



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

“DISEÑO DE ALGORITMOS PARA COMPROBAR Y  
DETERMINAR LA DISPONIBILIDAD DE CANALES  
CONJUNTOS UHF-TV EN EL INTERIOR DE UN  
INMUEBLE DE UNA ZONA URBANA DE GUAYAQUIL, A  
PARTIR DE MEDICIONES ESPECTRALES”

**INFORME DE MATERIA INTEGRADORA**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**

CARLOS ANDRÉS BADILLO MONRROY

GABRIEL ANDRÉS TORRES MALDONADO

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2017



## **AGRADECIMIENTO**

Mi más sincero agradecimiento a mi familia y demás familiares, que siempre me han ayudado y aconsejado a ir por buen camino, a ser constante y no dejar el camino abandonado, sino siempre llegar a la meta, a estudiar para salir adelante, ser perseverante y no dar marcha atrás, siempre seguir luchando, hasta alcanzar mis logros y mis objetivos. Ser una persona de bien, demostrando respeto hacia los demás y a mí mismo, y practicando los valores como la sinceridad, la honestidad, la honradez y la gratitud, en todo momento y en todo lugar.

## DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico al Señor de la Divina Misericordia, ya que él es testigo de mis victorias y derrotas, le agradezco a él, ya que él siempre me ha concedido lo que le he pedido con constancia, me ha dado la sabiduría, la destreza, y demás cualidades y virtudes para desarrollar como estudiante y persona, siempre siendo una persona responsable y justa, como mi familia siempre me ha formado.

**Gabriel Andrés Torres Maldonado**

## TRIBUNAL DE EVALUACIÓN

---

**M. Sc. Washington Medina Moreira**

PROFESOR EVALUADOR

---

**Ph. D. Francisco Novillo Parales**

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"

---

Carlos Andrés Badillo Monrroy

---

Gabriel Andrés Torres Maldonado

## RESUMEN

Hoy en día, el espectro radioeléctrico está siendo usado de manera ineficiente, no siempre es usado y eso implica un desperdicio de dicho recurso natural, no toda la población tiene acceso las Tecnologías de la Información y la Comunicación, se procedió a medir la disponibilidad de canales en la banda UHF-TV para determinar si existen canales disponibles, para con esos canales ayudar a la población que no tiene acceso al espectro, a través de la técnica de OSA (Acceso Oportunista al Espectro).

El espectro radioeléctrico es un recurso es un recurso natural no renovable, no se puede restaurar, por esa razón no puede ser desperdiciado, las porciones de espectro sin usar son denominadas espacios en blanco, mientras las anteriores estén libres y desocupadas, cuando estos espacios vuelvan a ser requeridos por usuarios con títulos habilitantes, los usuarios sin licencia, deberán abandonar esas porciones de espectro y migrar a otros espacios en blanco, si es que los hay, se decidió realizar las mediciones en la banda UHF-TV (300 MHz – 3 GHz), porque el dispositivo con que se realizó las mediciones, opera en mayor parte de la banda anteriormente mencionada.

En los resultados obtenidos, determinamos mayor disponibilidad de canales en el primer piso, tanto de canales individuales, totales y conjuntos, ya que en este piso la potencia recibida es baja debido a las obstrucciones, los canales disponibles deberían ser usados para beneficiar a las personas que carecen de acceso a las TIC y al espectro radioeléctrico.

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN.....	v
RESUMEN.....	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
CAPÍTULO 1.....	1
1. ANTECEDENTES Y PRELIMINARES.....	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 Objetivo general.....	2
1.2.2 Objetivos específicos.....	2
1.3 Justificación.....	2
1.4 Alcance.....	6
CAPÍTULO 2.....	10
2. MARCO TEÓRICO.....	10
2.1 Estado del arte.....	10
2.2 Conceptos.....	12
2.3 Acceso Dinámico al Espectro.....	13
2.3.1 Modelo dinámico de uso exclusivo.....	14
2.3.2 Modelo compartido abierto.....	14
2.3.3 Modelo de acceso jerárquico.....	15
2.4 Radio cognitiva.....	15
2.5 Espacios en blanco.....	15
2.6 Acceso Oportunista al Espectro.....	16
2.7 Detección del espectro.....	17
2.7.1 Detección local.....	18



2.7.2	Detección cooperativa.....	19
2.8	Intercambio de espectro.....	19
2.9	Transferencia de espectro.....	20
2.10	Frecuencia Ultra Alta.....	22
2.11	Antena UHF y sus tipos.....	22
2.12	Canalización de las bandas.....	24
2.13	Grupos de canales para televisión UHF.....	26
2.14	Reserva de canales.....	26
2.15	Potencia radiada máxima.....	26
2.16	Sistema de transmisión.....	26
CAPÍTULO 3.....		27
3.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	27
3.1	Metodología.....	30
3.2	Modelamiento estadístico.....	31
3.2.1	Probabilidad de disponibilidad de canales individuales.....	33
3.2.2	Probabilidad de disponibilidad de canales totales.....	33
3.2.3	Probabilidad de disponibilidad de canales conjuntos.....	34
3.3	Gráficos de disponibilidad de canales individuales.....	34
3.4	Gráficos de disponibilidad de canales totales.....	35
3.5	Gráficos de disponibilidad de canales conjuntos.....	37
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		40
BIBLIOGRAFÍA.....		41
ANEXOS.....		44

# CAPÍTULO 1

## 1. ANTECEDENTES Y PRELIMINARES.

### 1.1 Planteamiento del problema

La realidad del uso del espectro es crítica, ya que el espectro radioeléctrico está siendo explotado y desperdiciado [1], a pesar de que existen leyes, que garantizan el acceso a internet, es decir acceso a las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC), sigue habiendo personas, comunidades y colectividades, que carecen de los recursos y no gozan de los derechos que la ley estipula, en la sección de derechos. El acceso a la información aún no está al alcance de todos [2]. El cien por ciento de la población en Ecuador, no tiene acceso a internet [3], según las estadísticas de servicio de acceso a internet expuestas por la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL), en octubre del año 2017. La ciudadanía denuncia, reclama esta injusticia [4]. Hace lo posible, para el cumplimiento de esta ley. No obstante, las autoridades competentes, no responden ante esta situación. Las denuncias, quejas y reclamos, no son procesados, ni se les da un respectivo seguimiento. De lo contrario, esta situación ya hubiera sido intervenida y se le hubiera dado solución. Y la totalidad de la población, tuviera acceso a las TIC. La alcaldía de Guayaquil, proporciona el servicio de internet gratuito, y redes inalámbricas, en varios sectores de la urbe y a los barrios periféricos, pero el servicio brindado, es gratuito, rápido, pero así mismo es limitado. El acceso a la tecnología no debería ser limitado, pero otro factor que hay que analizar, es el presupuesto de las instituciones competentes y entidades políticas.

Otro factor, causante de este problema en el país, es la falta de conocimiento de la ley por parte de la población, y es por esto también que las leyes no se cumplen de la manera correcta. Parte de la ciudadanía acude a juzgados, notarias o fiscalías, para la resolución del mismo, pero es en vano. Vivimos en una sociedad, donde la educación es un derecho, el analfabetismo y la ignorancia, han quedado atrás, el sistema educativo, la política, la sociedad, han cambiado en estos últimos años, pero no en su totalidad, aún deben mejorar más.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

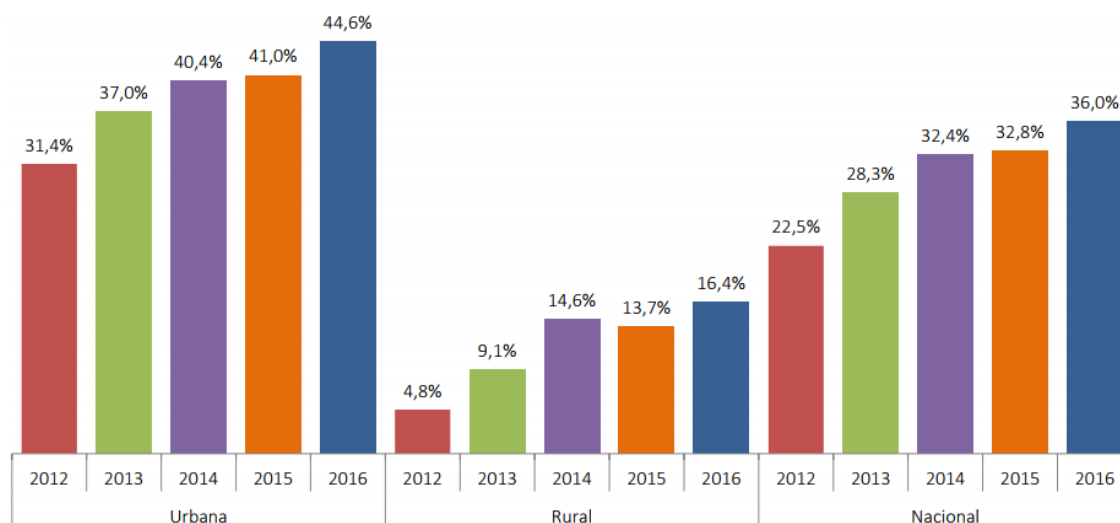
Medir la disponibilidad espectral en las distintas porciones de la banda UHF en un edificio de cinco plantas en el centro de la ciudad de Guayaquil, para con este análisis usar la técnica de acceso oportunista al espectro, para lograr un mejor uso del espectro y lograr el menor desperdicio posible del recurso natural.

### **1.2.2 Objetivos específicos:**

- Utilizar el modem de RTL como analizador de espectro, para la medición del mismo.
- Manejar la plataforma de medición de Radio definida por software (SDR), para el desarrollo de las mediciones espectrales.
- Estudiar los modelos de Acceso Dinámico al Espectro (DSA), para mitigar espacios en blanco en las porciones de las bandas del espectro radioeléctrico.
- Comprender en que consiste el mecanismo de Acceso Oportunista al Espectro (OSA), para el uso eficiente del espectro radioeléctrico.

## **1.3 Justificación**

Hoy en día, no toda la población tiene acceso a internet ni a la tecnología, se procedió a realizar mediciones de la actividad de espectro en la banda de frecuencia UHF, con la finalidad de determinar cuáles son los canales desocupados, es decir canales sin actividad o de uso escaso, para con dichos canales libres de demanda, proporcionar acceso a internet a las comunidades, sectores o instituciones con escasez de recursos económicos.



**Figura 1.1:** Estadísticas del acceso a internet según el área [5].

El plan Nacional del Buen Vivir agrega que la Constitución, reconoce el derecho al acceso a las TIC, y pone énfasis a las personas y comunidades, que carecen o tengan acceso limitado a dichas tecnologías. En el capítulo II, sección III, artículo 16, numeral 3, correspondiente a Derechos, dice lo siguiente:

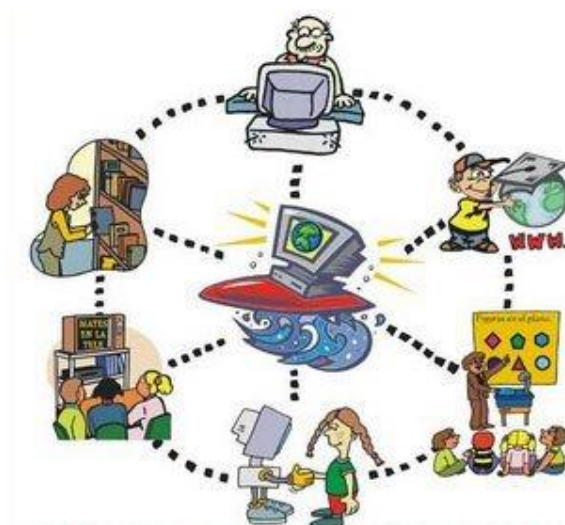
**“Título II: Derechos, Capítulo II: Derechos del Buen Vivir, Sección III: Comunicación e Información**

**Art. 16.-** Todas las personas, en forma individual o colectiva, tienen derecho a:

...

3. El acceso universal a las tecnologías de información y comunicación.

...” [6].



**Figura 1.2:** Tecnologías de la Información y Comunicación [7].

Es importante, atribuir con el desarrollo de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), para que este país tienda a desarrollar aún más en el ámbito tecnológico, y que el acceso a la información cubra todo el territorio nacional, ya que la información, la educación y la tecnología son esenciales en un país en desarrollo en la tecnología y ayudan a impulsar el progreso y la cultura de los seres humanos, para que este país tenga acceso a la tecnología moderna y a sus beneficios.



**Figura 1.3:** La tecnología en la Educación [8].

Todo esto en conjunto ayuda a fomentar el desarrollo de la Sociedad de la Información y del país.



**Figura 1.4:** Herramientas que nos proporciona las TIC [9].

Ya que el uso adecuado de la tecnología, generaría crecimiento económico, empleo, mejoraría el sistema educativo y la calidad de vida de todos los ecuatorianos.



