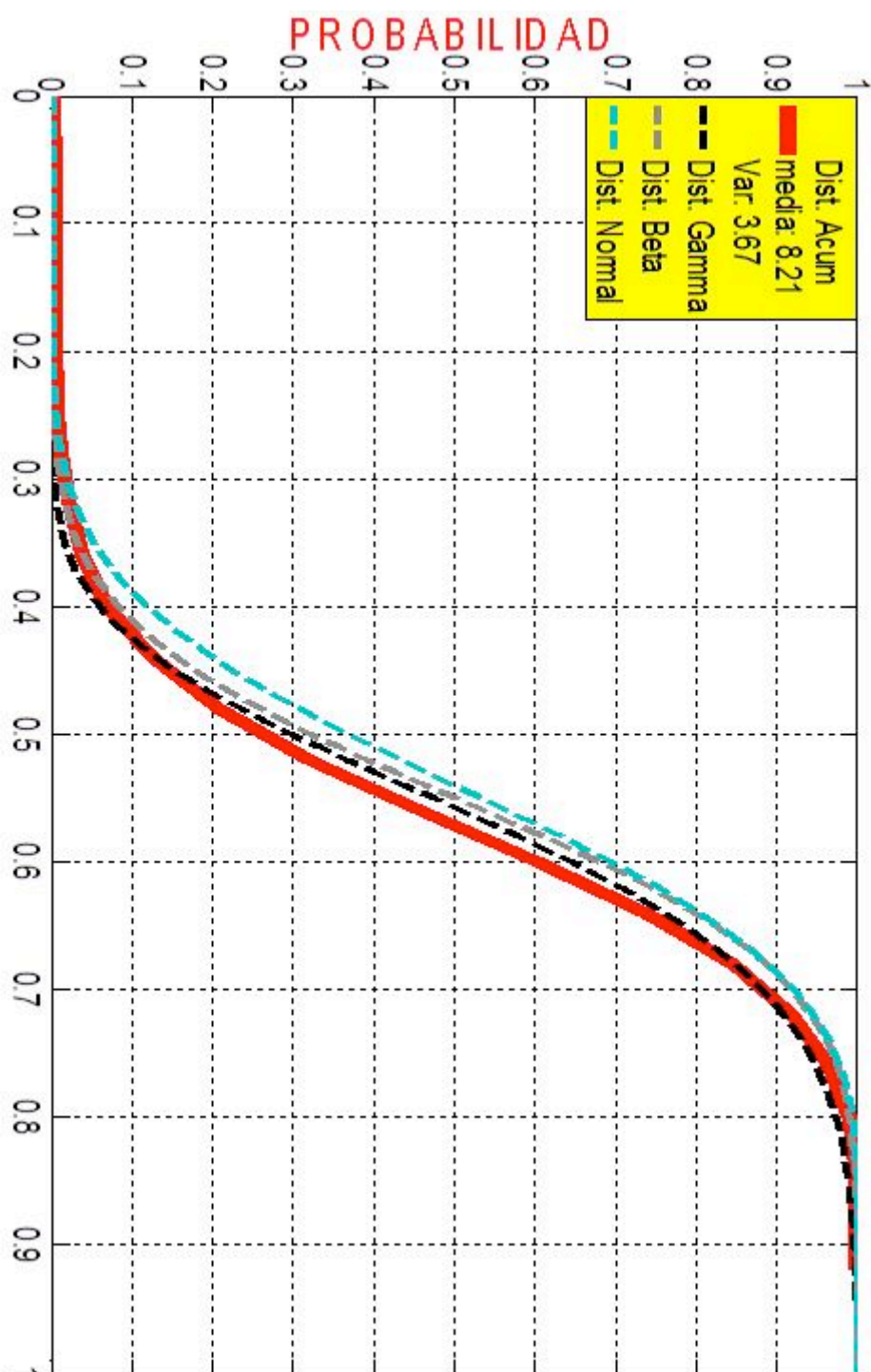


Figura 4.13: Modelamiento estadístico de la disponibilidad del canal 17
(P16)

Así mismo, se procede a realizar el análisis para el canal 10 (P9) y canal 17 (P16), comparándolas con tres modelos propuestos indicados anteriormente, donde se vuelve a observar un gran parecido entre ellas, comprobando que el modelo permite representar un comportamiento estadístico, como se observa en la Figuras 4.12 y 4.13.

En las Tablas 7, 8 y 9 se muestran resultados de los modelos obtenidos con respecto al tiempo por medio de la prueba Kolmogorov Smirnov, la cual nos ofrece una confiabilidad muy alta.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Mediante las primeras gráficas obtenidas de potencia y disponibilidad de canal, se observa que la mayoría de canales asignados a la banda 800MHz, presentan intermitencia en su disponibilidad, la cual es observada en cada piso, a excepciones de los canales 1, 2 y 8 que al parecer no están siendo usados, los cuales se los debería reubicar o reutilizar para garantizar un mejor uso.
2. Obtenidos los datos de disponibilidad de cada piso durante 5 días, se obtuvo la Figura 4.10; la cual nos demuestra la disponibilidad exacta que existe en cada piso. Siendo el de mayor disponibilidad, la Planta Baja con una media de 13 canales disponibles a 325KHz indicando un uso del 64% de probabilidad de ocasión con respecto a la Planta Alta, la cual muestra una media de 8 canales disponibles a 200KHz con uso del 55% de probabilidad de ocasión, esto era de esperar ya que la antena está colocada en el Cerro Azul propagando la señal de arriba hacia abajo.
3. Se realizó el análisis de un mismo canal en sus diferentes pisos para corroborar la información antes mencionada, la cual nos mostró que en la planta baja siempre tendrá una mayor disponibilidad que en la planta alta.
4. Para finalizar, se procede a realizar la comparación de la distribución de probabilidad acumulada de los canales 3, 10 y 17 con respecto a tres modelos estadísticos, en donde se verifica, que los modelos si cumplen con las características del comportamiento estadístico del canal analizado con $\mu = 12.73$ y $var = 7.06$ el canal 3, $\mu = 12.59$ y $var = 5.42$ el canal 10 y $\mu = 8.21$ y $var = 3.67$ el canal 17, concluyendo que para cada canal asignado dentro del Sistema Troncalizado estos mostraran el mismo comportamiento.