**Figura 1.5:** Sociedad de la Información [10].

#### 1.4 Alcance

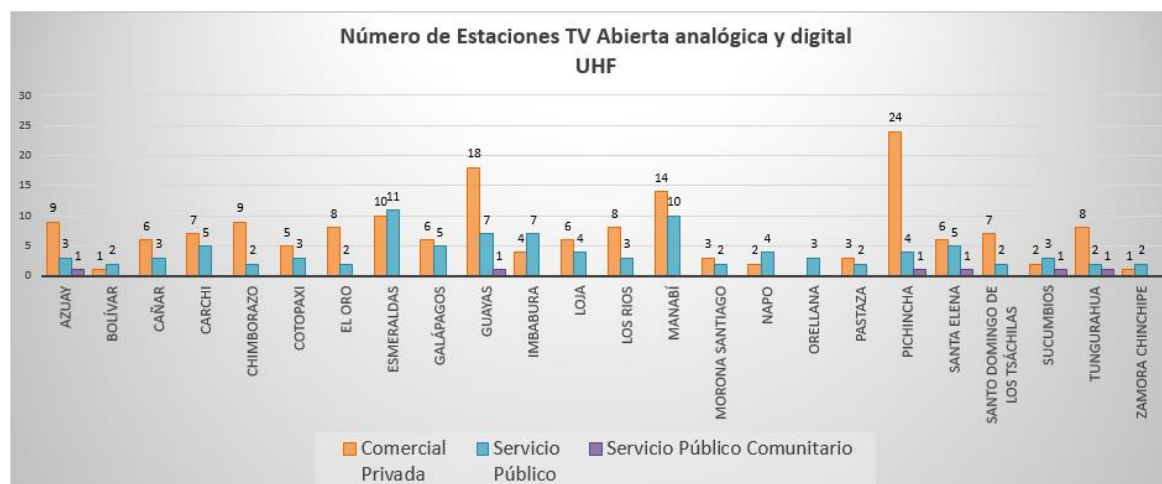
Se van a realizar las mediciones en la banda UHF, es decir en el rango de frecuencia desde 300 MHz hasta 3000 MHz, en un edificio de cinco plantas, ubicado en el centro de la ciudad de Guayaquil, las mediciones se realizarán en la segunda planta (primer piso) y cuarta planta (tercer piso), durante cinco días, en las dos plantas por igual y cada dos minutos.

Se realizarán las mediciones con el dispositivo DVB-T+DAB+FM+SDR, serie RTL2832U R820T2 TCXO+BIAS T+HF, de la marca RTL-SDR.COM en la banda de frecuencia anteriormente mencionada, ya que este dispositivo funciona en la banda de frecuencia [11].

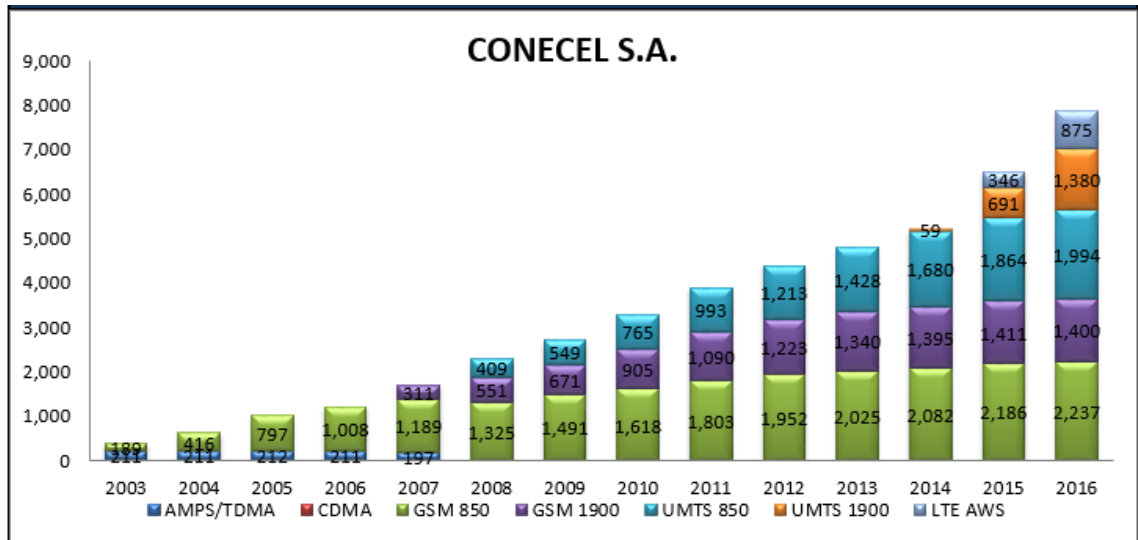
Para la configuración del software, utilizaremos el software MATLAB, por su accesibilidad de uso y porque el dispositivo es compatible con cualquier software [11].

Se procederá a medir la actividad de espectro, en el edificio N° 239, ubicado en la Av. Vicente Rocafuerte B. y Calle Imbabura, parroquia Carbo (Concepción) en la ciudad de Guayaquil.

A continuación, se muestran las estadísticas presentadas en el mes de noviembre del año 2017 por la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL), de los servicios prestados de telecomunicaciones, que trabajan en la banda UHF del espectro radioeléctrico:

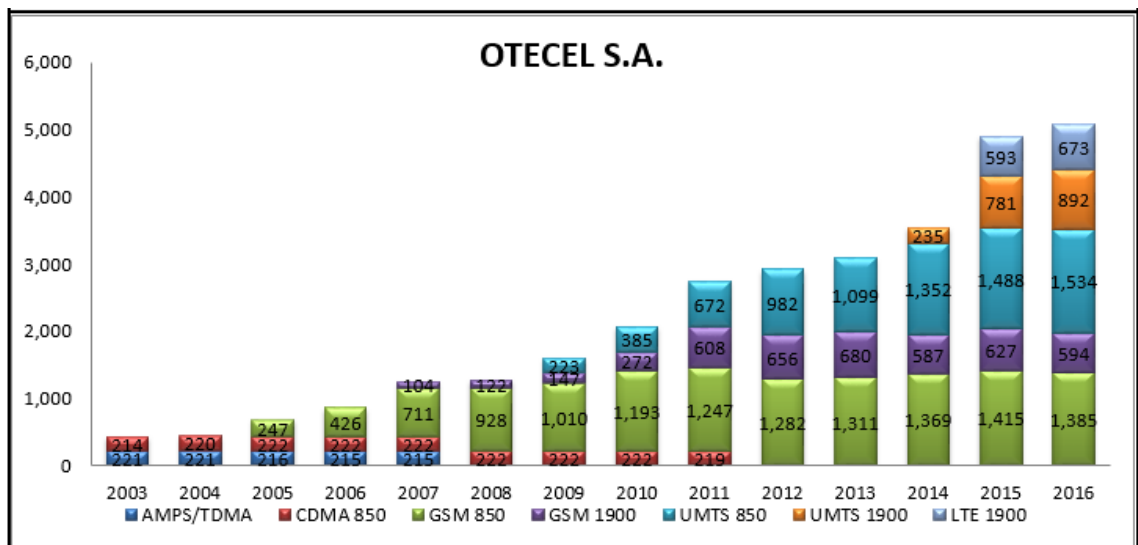


**Figura 1.6:** Estadísticas de infraestructura de televisión UHF a nivel provincial [12].



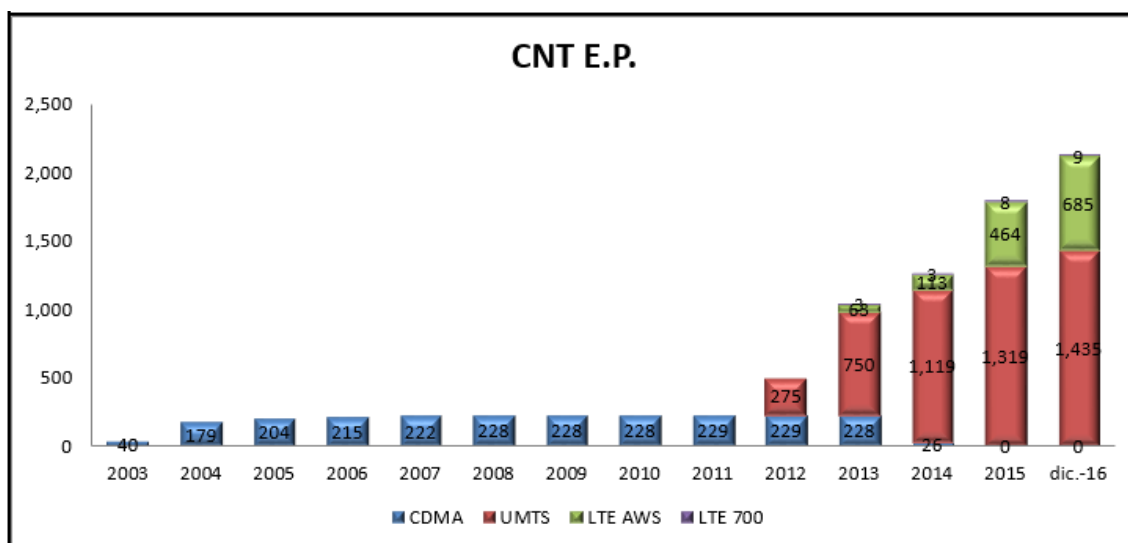
**Figura 1.7:** Estadísticas de infraestructura de telefonía móvil de CONECEL S.A.

[13].

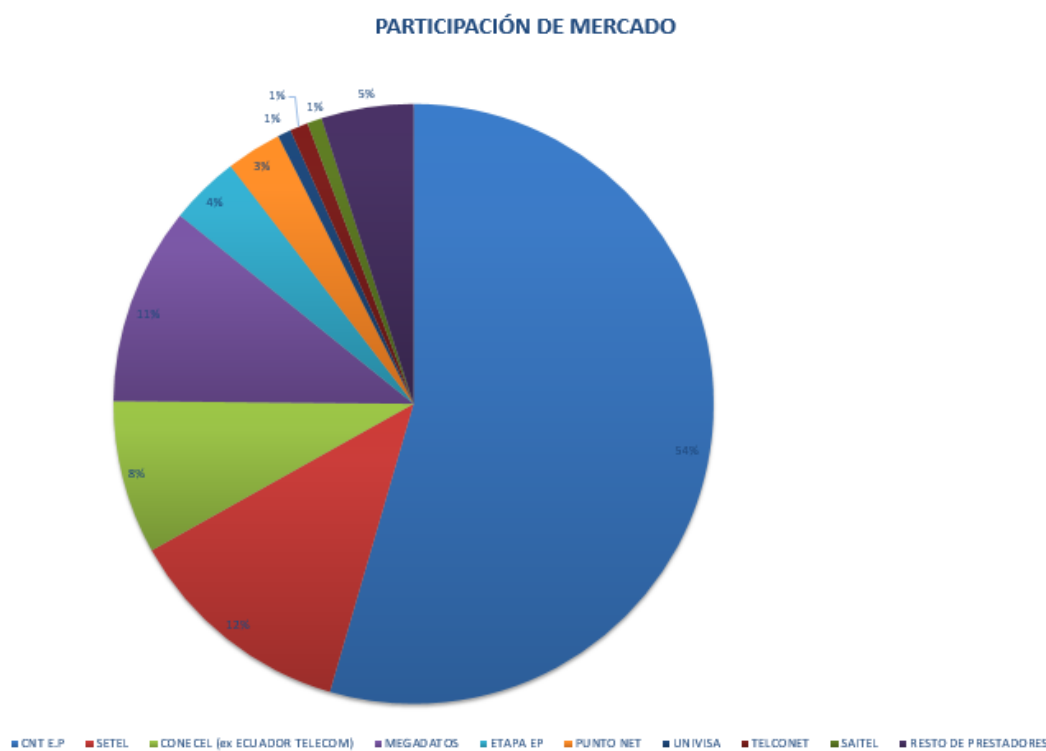


**Figura 1.8:** Estadísticas de infraestructura de telefonía móvil de OTECEL S.A. [13].



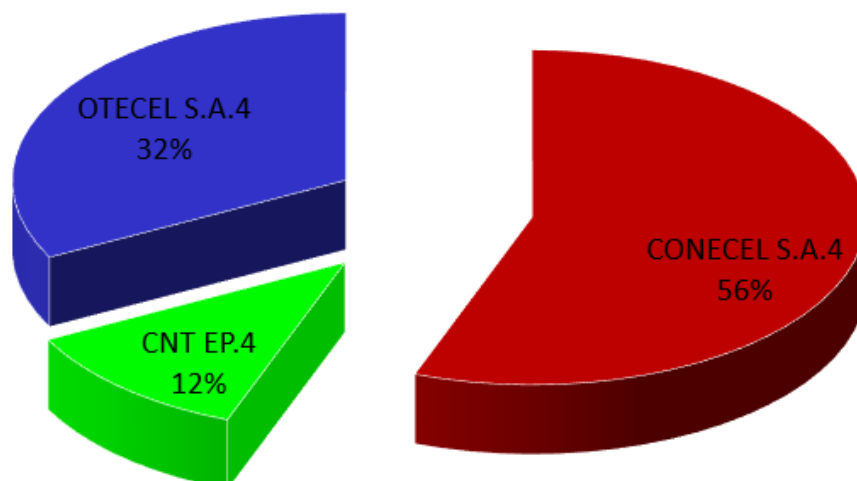


**Figura 1.9:** Estadísticas de infraestructura de telefonía móvil de CNT E.P. [13].



**Figura 1.10:** Estadísticas de cuentas de servicio de internet fijo por prestador [3].

## USUARIOS/CUENTAS INTERNET MÓVIL POR PRESTADOR



**Figura 1.11:** Estadísticas de cuentas de servicio de internet móvil por prestador [3].

## CAPÍTULO 2

### 2. MARCO TEÓRICO.

#### 2.1 Estado del arte

Se han realizado mediciones de espectro utilizando diferentes tipos y marcas de dispositivos, en proyectos anteriores de Materia Integradora. Este proyecto se basa en la medición del espectro en un lugar, donde la demanda y uso del espectro, son factores muy altos y constantes, se realizaron las mediciones con el propósito de dar a conocer los canales con menor demanda, para con dichas frecuencias, ayudar y beneficiar a aquellas comunidades, personas, que requieren servicios personales para su vida cotidiana, las mediciones se realizaran con dispositivos de la serie RTL, que trabajan con tecnología SDR (Radio definida por software), en un sistema operativo, para el monitoreo de las distintas frecuencias, las frecuencias medidas deberán estar en el rango de frecuencias de operación del dispositivo RTL-SDR.COM, que consta de una antena (Doodle), para absorber las señales [14], de algún ambiente en particular. Este dispositivo es un módem de Difusión de Video Digital Terrestre (DVB-T) sintonizador de televisión basado en un circuito integrado RTL2832U [15].