Recomendaciones

1. Se recomienda verificar que la configuración en el equipo USRP sea la adecuada, así como la tarjeta que capta datos este en el rango de frecuencias 50MHz a 2200MHz, sino la información recopilada sería incorrecta, a su vez se

debe utilizar antenas con ganancias altas y cables que presenten pérdidas mínimas, para que los datos obtenidos de potencia sean los más apropiados y nuestras gráficas simuladas sean correctas.

2. Se recomienda utilizar equipo USRP con antena SIRIO las cuales deben conectarse mejor a un computador escritorio y no una laptop, esto es ya que el equipo estará guardando información las 24 horas durante 15 días seguidos, el cual en ciertas ocasiones el disco duro de las portátiles no aguantan y se queman haciendo perder tiempo e información capturada, ya que se debe volver a tomar mediciones desde el inicio.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] T. Wayne, R. Francys y M. Durban, “Sistemas Troncalizados, Sistemas de comunicación electrónica”, Noviembre 2006.
- [2] Arcotel, (2015, Noviembre). Servicio Troncalizado. Disponible en: <http://www.arcotel.gob.ec/servicio-troncalizado-strc>.
- [3] E. Galeano Gómez. Autor (2009, Noviembre 11). Revista Cronopio. Disponible en: <http://blog.revistacronopio.com/?p=129#more-129>.
- [4] L. Ruiolva y F. Viteri, “Informe técnico de inspección a la radio base Cerro azul”, BRUNACCI CIA. LTDA., Guayaquil, Ecuador, Rep. IT-IRC-C-2015-0170, May. 2015.
- [5] Conatel, “Reglamento Interoperabilidad Sistemas Troncalizados Concesionados”, Resolución del CONATEL 414. Registro oficial 504 de 02-ago-2011. Estado vigente 2011.
- [6] D. Pablo, “El Uso de Bandas de Frecuencia del Espectro Radioeléctrico para Sistemas de Protección Pública y Ayuda en Casos de Desastres en el Ecuador”, Tesis de Grado, Facultad. Ing. Elect. Y Telec. (FIEE), Univ. EPN, Quito, Ecuador, 2010.
- [7] Ecured, (2015, Noviembre 24). Radiocomunicación Móvil Troncalizados. [Online] Disponible en: http://www.ecured.cu/Radiocomunicacion_movil_troncalizado#Fuentes.
- [8] G. Guevara, (2013, Febrero 13). “Trabajo: Sistemas de Radio Troncalizados”, [Online]. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/126039196/Trabajo-Sistemas-de-Radio-Troncalizados#scribd>.
- [9] Motorola, (2015, Febrero 26). MULTICOM lanza en Ecuador un nuevo sistema de comunicación digital troncalizada de Motorola solución. [Online]. Disponible en: <https://newsroom.motorolasolutions.com/news/multicom-lanza-en-ecuador-un-nuevo-sistema-de-comunicacin-digital-troncalizada-de-motorola-solutions.htm>.

- [10] Ecured, Radiocomunicación Móvil Troncalizado. [Online]. Disponible en: http://www.ecured.cu/Radiocomunicaci%C3%B3n_m%C3%B3vil_troncalizado#Fuente.
- [11] Maxigroup, “Características de un Sistema Troncalizado”, Maxigroup, Guayaquil, Ecuador. Julio 31, 2015.
- [12] Gradiant, “Radio Cognitiva: Nuevos usos del espectro”, Gradiant. Vigo, España, (Abril, 2010). Disponible en: <http://www.gradiant.org/es/actualidad/noticias/199-radio-cognitiva-nuevos-usos-del-espectro.html>.
- [13] A. F. Díaz y I. F. Ibarra, “Estudio técnico de factibilidad y diseño para la implementación de un sistema de radio troncalizado y su sistema de gestión para petroproducción”, Tesis de Grado, Facultad Ing. Elect. (FIE), Univ. ESPE, Sangolquí – Quito, Ecuador, 2006.
- [14] Conatel, (2000, Julio 20) Resolución No. ST-94-028, “Reglamento para la explotación de los Sistemas Troncalizados”, Quito, Ecuador. Disponible en: <http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/06/Reglamento-y-norma-tecnica-para-los-sistemas-troncalizados.pdf>.
- [15] Arcotel, (2015, Octubre), Servicio Troncalizado. Disponible en: <http://www.arcotel.gob.ec/servicio-troncalizado-strt/>.
- [16] A. Delgado, (2009, Julio 17). El Espectro Radioeléctrico, un recurso natural y limitado. [Online]. Disponible en: <http://www.consumer.es/web/es/tecnologia/internet/2009/07/17/186335.php>.
- [17] Arcotel, Información obtenida del INFORME 901-1 del CCITT-R “Método de asignación de frecuencias para sistemas de control de enlaces del servicio móvil”, Guayaquil, Ecuador, Mayo, 2015.
- [18] A. G. Quintero, “Acceso Dinámico al Espectro; estado actual, tendencias y retos”, Univ. Pontificia Bolivariana, Medellín, Nov. 24, 2008.
- [19] Qing Zhao; Sadler, B.M. "A Survey of Dynamic Spectrum Access", Signal Processing Magazine, IEEE, vol.24, no.3, pp.79.89, Mayo 2007.

- [20] D. Ospina, A. Ocampo y R. Hincapié. “Aplicación de esquemas al Acceso Oportunista al Espectro en ambientes Inalámbricos heterogéneos”, Univ. Pontificia Bolivariana, Medellín, Junio, 2011.
- [21] J.H. Aguilar y A. Navarro, “Radio Cognitiva – Estado del arte”, Revista Sistemas y Telemática, Univ. ICESI, vol.9. No.16, 31-53, 2011.
- [22] J. J. Salamanca, L. Zambrano y S. Malobabic, “Radio Trunking”, Tesis de Grado, Dep. Fundamentos de radiocomunicaciones, Univ. Simón Bolívar, Caracas – Venezuela, 2004.
- [23] M. Masi, G. García y J. Puig, “Comunications mobils and Trunking Digital TETRA”, Colegio de ingenieros de Telecomunicación de Catalunya. España.
- [24] F. Soriano, D. Urriola, “Algoritmo Distribuido Coordinado De Asignación De Canales Para Redes De Comunicación Inalámbrica Con Acceso Oportunista”, ESPOL, FIEC, Guayaquil-Ecuador, 2015.
- [25] Motorola, “Sistemas Troncalizados Digitales”, Superintendencia de Telecomunicaciones, Ecuador.
- [26] A. Tocornal Orostegui. “Análisis Técnico-Económico del sistema de radiocomunicación de línea 4/4 del metro de Santiago”, Tesis de Ingeniería, Depto. Ing. Eléctrica, Univ. De Chile, Santiago de Chile, 2007.
- [27] Boris Ramos, PhD, “Características del medio inalámbrico”, Comunicaciones Inalámbricas, Ecuador, Guayaquil, 2013, diap.20-24.
- [28] Paulina Cumandá Yáñez Arias, “Estudio de los canales con desvanecimiento sobre redes fijas y móviles en sistema de radio comunicación”, Tesis de Ingeniería, Fact. Ing. Eléctrica y Electrónica, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador, 2009.
- [29] J. Molina Rubio, (2011, Mayo). Calentamiento de los Conductores [online]. Disponible en:
http://www.iesbernatguinovart.com/04f_electricitat/carpeta_arxiu/E2d3.PDF.
- [30] Klever Javier Chulde, “Estudio e instalación de enlaces microonda en banda libre entre Quito y Latacunga para transmisión de datos e internet para la empresa

Ecuonline S.A", Tesis de tecnólogo, Escuela de Formación de Tecnólogos, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador, 2011.

[31] Francisco Ramos, (2011, Junio, 27), "Sensibilidad del equipo receptor", [Online]. Disponible en:

<http://www.radioenlaces.es/articulos/sensibilidad-del-equipo-receptor/>

[32] Navarro, Guevara, Gómez, "Modelado de canal inalámbrico empleando técnicas de trazado de rayos", Revista S&T. 23 Septiembre 2014.

ANEXOS A

BLOQUE	GRUPO	No de CANAL	FREC. Tx (MHz)	FREC. Rx (MHz)	RESULTADO DE VERIFICACIÓN
2 (25.00 kHz)	1	21	806,5125	851,5125	en uso
		22	806,5375	851,5375	en uso
		23	806,5625	851,5625	en uso
		24	806,5875	851,5875	en uso
		25	806,6125	851,6125	en uso
2 (25.00 kHz)	2	26	806,6375	851,6375	Frecuencia no operativa
		27	806,6625	851,6625	Frecuencia no operativa
		28	806,6875	851,6875	Frecuencia no operativa
		29	806,7125	851,7125	Frecuencia no operativa
		30	806,7375	851,7375	Frecuencia no operativa
2 (25.00 kHz)	3	31	806,7625	851,7625	Frecuencia no operativa
		32	806,7875	851,7875	Frecuencia no operativa
		33	806,8125	851,8125	Frecuencia no operativa
		34	806,8375	851,8375	Frecuencia no operativa
		35	806,8625	851,8625	Frecuencia no operativa
2 (25.00 kHz)	4	36	806,8875	851,8875	Frecuencia no operativa
		37	806,9125	851,9125	Frecuencia no operativa
		38	806,9375	851,9375	Frecuencia no operativa
		39	806,9625	851,9625	Frecuencia no operativa
		40	806,9875	851,9875	Frecuencia no operativa
3 (25.00 kHz)	3	51	807,2625	852,2625	Frecuencia no operativa
		52	807,2875	852,2875	Frecuencia no operativa
		53	807,3125	852,3125	Frecuencia no operativa
		54	807,3375	852,3375	Frecuencia no operativa
		55	807,3625	852,3625	Frecuencia no operativa
3 (25.00 kHz)	4	56	807,3875	852,3875	Frecuencia no operativa
		57	807,4125	852,4125	Frecuencia no operativa
		58	807,4375	852,4375	Frecuencia no operativa
		59	807,4625	852,4625	Frecuencia no operativa
		60	807,4875	852,4875	Frecuencia no operativa
21 (25.00 kHz)	1	401	816,0125	861,0125	en uso
		441	817,0125	862,0125	Frecuencia no operativa
		481	818,0125	863,0125	en uso
		521	819,0125	864,0125	Frecuencia no operativa
		561	820,0125	865,0125	en uso
21 (25.00 kHz)	2	411	816,2625	861,2625	Frecuencia no operativa
		451	817,2625	862,2625	Frecuencia no operativa
		491	818,2625	863,2625	en uso
		531	819,2625	864,2625	en uso
		571	820,2625	865,2625	en uso
21 (25.00 kHz)	3	421	816,5125	861,5125	en uso
		461	817,5125	862,5125	Frecuencia no operativa
		501	818,5125	863,5125	en uso
		541	819,5125	864,5125	en uso
		581	820,5125	865,5125	Frecuencia no operativa