**Figura 2.1:** Equipo de medición [16].

Usaremos el software MATLAB, ya que es un software amigable y de menor demanda de procesamiento que otros softwares.



**Figura 2.2:** Herramienta de software MATLAB [17].

El espectro radioeléctrico es usado y explotado por usuarios con licencia, no todas las porciones espectrales son usadas, eso es un desperdicio del espectro, las bandas son medidas para realizar un análisis de disponibilidad de canales individuales, totales y conjuntos, para luego comprobar si se puede utilizar la técnica de OSA (Acceso Oportunista al Espectro), ya que para acceder a las bandas del espectro se necesitan permisos legales, con la técnica de OSA, esto no sería necesario. Sin embargo, debemos tener en cuenta, que debemos procurar de no interferir en las porciones de dichas bandas, para no afectar a los usuarios primarios, ya que ellos son los que tienen derecho prioritario del uso del espectro debido a que poseen los respectivos títulos habilitantes como lo requiere la Ley Orgánica de Telecomunicaciones (LOT).

## 2.2 Conceptos

- **Emisión:** Radiación enviada por una estación base transmisora radioeléctrica [18].
- **Espectro radioeléctrico:** Es un rango de frecuencias del espectro electromagnético, cuyas ondas se propagan por el espacio sin necesidad de algún medio artificial, utilizado para la prestación de diferentes servicios de telecomunicaciones [18].
- **Interferencia:** Señal resultante de la combinación de varias ondas electromagnéticas, proveniente de una o varias transmisiones, que ocasiona la atenuación de la señal deseada o pérdida de la comunicación, por causa de esta perturbación [18].
- **Ondas radioeléctricas:** Ondas electromagnéticas, cuyos rangos de frecuencia son inferiores a 3 THz, que se propagan en el vacío [18].
- **Radiación (radio eléctrica):** Flujo saliente de energía de un transmisor en forma de ondas radioeléctricas [18].
- **Radiocomunicación:** Transmisión y recepción de ondas de radio [18].
- **SDR:** Radio definida por software es un sistema de radiocomunicaciones, que los elementos de la capa física, generalmente implementados en

hardware, son desarrollados en software usando una computadora portátil y equipos de computación [19].

- **Asignación de Bandas de Frecuencias del espectro radioeléctrico:** El espectro radioeléctrico se divide en intervalos de frecuencia, por rangos de frecuencias y longitudes de onda de la siguiente manera [18]:

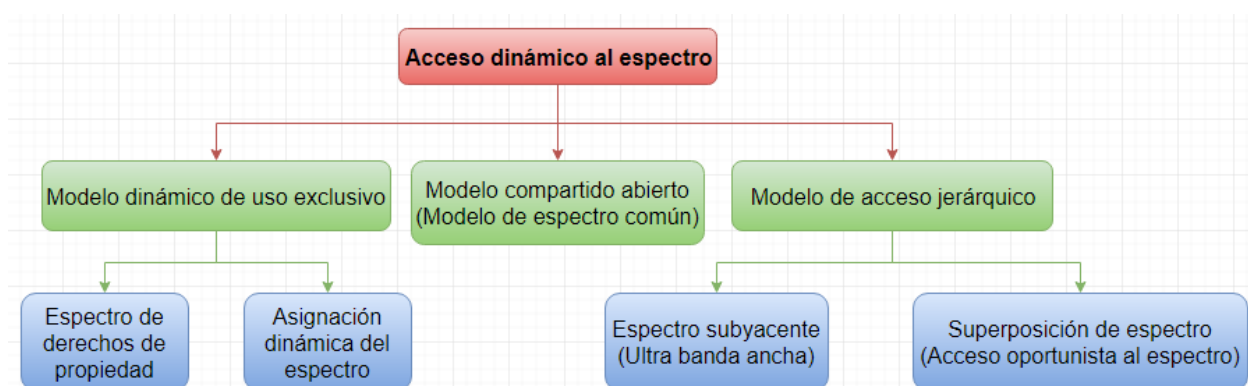
Número de la banda	Símbolos (en inglés)	Gama de frecuencias (excluido el límite inferior, pero incluido el superior)	Subdivisión métrica correspondiente	Abreviaturas métricas para las bandas
4	VLF	3 a 30 kHz	Ondas miriamétricas	B.Mam
5	LF	30 a 300 kHz	Ondas kilométricas	B.km
6	MF	300 a 3000 kHz	Ondas hectométricas	B.hm
7	HF	3 a 30 MHz	Ondas decamétricas	B.dam
8	VHF	30 a 300 MHz	Ondas métricas	B.m
9	UHF	300 a 3000 MHz	Ondas decimétricas	B.dm
10	SHF	3 a 30 GHz	Ondas centimétricas	B.cm
11	EHF	30 a 300 GHz	Ondas milimétricas	B.mm
12		300 a 3000 GHz	Ondas decimilimétricas	

**Tabla 1:** División de frecuencias del espectro radioeléctrico [18].

### 2.3 Acceso Dinámico al Espectro

El espectro radioeléctrico es un recurso natural no renovable, inalienable, imprescriptible e inembargable [6], por esa misma razón no debería ser explotado ineficientemente, ya que este recurso no se puede restaurar, ni renovar. Las bandas de frecuencia son utilizadas de manera ineficiente, hay porciones de las bandas que no siempre son utilizadas, a estas porciones se les llama espacios en blanco [20].

Existen estrategias y métodos para acceder al espectro radioeléctrico [21], estos métodos se pueden clasificar por tres categorías con sus respectivos modelos y técnicas, como se muestra en el siguiente cuadro sinóptico:



**Figura 2.3:** Clasificación del Acceso Dinámico al Espectro [22].

### 2.3.1 Modelo dinámico de uso exclusivo

Este modelo se acoge a las políticas de regulación del espectro, las bandas se otorgan mediante títulos habilitantes, para el uso exclusivo de un servicio en particular. Se requiere implementar flexibilidad para fomentar el uso eficiente del espectro. Este modelo se divide en dos ámbitos: Derechos de propiedad del espectro y asignación del espectro dinámico [22].

- **Derechos de propiedad del espectro:** Este ámbito permite a los usuarios primarios, escoger la tecnología. La economía del país, es un factor que influye en el uso del recurso limitado. Los usuarios autorizados, pueden arrendar su recurso con el propósito de obtener un beneficio o remuneración económica, el arrendamiento no es obligación establecida por ningún organismo especializado [22].
- **Asignación del espectro dinámico:** Tiene como propósito, incrementar la eficiencia del espectro, a través de la explotación reducida de diversos servicios. Es decir, el espectro se asigna a servicios durante un tiempo dado. De tal manera de mitigar espacios en blanco del espectro consecuente del tráfico [22].

### 2.3.2 Modelo compartido abierto

Conocido como Modelo de espectro común. En este modelo, el intercambio de las bandas es abierto. Este modelo se ha mantenido del éxito de los servicios que

funcionan en las bandas no licenciadas. El intercambio de porciones de espectro implicaría avances tecnológicos para este modelo de acceso al espectro [22].

### 2.3.3 Modelo de acceso jerárquico

Este modelo tiene una clasificación categórica con respecto a los usuarios. Y se basa en dar acceso a bandas licenciadas a los usuarios sin licencia. Este modelo se divide en dos ámbitos: Espectro subyacente y acceso oportunista al espectro [22].

- **Espectro subyacente:** Aplica condiciones a la potencia de transmisión de los usuarios no licenciados, para que operen bajo el nivel de ruido de los usuarios licenciados. Este ámbito ya que tiene prioridad con los usuarios licenciados, la explotación del espectro es mínima [22].
- **Superposición de espectro:** No aplica condiciones a la potencia de transmisión de los usuarios no licenciados, sino al tiempo. Se accede inmediatamente al espacio en blanco del espectro, permitiendo el uso de estos usuarios de forma disimulada [22].

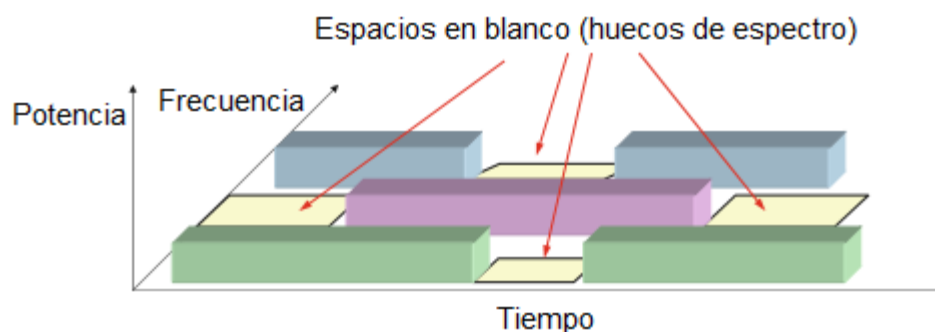
## 2.4 Radio cognitiva

La radio definida por software es una radio que opera en diferentes bandas, que acepta varias interfaces y protocolos volátiles y se puede volver a configurar por medio de software o sistemas digitales. La radio cognitiva construida en un soporte de software de radio, es inteligente y es basada en la reconfiguración automática y se adapta al medio de comunicación. El acceso dinámico al espectro es un uso de radio cognitiva, la radio cognitiva expone un modelo donde varios aspectos de los sistemas de comunicación pueden progresar gracias a la cognición [22].

## 2.5 Espacios en blanco

Las porciones de espectro no usadas o desocupadas, se definen como espacios en blanco o agujeros de espectro. Los anteriores, dan la posibilidad para el intercambio dinámico de espectro entre usuarios no licenciados y licenciados, para disminuir la demanda de espectro. Los usuarios no licenciados buscan bandas licenciadas desocupadas, de diferente tipo de servicio. Los usuarios no licenciados o secundarios deberán dar las porciones a los usuarios licenciados, cuando estos las requieran, para prevenir interferencias [23].



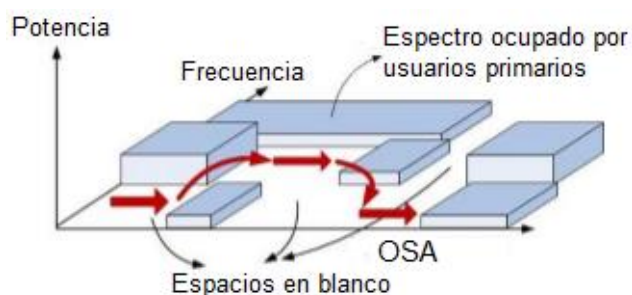


**Figura 2.4:** Agujeros de espectro o espacios en blanco [23].

## 2.6 Acceso Oportunista al Espectro

El Acceso Oportunista al Espectro (OSA, *Opportunistic Spectrum Access*), es una técnica de Acceso Dinámico al Espectro (DSA, *Dynamic Spectrum Access*), desde una perspectiva de Modelo de acceso jerárquico, este mecanismo tiene como propósito evadir los problemas de escasez o de uso ineficiente del espectro radioeléctrico, problema causado por la administración y distribución de dicho recurso natural [24].