21 (25.00 kHz)	4	431	816,7625	861,7625	en uso
		471	817,7625	862,7625	en uso
		511	818,7625	863,7625	en uso
		551	819,7625	864,7625	Frecuencia no operativa
		591	820,7625	865,7625	en uso
27 (25.00 kHz)	1	407	816,1625	861,1625	en uso
		447	817,1625	862,1625	en uso
		487	818,1625	863,1625	en uso
		527	819,1625	864,1625	en uso
		567	820,1625	865,1625	Frecuencia no operativa
27 (25.00 kHz)	2	417	816,4125	861,4125	Frecuencia no operativa
		457	817,4125	862,4125	en uso
		497	818,4125	863,4125	Frecuencia no operativa
		537	819,4125	864,4125	en uso
		577	820,4125	865,4125	en uso
27 (25.00 kHz)	3	427	816,6625	861,6625	Frecuencia no operativa
		467	817,6625	862,6625	Frecuencia no operativa
		507	818,6625	863,6625	Frecuencia no operativa
		547	819,6625	864,6625	Frecuencia no operativa
		587	820,6625	865,6625	Frecuencia no operativa
27 (25.00 kHz)	4	437	816,9125	861,9125	Frecuencia no operativa
		477	817,9125	862,9125	Frecuencia no operativa
		517	818,9125	863,9125	Frecuencia no operativa
		557	819,9125	864,9125	en uso
		597	820,9125	865,9125	Frecuencia no operativa

Tabla 6: Muestra uso de frecuencias, canalización y ancho de bandas autorizadas, en la que se puede observar que 26 pares de frecuencias se encuentran implementadas y operativas de la radio base ubicada en Cerro Azul

PISO 1				
CANAL	μ	Σ	Dn	KS TEST
1	0	0	0	N/D
2	0	0	0	N/D
8	0	0	0	N/D
6	X	X	X	N/A
7	0,621	0,1072	0,0259	ACEPTA
10	0,628	0,1057	0,0251	ACEPTA

CANAL	a	B	Dn	KS TEST
3	33,71	0,0189	0,0307	ACEPTA
4	48,03	0,0141	0,0316	ACEPTA
5	50,14	0,0136	0,0282	ACEPTA
9	30,22	0,0197	0,0294	ACEPTA
12	33,29	0,0171	0,0285	ACEPTA
17	31,79	0,0192	0,0301	ACEPTA
20	43,03	0,0148	0,0494	NO ACEPTA
26	34,97	0,0185	0,0409	NO ACEPTA

Tabla 7: Prueba Kolmogorov Smrinov en planta baja

PISO 9				
CANAL	μ	Σ	Dn	KS TEST
1	0	0	0	N/D
2	0	0	0	N/D
8	0	0	0	N/D
3	0,6098	0,128	0,0185	ACEPTA
12	0,6122	0,103	0,0312	ACEPTA

CANAL	a	B	Dn	KS TEST
4	43,28	0,0149	0,0224	ACEPTA
5	14,61	7,56	0,0268	ACEPTA
6	30,37	0,0182	0,0328	ACEPTA
7	34,63	0,0172	0,0196	ACEPTA
9	12,94	8,77	0,0275	ACEPTA
10	10,43	6,8	0,0311	ACEPTA
17	35,61	0,0171	0,0274	ACEPTA
20	14,12	6,97	0,0207	ACEPTA
26	45,93	0,0146	0,0275	ACEPTA

Tabla 8: Prueba Kolmogorov Smrinov en planta media

PISO 16				
CANAL	μ	Σ	Dn	KS TEST
1	0	0	0	N/D
2	0	0	0	N/D
8	0	0	0	N/D
25	0	0	0	N/D
6	0,513	0,111	0,0327	ACEPTA
10	0,578	0,136	0,0292	ACEPTA
17	0,587	0,112	0,0305	ACEPTA

CANAL	a	B	Dn	KS TEST
3	9,41	7,98	0,0314	ACEPTA
4	22,74	0,0242	0,0279	ACEPTA
5	21,82	0,0251	0,0317	ACEPTA
7	24,87	0,0231	0,0325	ACEPTA
9	10,65	7,64	0,0324	ACEPTA
12	19,04	0,0283	0,0311	ACEPTA
20	36,55	0,0171	0,0288	ACEPTA
26	7,25	5,19	0,0299	ACEPTA

Tabla 9: Prueba Kolmogorov Smrinov en planta alta

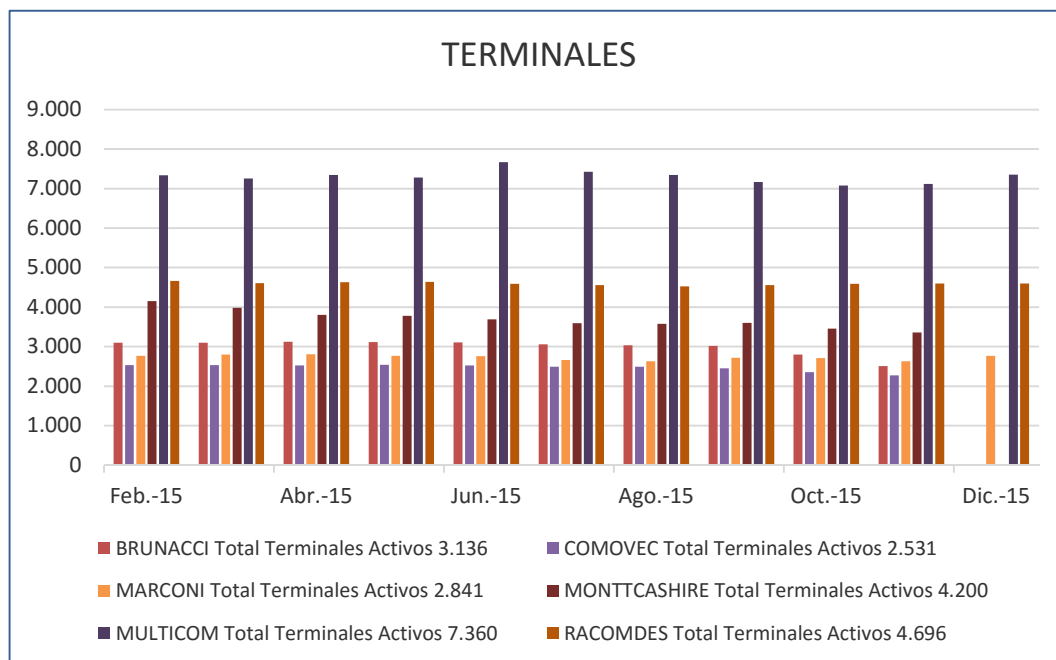


Figura A.1: Abonados que utilizan sistemas troncalizados en Ecuador (ARCOTEL)

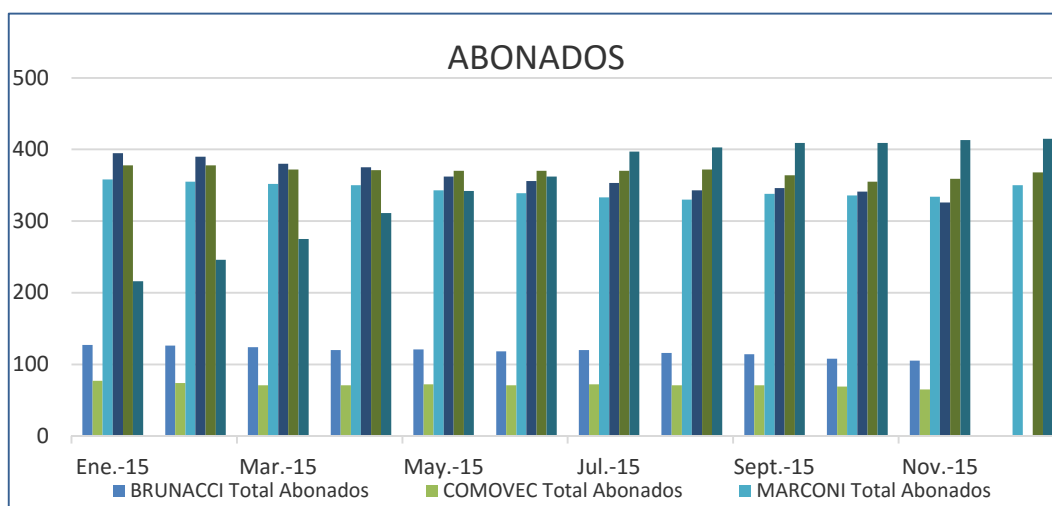


Figura A.2: Gráfico de la evolución mensual de terminales por empresa

Empresa	Número de Terminales	Participación de Mercado
BRUNACCI	3.016	12,83%
COMOVEC	2.447	10,41%
MARCONI	2.720	11,57%
MONTTCASHIRE	3.603	15,33%
MULTICOM	7.164	30,48%
RACOMDES	4.557	19,39%
Total:	23.507	100%

Tabla 10: Participación de mercado

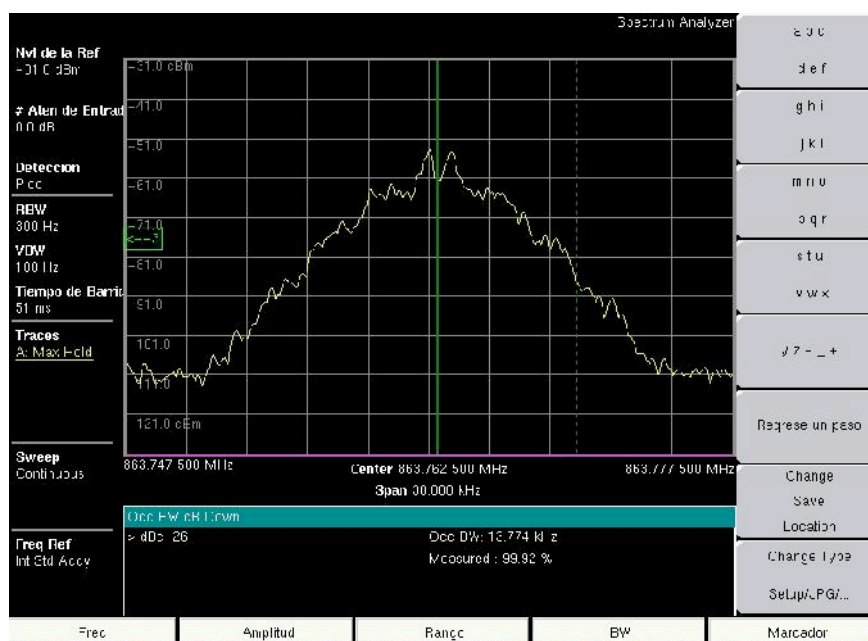


Figura A.3: Traza de parámetros técnicos: Frecuencia 863,7625 MHz; BW 13,77 kHz.