Los usuarios que no poseen concesiones, ni ningún tipo de licencia o permiso, se denominan usuarios secundarios, mientras que los usuarios que poseen permisos o los respectivos títulos habilitantes [24], otorgados por la autoridad competente de Telecomunicaciones, se denominan usuarios primarios. En el Ecuador, el organismo competente es la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL) [25]. Los usuarios secundarios pueden acceder y utilizar las porciones de las bandas espectrales desocupadas o disponibles en algún intervalo de tiempo. Los usuarios primarios, tienen la preferencia, prioridad y todo el derecho de explotar sus respectivas bandas de frecuencia asignadas, debido a que cuentan con los permisos legales y jurídicos. La técnica de OSA, tiene como finalidad favorecer a los usuarios secundarios y al mismo tiempo, preservar a los usuarios primarios de las interferencias u obstrucciones [22].



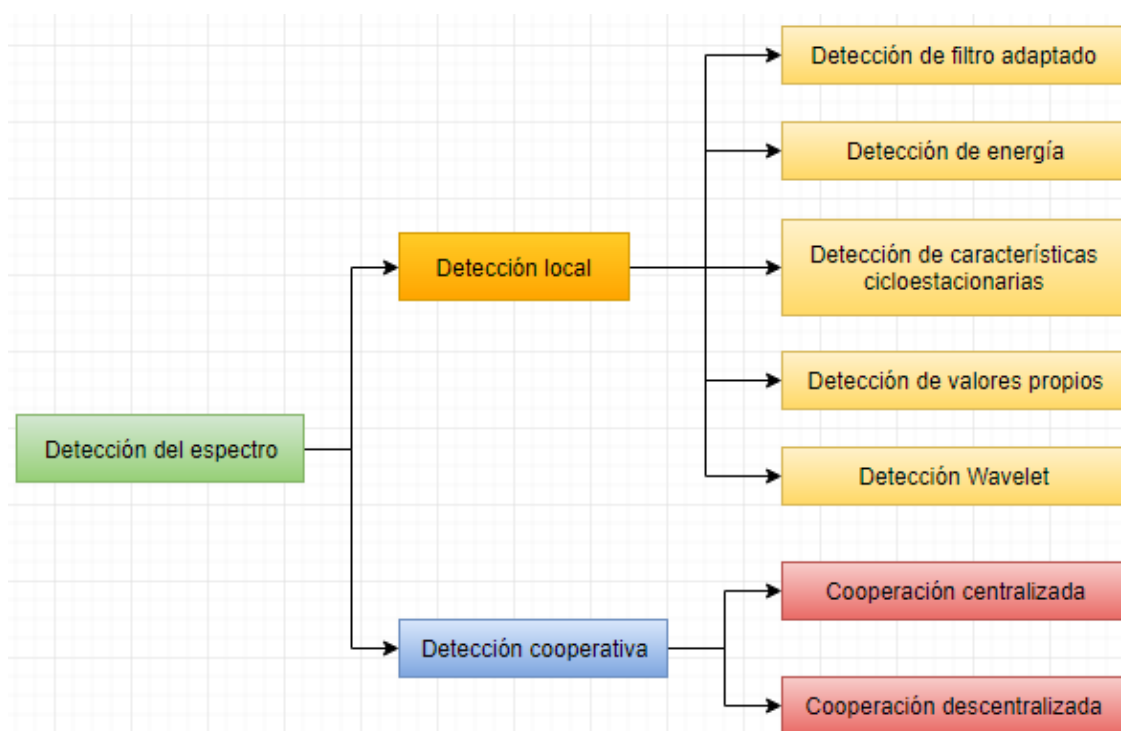
**Figura 2.5:** Acceso Oportunista al Espectro [26].

La tecnología de radio cognitiva, acepta que los usuarios secundarios, accedan y usen el espectro de modo oportunista, concedido a usuarios primarios, mitigando problemas de uso ineficiente del espectro y escasez del mismo. Cuando un usuario primario alcanza una frecuencia en particular, el usuario secundario deberá liberar esa porción de espectro, eso se denomina transferencia de espectro [27].

### 2.7 Detección del espectro

Es una parte principal para la arquitectura OSA. Primero se necesita detectar la banda de espectro desocupada para enviar y recibir paquetes. Después, los usuarios sin licencia necesitan detectar bandas requeridas para su comunicación, para detectar si hay presencia de usuarios primarios en dichas bandas. En caso de existir usuarios primarios, los usuarios secundarios deberán abandonar la banda de manera inmediata para mitigar y evadir interferencias.

La detección de espectro, tiene la expectativa de detectar receptores de usuarios primarios, este es un dispositivo pasivo y es complejo de detectar. El enfoque de la detección de espectro está en la detección del transmisor [23]. Las técnicas de detección de espectro se clasifican de la siguiente manera:



**Figura 2.6:** Técnicas de detección de espectro [23].

### 2.7.1 Detección local

La detección de espectro por cada usuario sin licencia de manera individual se denomina detección local [23].

- **Detección de filtro adaptado:** Se enfoca en el conocimiento básico de las características de los usuarios licenciados, como por ejemplo la modulación y formato del paquete [23].
- **Detección de energía:** No necesita conocimiento de las características de los usuarios licenciados. Otra ventaja es la fácil implementación. La energía de la señal recibida es comparada con un umbral. Si la señal sobrepasa el umbral, corresponde a un usuario primario y por ende la banda se encuentra ocupada. Caso contrario, la banda está sin actividad o desocupada. Lo malo de esta técnica es que no tiene protección contra el ruido de alta potencia y esto podría perjudicar a la detección de energía y la probabilidad de error sería mayor [23].

- **Detección de características cicloestacionarias:** Tiene la finalidad de limitar y mitigar el ruido. Sus medios presentan una característica de periodicidad [23].
- **Detección de valores propios:** Esta técnica usa valores propios de la matriz de covarianzas de la señal recibida para identificar si existen usuarios con licencia (primarios) [23].
- **Detección Wavelet:** Es un instrumento matemático utilizado para el análisis de señales. Se puede utilizar para identificar la presencia de señales de usuarios licenciados, en un espectro amplio [23].

### 2.7.2 Detección cooperativa

La detección local, es un inicio de la detección de espectro. Pero esta técnica no es exacta en su totalidad, para la detección de usuarios licenciados por causa de factores de propagación. Esta técnica de detección tiene como enfoque fomentar la precisión de detección por medio de la participación entre usuarios no licenciados en la detección de espectro [23].

- **Cooperación descentralizada:** Los usuarios secundarios o no licenciados, intercambian los resultados obtenidos de detección local. Luego cada usuario secundario puede decidir y tener su punto de vista con respecto a una porción de espectro [23].
- **Cooperación centralizada:** Un responsable de unión, toma los resultados obtenidos de los usuarios secundarios. Después decide. La decisión puede ser de dos tipos: Fusión de datos o fusión de decisiones. La fusión de datos consiste en que los usuarios secundarios envían los datos de detección al responsable (centro de fusión). La fusión de decisión consiste en que cada usuario secundario, procesa los datos de detección y toma una decisión, esa decisión es enviada al responsable, ese responsable toma la decisión final sobre la banda [23].

### 2.8 Intercambio de espectro

En este ámbito, los diferentes tipos de usuarios tienen acceso mutuo exclusivo a una banda del espectro. Los usuarios no licenciados pueden acceder a una cierta

banda, cuando los usuarios licenciados no le están dando uso. Los usuarios no licenciados dependen de la detección de espectro para identificar si existe la presencia de usuarios licenciados o primarios en dicha banda. Generalmente, todo se basa en la perspectiva de detección de espectro, sobre todo en el intercambio de espectro.

El acceso oportunista al espectro se caracteriza por incrementar el uso de espectro. No obstante, el acceso mutuo exclusivo y el privilegio de acceso al espectro por parte de los usuarios licenciados, limita el uso de los usuarios secundarios, debido a su uso prioritario, causen incomodidad a este tipo de usuarios. Provocando un rendimiento inestable y una calidad ineficiente para la comunicación de usuarios secundarios [23].

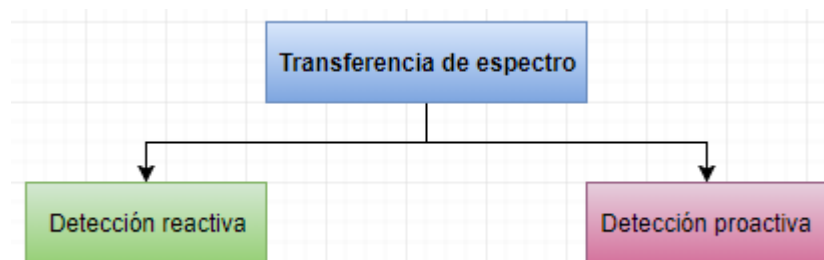
## **2.9 Transferencia de espectro**

La transferencia de espectro consiste en migrar la comunicación o actividad del usuario no licenciado desde el canal reciente a un canal disponible. Habrá retardos y la comunicación de los usuarios no licenciados y su rendimiento se verá perjudicado. Dos escenarios vinculados a usuarios licenciados o primarios pueden provocar el cambio de espectro en redes de radio cognitiva.

Primero, al llegar un usuario licenciado a un canal autorizado, usado por algún usuario no licenciado, se exige a este último a realizar la transferencia de espectro, es decir, restaurar la comunicación en algún canal desocupado o vacante. En segundo lugar, la transferencia de espectro, se da debido al movimiento de los usuarios secundarios. La regla dice que los usuarios primarios o autorizados tendrán prioridad en el uso de las bandas licenciadas. Si un usuario secundario causa la interferencia a un usuario primario, el usuario secundario deberá abandonar el canal autorizado de forma instantánea.

Los usuarios primarios ocupan el espectro, sin control por parte de los usuarios secundarios, la calidad de servicio de canal de comunicación puede presentar cambios en el tiempo y espacio. Es imposible que los usuarios secundarios realicen seguimientos de la calidad del canal utilizado para la transmisión. Si la calidad del canal tiende a deteriorarse, el cambio de espectro sería una alternativa para mantener la actividad del usuario secundario.

El cambio de espectro comprende dos partes: fase de evaluación y fase de mantenimiento del enlace. En la fase de evaluación, el usuario no licenciado analiza el entorno e inspecciona si existen factores causantes de cambio de espectro, después el usuario no licenciado se cambia de espectro. Luego entra en la fase de mantenimiento de enlace. En esta fase el usuario no licenciado establece una interrupción en la transmisión. Después este usuario cede el canal al usuario licenciado y restaura la transmisión en otro canal disponible. El cambio de espectro es el problema principal en la traslación de espectro. Los métodos de transferencia de espectro, tienen como propósito ayudar a los usuarios no licenciados a identificar canales competentes para restaurar la transmisión no terminada. Los mecanismos de transferencia de espectro se pueden clasificar en dos tipos según los procedimientos de selección de canal objetivo [27]. A continuación, se muestra un cuadro sinóptico de los mecanismos de transferencia de espectro:



**Figura 2.7:** Clasificación de los mecanismos de transferencia de espectro [27].

Para la transferencia de espectro de detección proactiva, los usuarios no licenciados inspeccionan los canales para determinar la demanda de uso del canal respectivo, hallar los canales objetivo para el cambio de espectro con el análisis a largo plazo. Los usuarios no licenciados preparan los canales destinados para realizar el respectivo cambio de espectro previo a la transmisión.

Para el traspaso del espectro de detección reactiva, los canales objetivo se buscan por demanda. Los resultados inmediatos de la detección de banda ancha se utilizarán para hallar el canal objetivo para el cambio de espectro cuando este se solicite o se requiera [27].

- **Transferencia reactiva:** En este traspaso, el usuario no licenciado emplea la detección del espectro reactivo y la perspectiva de la acción de transferencia

reactiva. Al activarse la transferencia, el usuario no licenciado realiza la detección de espectro para encontrar el canal de respaldo de destino. Por consiguiente, la comunicación del enlace se transfiere al nuevo canal objetivo. Los eventos de selección de canal de destino y la acción de transferencia ocurren después de la activación. El canal objetivo será más preciso ya que la detección de espectro se realizó en el entorno de espectro más relevante. Pero la precisión, implicará retardos y latencia de transferencia debido a la detección de espectro [27].

- **Transferencia proactiva:** En este traspaso, el usuario no licenciado utiliza detección de espectro proactiva y la perspectiva de la acción de transferencia proactiva. El usuario secundario realiza la detección de espectro para encontrar un canal de destino de reserva antes de que tenga lugar el traspaso real. De acuerdo al conocimiento del nivel de tráfico de usuarios primarios, el usuario secundario puede pronosticar la llegada de usuarios licenciados, para liberar el canal antes de que lleguen estos últimos. La selección de canal y la transferencia, ocurren antes de la activación de transferencia. Este tipo de transferencia implica un nivel de retardo mínimo, ya que la selección de canal y la transferencia se dan de manera anticipada [27].

## 2.10 Frecuencia Ultra Alta

Frecuencia Ultra Alta (*UHF, Ultra High Frequency*), es una banda de frecuencia que está definida en un rango que va desde 300 MHz hasta 3 GHz. La longitud de onda es pequeña debido a que la frecuencia de operación de esta banda es muy alta [28].

Los servicios prestados de telecomunicaciones que trabajan en esta banda son: La televisión, telefonía celular, comunicaciones móviles, etc [29].

Los dispositivos para una comunicación inalámbricas son pequeños, ya que la longitud de onda de esta banda es corta [28].

## 2.11 Antena UHF y sus tipos

Una antena UHF es una antena diseñada para la recepción de ondas de radio en frecuencia ultra alta, en el rango de 300 MHz a 3 GHz. La Comisión Federal de

Comunicaciones (FCC), ha elaborado rangos de frecuencia para los diversos servicios de telecomunicaciones. El lazo de la parte trasera de la antena, nos ayuda a distinguirla como antena UHF, estas antenas tienen varias formas y longitudes para los diferentes usos y aplicaciones [30].



**Figura 2.8:** Antena UHF [30].

- **Antena de fusta**

Es un tipo de antena muy básica y sencilla, es una barra flexible conectada a un conductor. Esta antena es usada en los vehículos, estas antenas reciben ondas de radio de frecuencia baja, incluso VHF. Los teléfonos celulares, teléfonos inalámbricos y otros dispositivos emiten y reciben señales UHF por medio de una antena de fusta recubierta con plástico. La antena de fusta más pequeña se la usa para las señales de radio en UHF [30].

- **Antena de espiral**

Usada para la recepción de televisión por aire, a partir del canal catorce en Estados Unidos, no es usada como solución autónoma para la recepción UHF. La antena está compuesta de un cable redondo que conecta dos conductores [30].

- **Antena de pajarita**

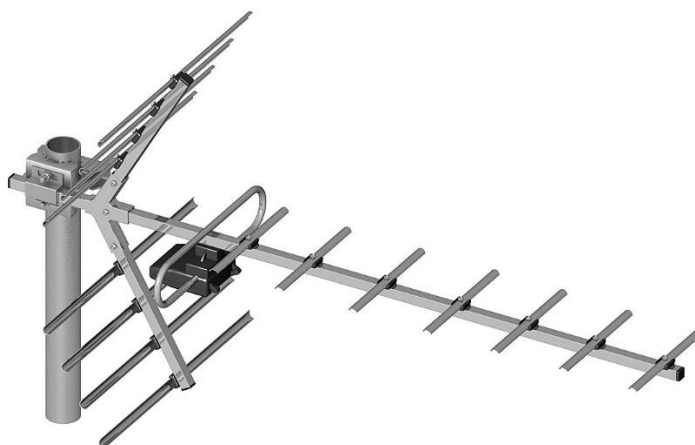
Estas antenas tienen la forma del borde de una pajarita. Usadas para la recepción de televisión UHF, poseen dos conductores, como la antena de espiral. Pero no se conecta los conductores. La antena tiene dos lazos, cada lazo gira sobre sí mismo y se conecta a un mismo conductor. Usualmente estas antenas tienen diseños



débiles, las antenas con varios alzos y una pantalla reflectora funcionan mejor para la recepción de señales UHF [30].

- **Antena Yagi-Uda**

Esta antena fue inventada por dos japoneses, antena comúnmente usada para la transmisión y recepción UHF. Es unidireccional, es decir, transmite y recibe señales en una sola dirección. Permite recibir señales fuertes si apunta correctamente a la base y es inmune a interferencias. Usada para la recepción de televisión, por lo general en los techos, también sirve para la comunicación de radioaficionados. Es una vara larga, con varas más pequeñas que se pueden apreciar [30].



**Figura 2.9:** Antena Yagi-Uda [31].

## 2.12 Canalización de las bandas

Las bandas de frecuencia se dividen en 42 canales de 6 MHz de ancho de banda, cada canal [32], como se muestra a continuación:

RANGO DE FRECUENCIAS MHz	BANDA	CANAL No. MHz	PORTADORAS	
			Video (MHz)	Audio (MHz)
VHF 54 - 72	1	2 (54 - 60)	55.25	59.75
		3 (60 - 66)	61.25	65.75
		4 (66 - 72)	67.25	71.75
VHF 76 - 88	2	5 (76 - 82)	77.25	81.75
		6 (82 - 88)	83.25	87.75
VHF 174 - 216	3	7 (174 - 180)	175.25	179.75
		8 (180 - 186)	181.25	185.75
		9 (186 - 192)	187.25	191.75
		10 (192 - 198)	193.25	197.75
		11 (198 - 204)	199.25	203.75
		12 (204 - 210)	205.25	209.75
UHF 500 - 608	4	13 (210 - 216)	211.25	215.75
		19 (500 - 506)	501.25	505.75
		20 (506 - 512)	507.25	511.75
		21 (512 - 518)	513.25	517.75
		22 (518 - 524)	519.25	523.75
		23 (524 - 530)	525.25	529.75
		24 (530 - 536)	531.25	535.75
		25 (536 - 542)	537.25	541.75
		26 (542 - 548)	543.25	547.75
		27 (548 - 554)	549.25	553.75
		28 (554 - 560)	555.25	559.75
		29 (560 - 566)	561.25	565.75
		30 (566 - 572)	567.25	571.75
		31 (572 - 578)	573.25	577.75
		32 (578 - 584)	579.25	583.75
		33 (584 - 590)	585.25	589.75
34 (590 - 596)	591.25	595.75		
35 (596 - 602)	597.25	601.75		
36 (602 - 608)	603.25	607.75		
UHF 614 - 644	4	38 (614 - 620)	615.25	619.75
		39 (620 - 626)	621.25	625.75
		40 (626 - 632)	627.25	631.75
		41 (632 - 638)	633.25	637.75
		42 (638 - 644)	639.25	643.75
UHF 644 - 686	5	43 (644 - 650)	645.25	649.75
		44 (650 - 656)	651.25	655.75
		45 (656 - 662)	657.25	661.75
		46 (662 - 668)	663.25	667.75
		47 (668 - 674)	669.25	673.75
		48 (674 - 680)	675.25	679.75
		49 (680 - 686)	681.25	685.75

**Tabla 2:** Canalización de las bandas [32].

**Nota:** La banda 608-614 MHz correspondiente a canal 37 está asignada para Radioastronomía [32].

### 2.13 Grupos de canales para televisión UHF

Grupos	Canales
G1	19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33, 35
G2	20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36
G3	39, 41, 43, 45, 47, 49
G4	38, 40, 42, 44, 46, 48

**Tabla 3:** Grupos de canales para televisión UHF [32].

### 2.14 Reserva de canales

Los canales 19 y 20 están reservados para el Estado. En caso de ser necesario se utilizarán estas bandas de frecuencias para facilitar el proceso de migración a la Televisión Digital [32].

### 2.15 Potencia radiada máxima

Este valor de potencia no deberá producir un campo eléctrico que supere los límites establecidos del mismo, ya sea en zona poblacional u ocupacional [32].

### 2.16 Sistema de transmisión

Para la transmisión de televisión, se establece el sistema de Comité Nacional de Sistema de Televisión (NTSC) de 525 líneas, con las características técnicas establecidas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC), en todo el territorio nacional [32].

## CAPÍTULO 3

### 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

En los capítulos anteriores, se mencionaron los problemas con el uso y explotación del espectro radioeléctrico, las causas del problema fueron analizadas, sobre todo la explotación del espectro por parte de los usuarios primarios. Se nombraron soluciones al problema, usando técnicas de acceso al espectro, para que los usuarios mejoren la calidad de uso de dicho recurso natural, la técnica de Acceso Oportunista al Espectro (OSA), ayudará a resolver problemas de uso del espectro de una manera temporal y eficaz.

En este capítulo, explicaremos la metodología a usar para la obtención de datos en el escenario de estudio y se explicará el modelamiento estadístico para el análisis de estudio, es decir, determinaremos la disponibilidad de canales.

El estudio fue efectuado en el centro de Guayaquil, por la densidad de la población y la gran demanda de uso del espectro, por parte de los usuarios.

El escenario de estudio fue un edificio de cinco plantas ubicado el Av. Vicente Rocafuerte B. y Calle Imbabura N° 239, con coordenadas de longitud -2.187907 y de latitud -79.879463, en un sector donde se encuentran bastantes edificios cercanos al edificio donde se realizaron las mediciones. En la Figura 3.1, se muestra la vista frontal del edificio tomado como escenario de estudio:



**Figura 3.1:** Vista frontal del edificio del escenario de estudio.

Las mediciones se realizaron en la segunda planta (primer piso) y la cuarta planta (tercer piso), por cinco días cada dos minutos. Las mediciones nos proporcionan los datos de potencia en un rango de frecuencia, en este caso la banda UHF. En la Figura 3.2, se muestra la vista lateral del edificio tomado como escenario de estudio:



**Figura 3.2:** Vista lateral del edificio del escenario de estudio.

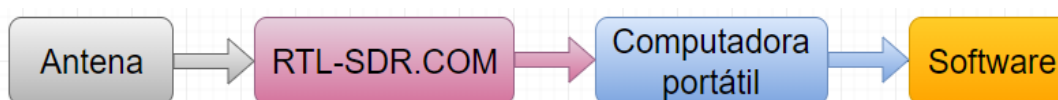
En la Figura 3.3, se muestra la ubicación y las coordenadas del edificio tomado como escenario de estudio:



**Figura 3.3:** Ubicación del edificio tomado como escenario de estudio.

### 3.1 Metodología

Para realizar las mediciones, se necesita un dispositivo RTL-SDR.COM, una computadora portátil y un algoritmo para la medición a realizar, en el software MATLAB. En la Figura 3.4, se muestra el diagrama de bloques de la conexión de los dispositivos para la respectiva medición de potencias:



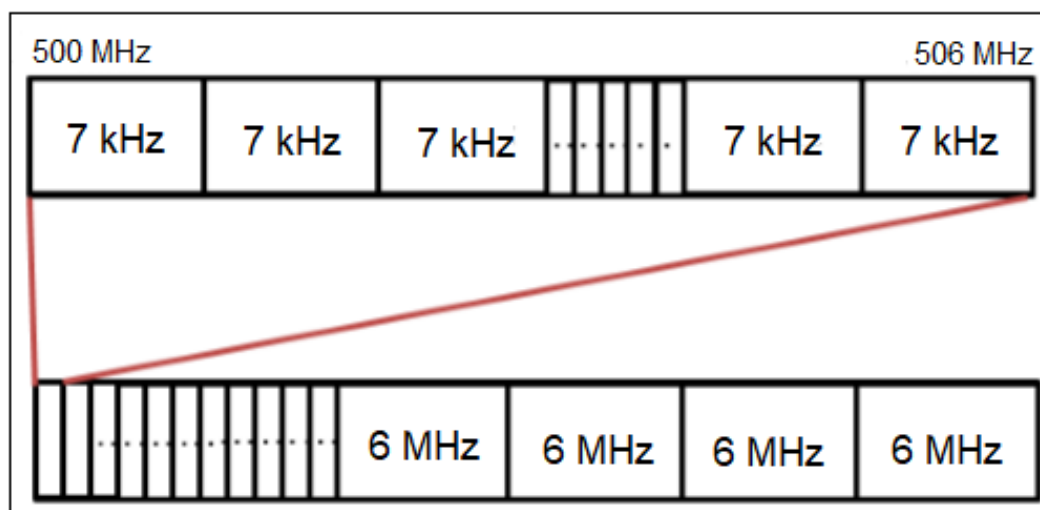
**Figura 3.4:** Diagrama de bloques de la conexión de los dispositivos para la medición de potencias.

El dispositivo que captura los datos en la medición es el dispositivo RTL-SDR.COM, que utiliza tecnología de radio definida por software, el dispositivo consta de un dongle basado en un chip económico, su precio está al alcance de los usuarios, ya que un analizador de espectro real es mucho más costoso.

Los datos de potencia obtenidos están en unidad de decibelios, para que no sean complicados los cálculos a realizarse a partir de los valores conocidos.

Los datos conocidos serán los niveles de potencia captados por el dispositivo que se conecta a una antena, en el paquete del dispositivo, vienen dos antenas, pero usamos la más larga debido a su ganancia.

La herramienta MATLAB, nos proporciona un dato cada 7 kHz, los análisis se realizaron por canal y por instante de tiempo, cada canal tiene 6 MHz de ancho de banda. Los datos obtenidos, los visualizaremos en una hoja de cálculo (Microsoft Excel) y estos se procederán a ser analizados. En la Figura 3.5, se muestra la configuración de la obtención de datos del dispositivo RTL-SDR.COM:



**Figura 3.5:** Configuración de la obtención de datos del dispositivo RTL-SDR.COM.

### 3.2 Modelamiento estadístico

Una vez ordenados los datos obtenidos según la hora y canal, se comparan los datos obtenidos con el valor de umbral, determinado a partir de los promedios de potencias de los canales vacíos.