Marca Uniden Brunacci

Figura A.4: Equipos troncalizados utilizados a través de la radio base Cerro Azul

Marca EF Johnson Brunacci

Figura A.5: Equipos troncalizados utilizados a través de la radio base Cerro Azul

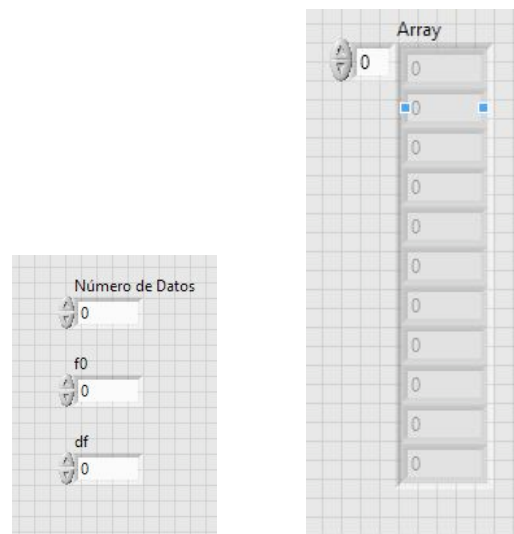


Figura A.6: Gen_Frec.vi Panel frontal

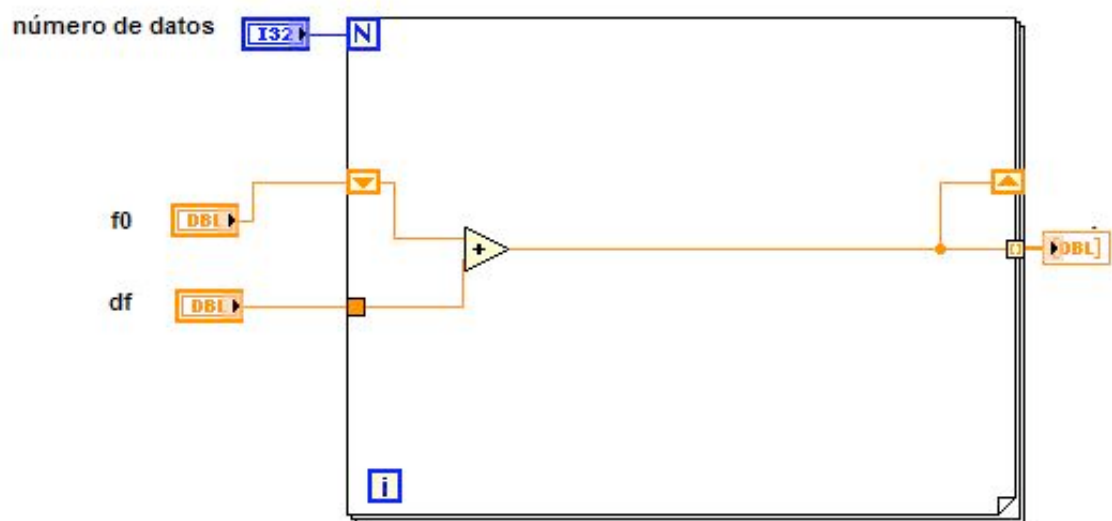


Figura A.7: Diagrama de bloques

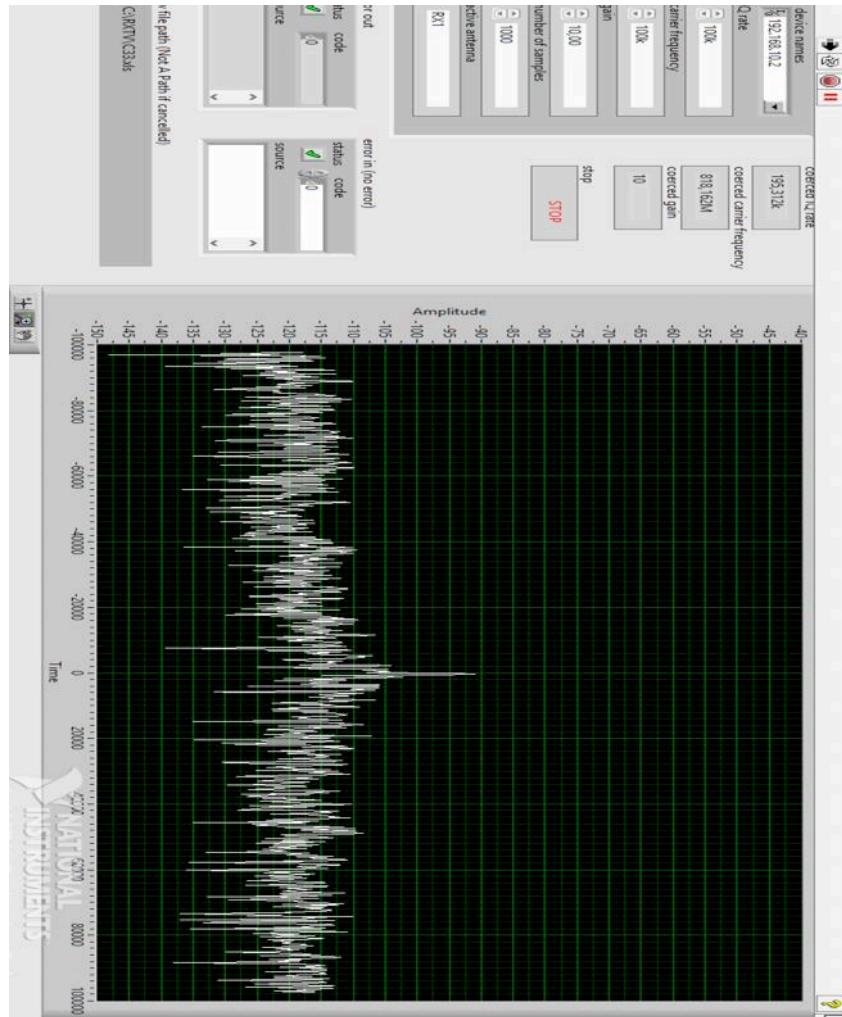


Figura A.8: Panel Frontal de recepción

POTENCIAS				
Número de Días N	Piso 1	Piso 9	Piso 16	Valor Referencial R
1	12095.8	12291.4	11862.8	R1
2	15119.8	15364.3	14828.5	R2
3	20159.7	20485.7	19771.3	R3
4	30239.5	30728.5	29657	R4
5	60479	61457	59314	R5
Total de Datos D	60479	61457	59314	