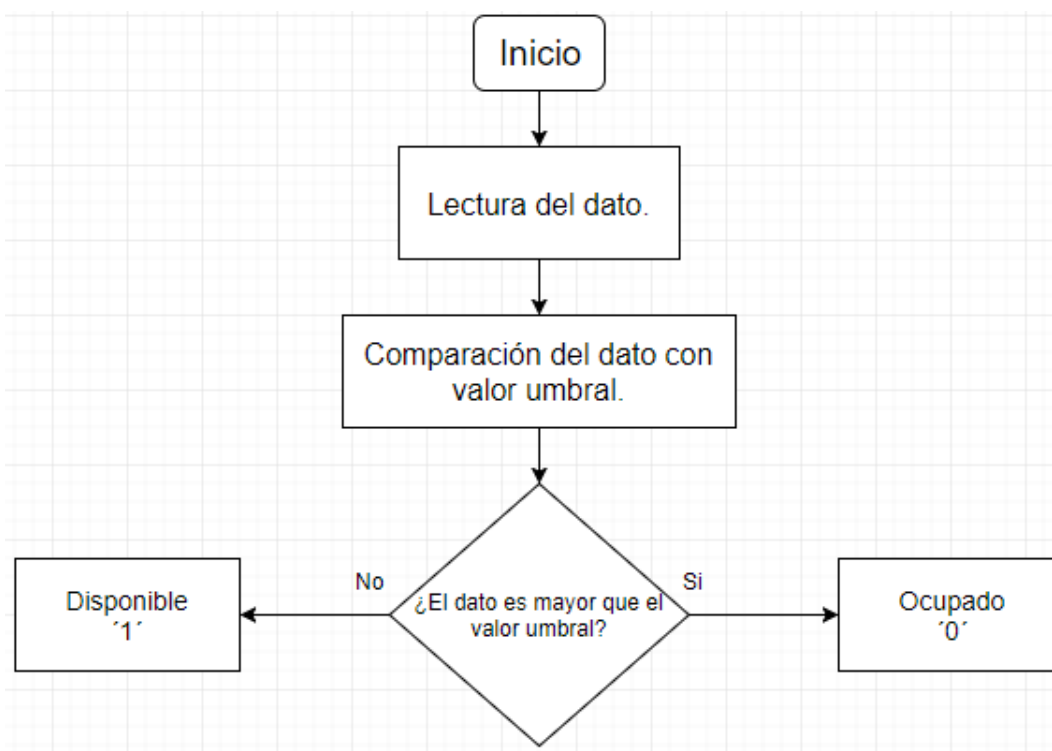
En la Tabla 4, se muestran los pisos de ruido y los valores umbrales de referencia para determinar la disponibilidad de canales:



	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES	
PISO 3	NF	NF+4dB	NF	NF+4dB	NF	NF+4dB	NF	NF+4dB	NF	NF+4dB
	-63,3682195	-59,3682195	-63,3640735	-59,3640735	-63,4472698	-59,4472698	-63,3379527	-59,3379527	-63,3363163	-59,3363163
PISO 1	NF	NF+4dB	NF	NF+4dB	NF	NF+4dB	NF	NF+4dB	NF	NF+4dB
	-63,9081374	-59,9081374	-63,6372743	-59,6372743	-63,452896	-59,452896	-63,3374544	-59,3374544	-63,3338327	-59,3338327

**Tabla 4:** Pisos de ruido y valores umbrales.

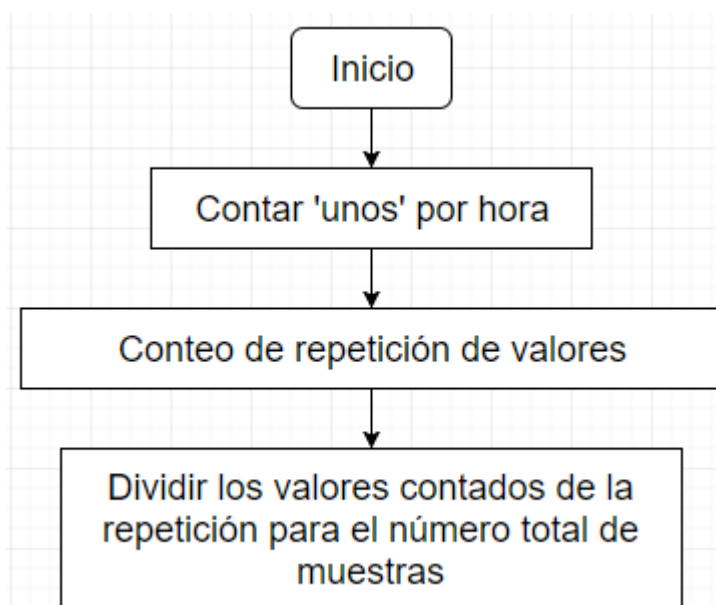
Con estos valores se diseñará un algoritmo para la determinación de disponibilidad de canales:



**Figura 3.6:** Algoritmo para la determinación de disponibilidad de canal.

Como se muestra en el algoritmo, primero se dará la lectura del dato obtenido por canal, luego estos datos serán comparados con los valores umbrales. Si el dato es menor que el valor umbral, el canal está disponible y dicho estado se representará con un '1', si el dato es mayor o igual al valor umbral, el canal está ocupado y dicho estado se representará con un '0'. Se realizan las matrices de ceros y unos para

cada instante de tiempo. Las matrices serán procesadas, como se indica en la Figura 3.7:



**Figura 3.7:** Procesamiento de las matrices de ceros y unos.

El procesamiento de matrices de ceros y unos, nos permite determinar la función de densidad de probabilidad (PDF) y la función de distribución acumulada (CDF), cuando las matrices están agrupadas, se contarán los 'unos' por hora, que son los canales disponibles en una hora. Después se contarán las repeticiones de cantidades de canales disponibles en una hora. Por último, los valores del conteo se dividirán para la cantidad de muestras.

### **3.2.1 Probabilidad de disponibilidad de canales individuales**

La probabilidad de disponibilidad de canales individuales se calcula sumando la cantidad de 'unos' correspondientes a un canal y dividiendo ese valor para la cantidad total de muestras por canal.

### **3.2.2 Probabilidad de disponibilidad de canales totales**

La probabilidad de disponibilidad de canales totales se calcula sumando la cantidad de veces que se da un número total de canales y dividiendo ese

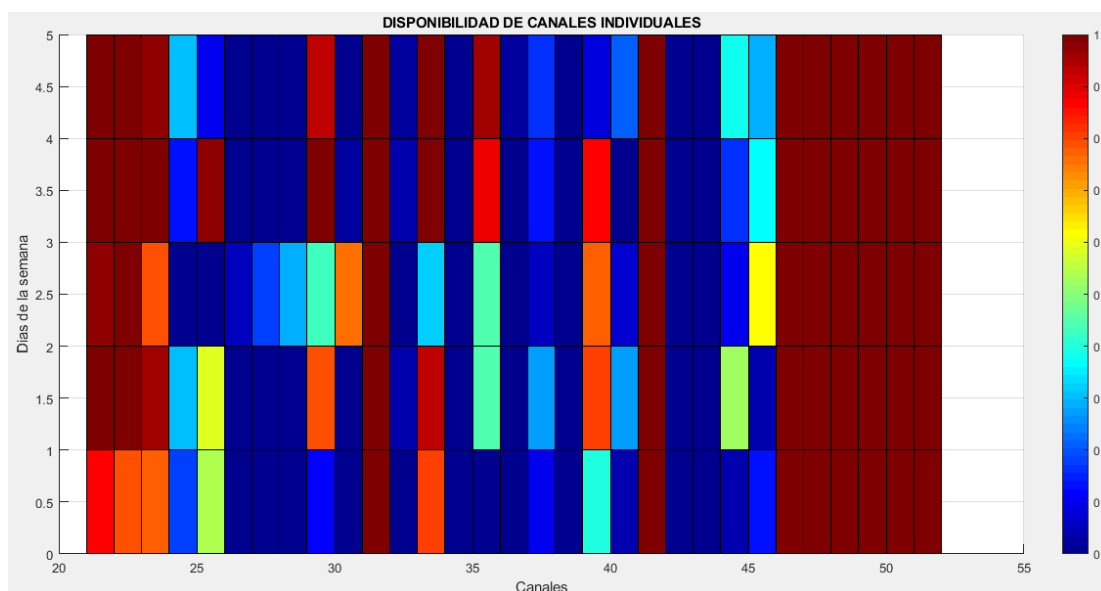
valor para la cantidad total de muestras de totales de canales en un determinado tiempo.

### 3.2.3 Probabilidad de disponibilidad de canales conjuntos

La probabilidad de disponibilidad de canales conjuntos se calcula sumando la cantidad de veces que se da un número de agrupaciones de canales y dividiendo ese valor para la cantidad total de muestras de agrupaciones de canales en un determinado tiempo.

### 3.3 Gráficos de disponibilidad de canales individuales

Para mostrar la disponibilidad de canales individuales, se utiliza un gráfico de colores para representar la probabilidad de disponibilidad de los canales por piso. El color rojo representa los canales disponibles mientras que el color azul representa los canales ocupados. El color de las siguientes gráficas está en función del valor del piso del ruido que hay por piso del edificio, el cual fue mencionado anteriormente en la Tabla 4. En la Figura 3.8, se muestra la disponibilidad de canales individuales correspondientes al primer piso.

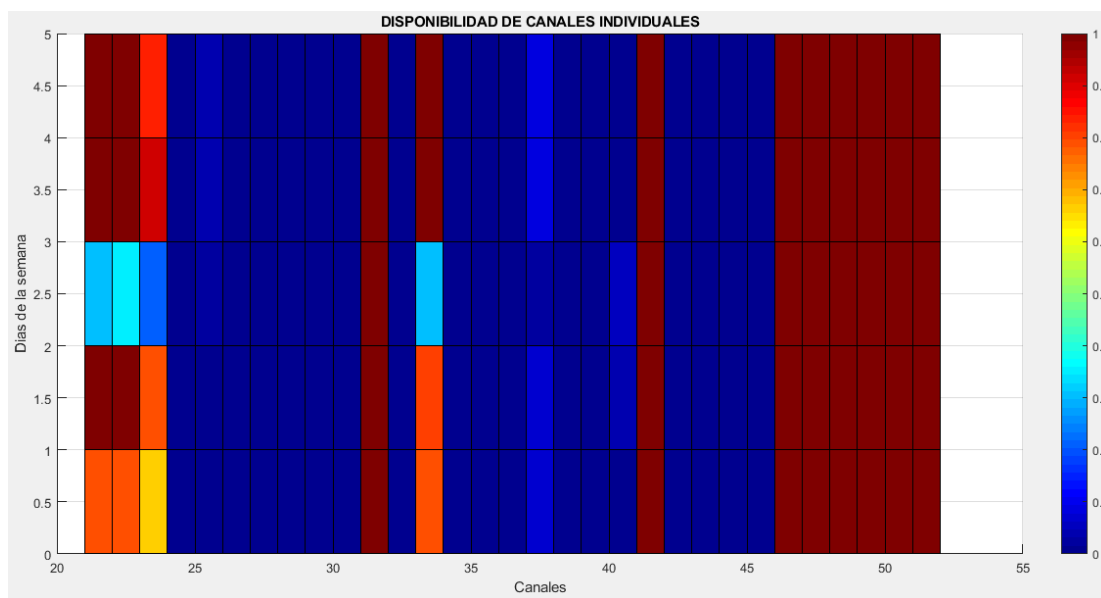


**Figura 3.8:** Disponibilidad de canales individuales en el primer piso.

En la Figura 3.8, los colores rojos intensos representan los canales disponibles, mientras que los colores azules representan los canales ocupados. En este caso,

los canales 31, 41, 46, 47, 48, 49, 50 y 51 se encuentran disponibles durante cinco días.

En la Figura 3.9, se muestra la disponibilidad de canales individuales correspondientes al tercer piso:

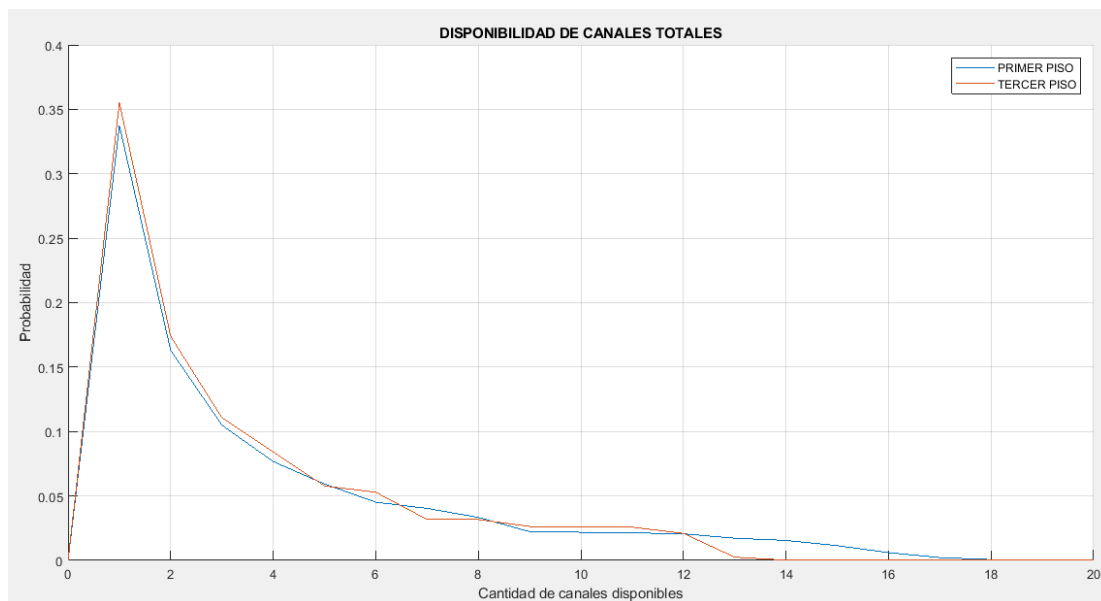


**Figura 3.9:** Disponibilidad de canales individuales en el tercer piso.

En la Figura 3.9, podemos observar que la disponibilidad de canales ha disminuido en relación al primer piso, ya que el tercer piso es más cercano a la terraza, donde las pérdidas son menores, por eso la disponibilidad ha sido menor.

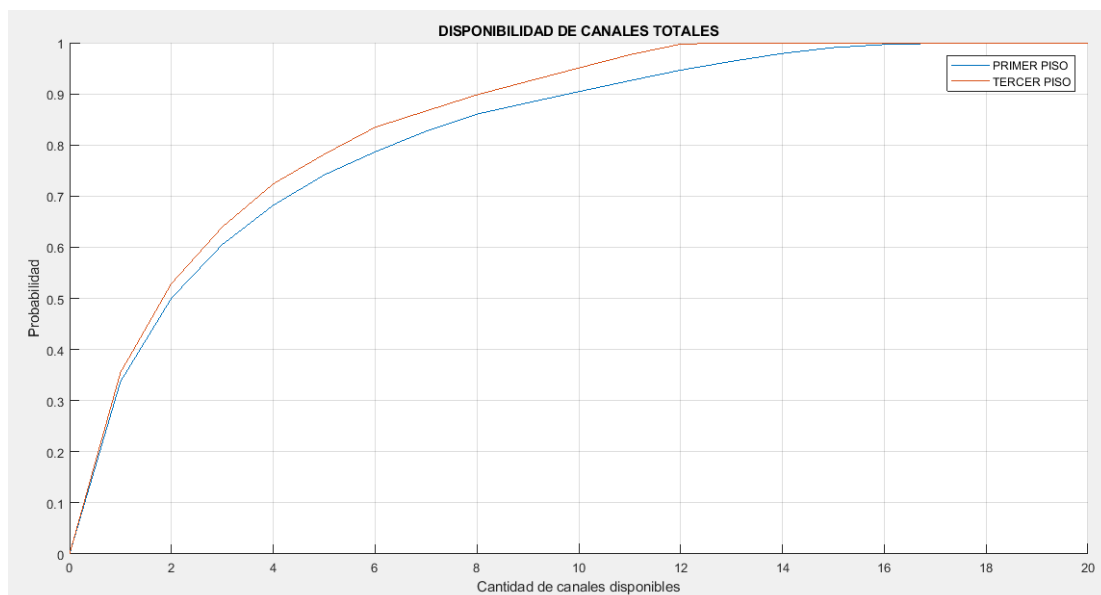
### 3.4 Gráficos de disponibilidad de canales totales

Para graficar la disponibilidad de canales totales, utilizamos gráficos lineales, para describir el comportamiento probabilístico de la disponibilidad. En la Figura 3.10, se muestra la función de densidad de probabilidad (PDF) de disponibilidad de canales totales en el primer piso y en el tercer piso, en el que podemos observar que hay disponibilidad de 1 canal tanto en el primer piso como en el tercer piso.



**Figura 3.10:** PDF. de la disponibilidad de canales totales en los pisos.

En la Figura 3.11, se muestra la función de distribución acumulada (CDF) de disponibilidad de canales totales en el primer piso y en el tercer piso, en el que podemos observar que hay disponibilidad aproximada de 16 canales en el primer piso y de 13 canales en el tercer piso.

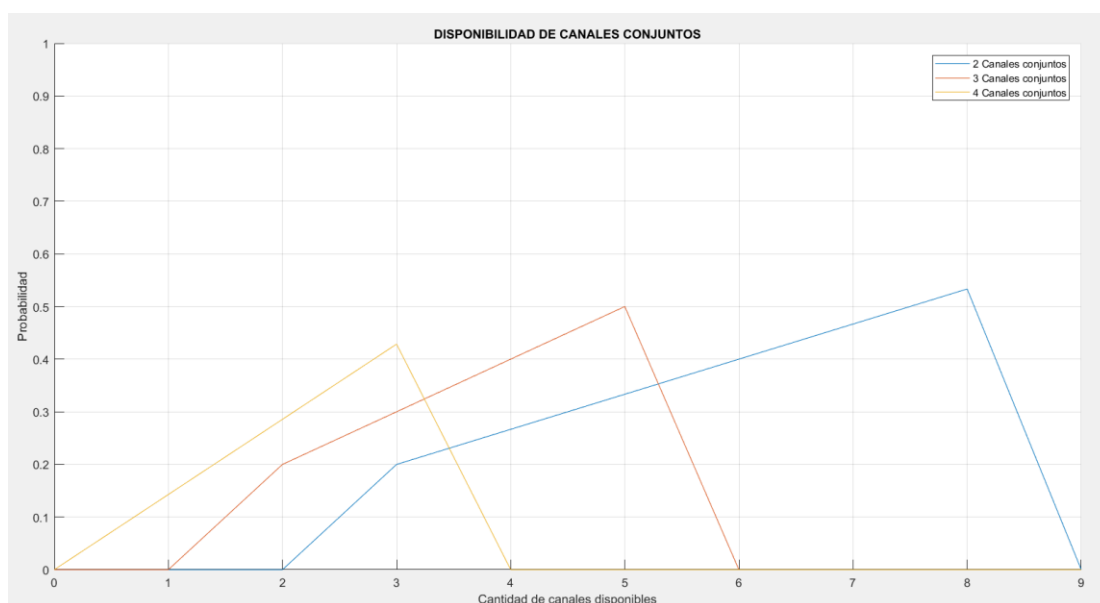


**Figura 3.11:** CDF. de la disponibilidad de canales totales en los pisos.

En la gráfica del primer piso hay tres canales más disponibles en comparación al tercer piso.

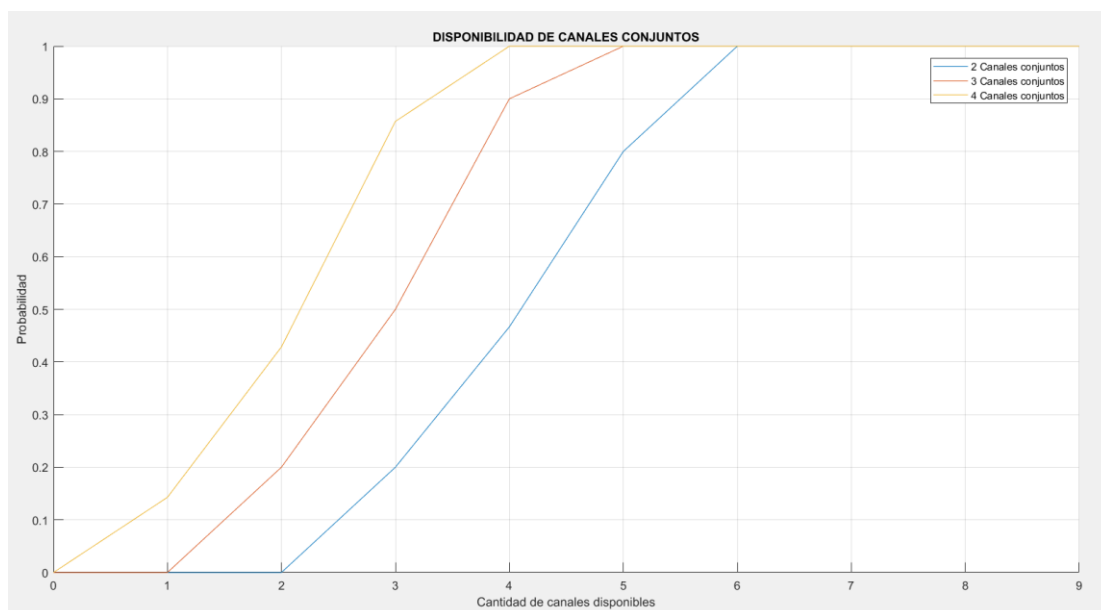
### 3.5 Gráficos de disponibilidad de canales conjuntos

Para graficar la disponibilidad de canales conjuntos, utilizamos gráficos lineales, para describir el comportamiento probabilístico de la disponibilidad. En la Figura 3.12, se muestra la función de densidad de probabilidad (PDF) de disponibilidad de canales conjuntos en el primer piso, en el que podemos observar que hay disponibilidad de ocho grupos de 2 canales conjuntos, cinco grupos de 3 canales conjuntos y tres grupos de 4 canales conjuntos.



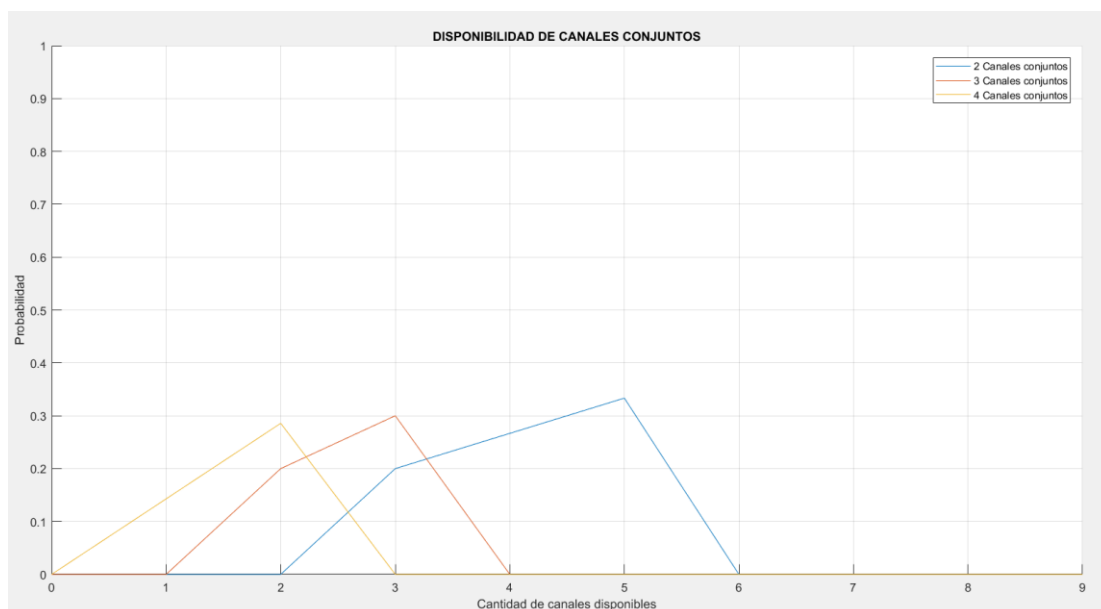
**Figura 3.12:** PDF. de la disponibilidad de canales conjuntos en el primer piso.

En la Figura 3.13, se muestra la función de distribución acumulada (CDF) de disponibilidad de canales conjuntos en el primer piso, en el que podemos observar que hay disponibilidad de siete grupos de 2 canales conjuntos, seis grupos de 3 canales conjuntos y cinco grupos de 4 canales conjuntos.



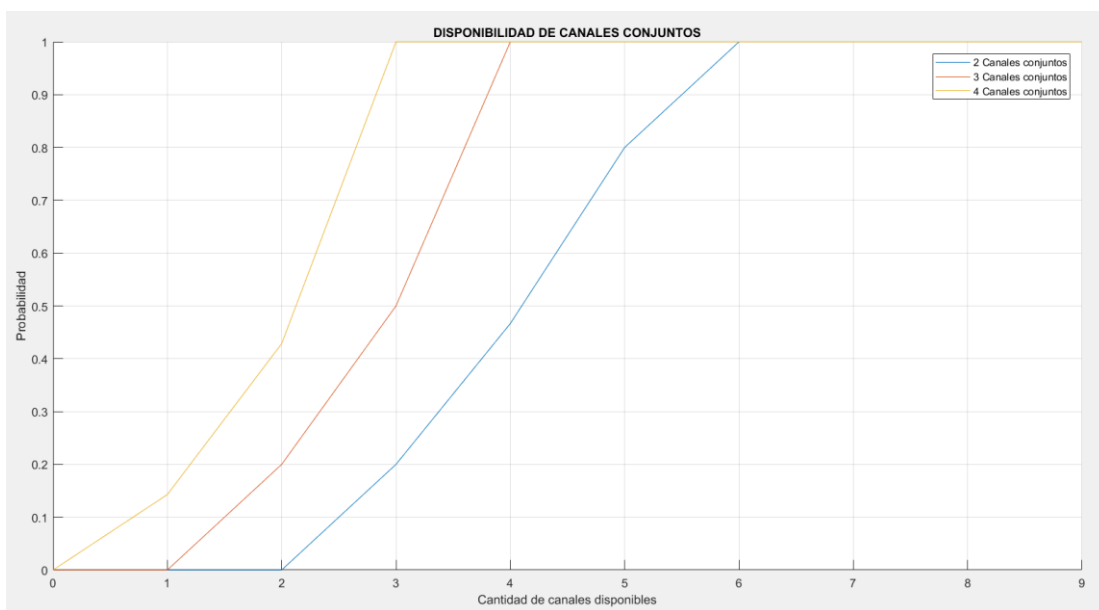
**Figura 3.13:** CDF. de la disponibilidad de canales conjuntos en el primer piso.