DISPONIBILIDAD				
Número de Días N	Piso 1	Piso 9	Piso 16	Valor Referencial R
1	483.8	491.6	474.4	R1
2	604.8	614.5	593	R2
3	806.3	819.3	790.7	R3
4	1209.5	1229	1186	R4
5	2419	2458	2372	R5
Total de Datos D	2419	2458	2372	

Tabla 11: Datos obtenidos en cada piso



Figura A.9: Equipos trabajando en planta baja

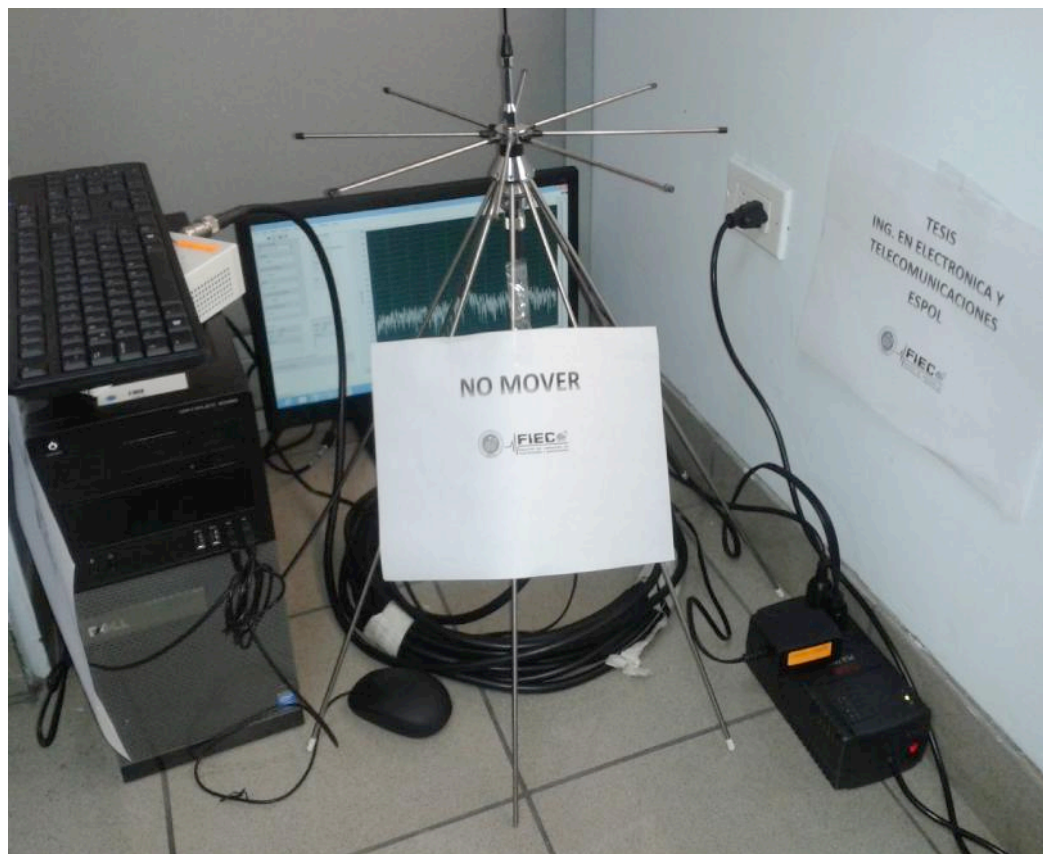


Figura A.10: Equipos trabajando en planta media



Figura A.11: Equipos trabajando en planta alta

HOJA DE ESPECIFICACIONES DE PRODUCTO
RADIO MÓVIL APX™ 2500

TRANSMISOR - ESPECIFICACIONES DE RENDIMIENTO TÍPICO				
		700 MHz	800 MHz	
Rango de frecuencia/Divisiones de banda (bandsplits)		764-776 MHz 794-806 MHz	806-824 MHz 851-870 MHz	
Espaciamiento de canal		25/12,5 kHz	25/12,5 kHz	
Separación de frecuencia máxima		División de banda completa	División de banda completa	
Potencia de salida RF nominal – Aj.*		10-30 vatios	10-35 vatios	
Estabilidad de frecuencia* (-30°C a +60°C; Ref. +25°C)		±0,00015 %	±0,00015 %	
Restricción de modulación*		±5 kHz / ±2,5 kHz	±5 kHz/±4 kHz (NPS PAC) /±2,5 kHz	
Fidelidad de modulación (C4FM) Canal digital de 12,5kHz		±2,8 kHz	±2,8 kHz	
Emisiones*		Conducida+ -75/-85 dBc	Radiada+ -20/-40 dBm	Conducida -75 dBc Radiada -20 dBm
Respuesta acústica*		+1, -3 dB (EIA)		+1, -3 dB (EIA)
Interferencia y ruido en FM	25 & 20 kHz 12.5 kHz	-50 dB -48 dB	-50 dB -48 dB	
Audio Distortion*		2 %	2 %	

RECEPTOR - ESPECIFICACIONES DE RENDIMIENTO TÍPICO				
		700 MHz	800 MHz	
Rango de frecuencia/Divisiones de banda		764-776 MHz	851-870 MHz	
Espaciamiento de canal		25/12,5 kHz	25/12,5 kHz	
Separación de frecuencia máxima		División de banda completa	División de banda completa	
Potencia de salida de audio con una distorsión de 3%*		7,5 W or 15 W ++	7,5 W or 15 W ++	
Estabilidad de frecuencia* (-30°C a +60°C; Ref. +25°C)		±0,00008%	±0,00008%	
Sensibilidad analógica*	12 dB SINAD	-121 dBm	-121 dBm	
Sensibilidad digital	5% BER	-121,5 dBm	-121,5 dBm	
Intermodulación	25 kHz	82 dB	82 dB	
	12,5 kHz	82 dB	82 dB	
Rechazo espurio		91 dB	91 dB	
Distorsión de audio nominal*		1,20%	1,20%	
Selectividad*	25 kHz	85 dB	85 dB	
	12,5 kHz	75 dB	75 dB	
	30 kHz	—	—	