En la Figura 3.14, se muestra la función de densidad de probabilidad (PDF) de disponibilidad de canales conjuntos en el tercer piso, en el que podemos observar que hay disponibilidad de encontrar cinco grupos de 2 canales conjuntos, tres grupos de 3 canales conjuntos y dos grupos de 4 canales conjuntos.



**Figura 3.14:** PDF. de la disponibilidad de canales conjuntos en el tercer piso.

En la Figura 3.15, se muestra la función de distribución acumulada (CDF) de disponibilidad de canales conjuntos en el tercer piso, en el que podemos observar que hay disponibilidad de encontrar siete grupos de 2 canales conjuntos, cinco grupos de 3 canales conjuntos y cuatro grupos de 4 canales conjuntos.



**Figura 3.15:** CDF. de la disponibilidad de canales conjuntos en el tercer piso.



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

1. Se ha determinado que hay disponibilidad de grupos de canales conjuntos en la banda UHF en un edificio, en una zona con muchos edificios.
2. En el edificio ubicado en la Av. Vicente Rocafuerte y Calle Imbabura, existe disponibilidad de canales individuales, totales y conjuntos.
3. En las primeras plantas del edificio, los niveles de potencia son bajos y existe mayor disponibilidad de canales en estas plantas, mientras que, en las últimas plantas, los niveles de potencia son más altos y existe menor disponibilidad de canales.
4. Existe una diferencia de 6 decibelios aproximadamente, en los niveles de potencia entre el tercer piso y el primer piso, debido a las obstrucciones y particiones presentes en el edificio.
5. Se concluye que, si el valor de piso de ruido aumenta, habrá más canales disponibles ya sean individuales, totales y conjuntos. También notamos que en la banda UHF existen canales analógicos y digitales.
6. En conclusión, existe disponibilidad de canales y se puede implementar la tecnología de Acceso Oportunista al Espectro (OSA), para un mejor uso del espectro radioeléctrico.

### Recomendaciones

1. Se recomienda realizar las mediciones en un lugar, cuya temperatura sea media, para que el dispositivo RTL-SDR.COM no sufra calentamiento.
2. También se recomienda utilizar la antena de mayor longitud, debido a que tiene una mayor ganancia que la de menor longitud y así lograr una recepción óptima.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] “Gobierno asignó espectro para que Claro y Movistar ofrezcan 4G.” Diario El Universo, Quito, Ecuador, Nota 4515836, Feb. 2, 2015.
- [2] “El difícil acceso a una información de calidad socava la libertad de medios de comunicación.” UNESCO, Quito, Ecuador, 2012.
- [3] ARCOTEL. (2017, octubre). Servicio de acceso a internet (SAI) [Online]. Disponible en: <http://www.arcotel.gob.ec/servicio-acceso-internet/>
- [4] ARCOTEL. (2015, julio). 3207 reclamos de servicios de telecomunicaciones gestionó la ARCOTEL en julio de 2015 [Online]. Disponible en: <http://www.arcotel.gob.ec/3-207-reclamos-de-servicios-de-telecomunicaciones-gestiono-la-arcotel-en-julio-de-2015/>
- [5] INEC. (2016). Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC´S) 2016 (Resultados principales) [Online]. Disponible en: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/tecnologias-de-la-informacion-y-comunicacion-tic/>
- [6] “Constitución de la República del Ecuador 2008” Asamblea Nacional Constituyente del Ecuador de 2007 – 2008, Montecristi, Ecuador, oct. 20, 2008.
- [7] M. A. Gutiérrez, A. L. Londoño y C. E. Gómez. TICS EN LA EDUCACIÓN [Online]. Disponible en: <http://miticenlaeducacion.blogspot.com/>
- [8] “En Ecuador se ha democratizado el acceso a las TIC.” Diario El ciudadano, Quito, Ecuador, oct. 19, 2015.
- [9] A. B. Balleza. (2015, octubre 3). Tecnologías de la información y la comunicación [Online]. Disponible en: <http://ticscomunidadcobach.blogspot.com/2015/10/tecnologias-de-la-informacion-y-la.html>
- [10] N. Y. Castillo. (2015, diciembre 2). SOCIEDAD DE La INFORMACION [Online]. Disponible en: <http://natalycastillo1.blogspot.com/2015/12/sociedad-de-la-informacion.html>

- [11] JETVISION. Professional ADS-B & MLAT Flight Tracking [Online]. Disponible en: <https://shop.jetvision.de/RTL-SDR-R820T2-en>
- [12] ARCOTEL. (2017, octubre). Radiodifusión sonora y televisión abierta [Online]. Disponible en: <http://www.arcotel.gob.ec/radiodifusion-sonora-y-televison-abierta-2/>
- [13] ARCOTEL. (2017, octubre). Servicio móvil avanzado (SMA) [Online]. Disponible en: <http://www.arcotel.gob.ec/servicio-movil-avanzado-sma/>
- [14] C. A. Medina, S. H. Sotelo y R. Cardona. (2016, Julio 13). HACKING RADIOCOMUNICACIONES CON DISPOSITIVO DE 8 DOLARES [Online]. Disponible en: <http://blog.thehackingday.com/2016/07/hacking-radiocomunicaciones-con.html>
- [15] "Sdr Radio Receptor Con Rtl2832u + R820t2" [Online]. Disponible en: [https://articulo.mercadolibre.cl/MLC-437277849-sdr-radio-receptor-con-rtl2832u-r820t2-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.cl/MLC-437277849-sdr-radio-receptor-con-rtl2832u-r820t2-_JM)
- [16] R. X. Seger. (2016, julio 7). RTL-SDR Blog silver dongle first impressions, compared to NooElec blue dongle [Online]. Disponible en: <https://medium.com/@rxseger/rtl-sdr-blog-silver-dongle-first-impressions-compared-to-nooelec-blue-dongle-4053729ab8c7>
- [17] F. Brunello. "MATLAB gratis per studenti e docenti de Ca' Foscari." [Online]. Disponible en: <http://www.inveniment.com/matlab-cafoscari/>
- [18] "Plan Nacional de Frecuencias" SENATEL y CONATEL, Quito, Ecuador, jul. 4, 2012.
- [19] Asociación de Radio Amateur REM. (2015, octubre 23). Tutorial para instalación de un RTL-SDR para torpes o novatos [Online]. Disponible en: <http://rem-esp.foroactivo.com/t109-tutorial-para-instalacion-de-un-rtl-sdr-para-torpes-o-novatos>
- [20] M. Nekovee, "A Survey of Cognitive Radio Access to TV White Spaces," Hindawi Publishing Corp., Art. ID 236568, vol. 2010, pp. 1-11, abril, 2010.
- [21] M. Rathore, N. K. Mishra, V. Jain, "Dynamic Spectrum Sharing in Wireless Communication," International Journal of Engineering Sciences & Emerging Technologies, Issue 1, vol. 2, pp. 8-15, abril, 2012.

- [22] Q. Zhao, B. M. Sadler, "A Survey of Dynamic Spectrum," IEEE SIGNAL PROCESSING MAGAZINE, pp. 79-89, mayo, 2007.
- [23] C. Xin y M. Song, "Spectrum Sharing for Wireless Communications,". Norfolk, Estados Unidos: Springer, 2015.
- [24] D. Ospina, A. F. Ocampo y R. Hincapié, "Aplicación de esquemas de Acceso Oportunista al Espectro en ambientes inalámbricos heterogéneos," Revista en Telecomunicaciones e Informática, vol. 1, no. 1, pp. 49-71, junio, 2011.
- [25] "Ley Orgánica de Telecomunicaciones" Asamblea Nacional Constituyente del Ecuador de 2007 – 2008, Montecristi, Ecuador, feb. 18, 2015.
- [26] Z. Alom, T. K. Godder y M. N. Morshed, "A Survey of Spectrum Sensing Techniques in Cognitive Radio Network" en 3rd International Conference on Advances in Electrical Engineering, Dacca, Bangladés, 2015, pp. 161-164.
- [27] K. Tiwari y A. Rastogi, "Spectrum Handoff in Cognitive Radio Network," International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering, vol. 5, Issue 4, pp. 1025-1030, abril, 2016.
- [28] EcuRed. UHF [Online]. Disponible en: [http://www.ensenadamexico.net/hector/it/reporte\\_antenas.php](http://www.ensenadamexico.net/hector/it/reporte_antenas.php)
- [29] Ensenada México. Tipos de Antena [Online]. Disponible en: <https://www.ecured.cu/UHF>
- [30] C. Miller. Tipos de antena UHF [Online]. Disponible en: [https://techlandia.com/tipos-antena-uhf-lista\\_90017/](https://techlandia.com/tipos-antena-uhf-lista_90017/)
- [31] S. Henares. (2013, febrero 27). Antena Yagi-Uda [Online]. Disponible en: <http://elcajondelaverdad.blogspot.com/2013/02/antena-yagi-uda.html>
- [32] "NORMA TÉCNICA PARA EL SERVICIO DE TELEVISIÓN ANALÓGICA Y PLAN DE DISTRIBUCIÓN DE CANALES" CONARTEL, Quito, Ecuador, (Resolución No. 1779-CONARTEL-01), mayo 29, 2001.

## ANEXOS

### Códigos de MATLAB

```

1 - close all
2 - clc
3 - hold on
4 - x=[0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14];
5 - y=[0.004597701 0.000353669 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0.158443855 0.730857648 0.099734748 0.006012378];
6 - plot(x,y)
7 - title ("Disponibilidad de Total de Canales");
8 - xlabel("Cantidad de Canales Disponibles");
9 - ylabel("Probabilidad");

```

Figura A.1: Código para graficar la PDF. de la disponibilidad de canales totales en el tercer piso.

```

1 - close all
2 - clc
3 - hold on
4 - x=[0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14];
5 - y=[0.004597701 0.00495137 0.00495137 0.00495137 0.00495137 0.00495137 0.00495137 0.00495137 0.00495137 0.00495137 0.00495137 0.00495137 0.00495137 0.00495137 0.00495137 0.00495137 0.00495137 0.00495137 0.00495137 0.00495137];
6 - plot(x,y)
7 - title ("Disponibilidad de Total de Canales");
8 - xlabel("Cantidad de Canales Disponibles");
9 - ylabel("Probabilidad");

```

Figura A.2: Código para graficar la CDF. de la disponibilidad de canales totales en el tercer piso.

```

1 - close all
2 - clc
3 - hold on
4 - x=[0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10];
5 - y=[0 0 0 0 0.98974359 0.01025641 0 0 0 0 0];
6 - plot(x,y)
7 - title ("Disponibilidad de Canales Conjuntos");
8 - xlabel("Conjunto de Canales Disponibles");
9 - ylabel("Probabilidad");
10 - y2=[0 0 0.198408488 0.801591512 0 0 0 0 0 0 0];
11 - plot(x,y2)
12 - y3=[0 0.998938992 0.001061008 0 0 0 0 0 0 0 0];
13 - plot(x,y3)
14 - legend("2 canales conjuntos","3 canales conjuntos","4 canales conjuntos");
15

```

Figura A.3: Código para graficar la PDF. De la disponibilidad de canales conjuntos en el tercer piso.

```
1 - close all
2 - clc
3 - hold on
4 - x=[0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10];
5 - y=[0 0 0 0 0.98974359 1 1 1 1 1 1];
6 - plot(x,y)
7 - title ("Disponibilidad de Canales Conjuntos");
8 - xlabel("Conjunto de Canales Disponibles");
9 - ylabel("Probabilidad");
10 - y2=[0 0 0.198408488 1 1 1 1 1 1 1 1];
11 - plot (x,y2)
12 - y3=[0 0.998938992 1 1 1 1 1 1 1 1];
13 - plot (x,y3)
14 - legend("2 canales conjuntos","3 canales conjuntos","4 canales conjuntos");
15
```

Figura A.4: Código para graficar la CDF. de la disponibilidad de canales conjuntos en el tercer piso.