Figura A.12: Hoja de especificaciones Radio Móvil APX 2500

HOJA DE ESPECIFICACIONES

APX 7500
Radio Móvil Multi-Banda Proyecto 25

TRANSMISOR – ESPECIFICACIONES DE DESEMPEÑO TÍPICO				
	700MHz		800MHz	
Rango de Frecuencia/ Partición de Banda	764-776 794-806		806-824 851-870	
Espaciamiento de Canales	25/12.5 kHz		25/20/12.5 kHz	
Máxima Separación de Frecuencia	Toda la banda		Toda la banda	
Potencia de Salida Calificada de RF Ajustada*	10-30 Vatios		10-35 Vatios	
Estabilidad de Frecuencia* (-30°C a +60°C; +25°C Ref.)	±0.00015 %		±0.00015 %	
Limitación de Modulación*	±5 kHz/±2.5 kHz		±5 kHz/±4 kHz (NPSPEC) /±2.5 kHz	
Fidelidad de Modulación (C4FM) Canal Digital de 12.5 kHz	±2.8 kHz		±2.8 kHz	
Emisiones*	Dirigidas* -70/-85 dBc	Radiadas* -20/-40 dBm	Dirigidas -70 dBc	Radiadas -20 dBm
Respuesta de Audio*	+1, -3 dB (EIA)		+1, -3 dB (EIA)	
Hum y Ruido de FM (25 y 30 kHz/12.5 kHz)	40/34 dB		40/34 dB	
Distorsión de Audio*	2%		2%	

Figura A.13: Hoja de especificaciones APX 7500

PRO5350™/PRO7350™ PORTABLE RADIOS

GENERAL		800 MHz	
Dimensions	Height x Width x Depth		
With standard high-capacity NiMH battery; without belt clip	5.40 in x 2.26 in x 1.50 in / 137 mm x 57.5 mm x 37.5 mm		
Weight (grams/ounces)	420 / 15		
Power Supply	Rechargeable battery 7.5 Volts		
Average Battery Life @ 5/5/90 Duty Cycle*	11 hrs @ low power / 8 hrs @ high power		
Model Numbers	PRO5350	LAH25UCC6DU3_N	PRO7350 LAH25UCH6DU6_N
Frequency Range / FCC Approval	PRO5350	806 - 821 MHz / 851-866 MHz / AZ489FT5795	
	PRO7350	806 - 821 MHz / 851-866 MHz / AZ489FT5795	
Channel Spacing	25 kHz		
Frequency Stability (-30°C to 60°C, 25°C Ref.)	±2.5 ppm		

* 5% Receive, 5% Transmit, 90% Standby

TRANSMITTER		800 MHz	
RF Power Output	1 - 2.5 W		
Modulation Limiting	±5.0 kHz		
FM Hum & Noise	-40 dB		
Conducted / Radiated Emissions	66 dBw		
Audio Response (0.3 - 3 kHz)	+1 to -3 dB		
Audio Distortion (typical)	3%		

RECEIVER		800 MHz	
Sensitivity (12 dB SINAD) EIA (typical)	0.25 µV		
Intermodulation per EIA	70 dB		
Adjacent Channel Selectivity	70 dB		
Spurious Rejection	70 dB		
Rated Audio	0.5 W		
Audio Distortion @ Rated Audio (typical)	3%		
Hum and Noise	-50 dB		
Audio Response (0.3 - 3 kHz)	+1 to -3 dB		
Conducted Spurious Emission	-57 dBm		
Per FCC Part 15			

Figura A.14: Pro5350 /Pro73050 hoja de especificación

ABREVIATURAS

AEL:	Atenuación a Espacio Libre
ARCOTEL:	Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones
BS:	Estación Base
BTS:	Base Transceiver Station
CONATEL:	Consejo Nacional de Telecomunicaciones
DFS:	Dynamic Frequency Selection
DSA:	Acceso Dinámico al Espectro
D:	Número total de datos
ETSI:	European Telecommunications Standard Institute
FDMA:	Acceso Multiple por División de Frecuencia
G:	Ganancia de una antena
G_R :	Ganancia de la antena de recepción
G_{ant} :	Ganancia de la antena de transmisión.
ID:	Identificación
I:	Interferencia del medio
IEEE:	Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
L:	Perdida de Potencia
LTE:	Long Term Evolution
L_{Cab} :	Perdida en la línea de transmisión o cable.
L_{Con} :	Perdida en los conectores.
MS:	Mobile Station
MSC:	Mobile Service Center
NMS:	Network Management Center
N:	Número de días
OSA:	Acceso Oportunista al Espectro
PABX:	Centrales Telefónicas Privadas
PMR:	Private Mobile Radio
P_{Rant} :	Potencia entregada por el transmisor.
P_R :	Potencia entregada por el receptor.
PSTN:	Public Switched Telephone Network

PTT:	Push To Talk
RF:	Radio Frecuencia
Rx:	Recepción
R:	Valor Referencial
SNT:	Secretaria Nacional de Telecomunicaciones
SUPTTEL:	Superintendencia de Telecomunicaciones
TDMA:	Time Division Multiple Access
TETRA:	Terrestrial Trunked Radio
Tx:	Transmisión
UIT:	Unión Internacional de Telecomunicaciones
USRP:	Universal Serial Radio Peripheral
WIMAX:	Worldwide Interpolaritily for Microware Access
λ :	Umbral mínimo de recepción